الباب الرابع

الوقاية من التلامس الكهربى

الوقاية من التلامس الكهربى

٤ / ١- مقدمة

تحتاج التركيبات الكهربية لبعض التدابير الوقائية لحماية الإنسان من التلامس الكهربى ويجب أن نفرق بين:

- الوقاية من التلامس المباشر والناتج عن ملامسة الإنسان للأسلاك العارية الحاملة للتيار الكهربى.
- الوقاية من التلامس غير المباشر والناتج عن ملامسة الإنسان لبعض هياكل الأجهزة الكهربية المكهربة وذلك أثناء حدوث خطأ ناتج عن انهيار عزل هذه الأجهزة وملامسة الأجزاء الحاملة للتيار لهياكلها.

والجدير بالذكر أنه يوجد اختلاف بين طرق الوقاية من التلامس المباشر والتلامس غير المباشر ستتضح فى الفقرات القادمة.

٤ / ٢- الأنظمة المختلفة للتأريض

حتى يسهل علينا تناول هذه الأنظمة سنبدأ بإعطاء مدلول للأحرف المستخدمة مع هذه الأنظمة، فعادة يرمز لهذه الأنظمة بعدة أحرف:

- **الحرف الأول** جهة اليسار يبين العلاقة بين المصدر والأرضى وهذا الحرف هو واحد من الحرفين التاليين.
  - تعنى نقطة النجما لمحول المصدر مؤرضه T
  - تعنى أن المصدر معزول عن الأرضى أو I

    نقطة النجما لمحول المصدر مؤرضة عبر مقاومة كبيرة جداً
- **الحرف الثانى** جهة اليسار يبين العلاقة بين الحمل والأرضى ويكون أحد الحرفين التاليين:
  - تعنى أن الحمل مؤرض مباشرة ولا يستخدم أرضى المصدر T

تعنى أن الحمل مؤرض عبر أرضى المصدر N .

– **الحرف الثالث والرابع** يعطيان دلالة عن مواصفات خط الوقاية **PE** وخط التعادل **N** للمصدر الكهربى.

– تعنى أن خط الوقاية PE وخط التعادل **C**

مجتمعين معًا فى خط الوقاية والتعادل **PEN**.

– تعنى أنه يوجد موصل للوقاية PE وآخر التعادل **S** .

ويوجد ثلاثة أنظمة تأريض رئيسية وهم كما يلى:

١– نظام TN

٢– نظام TT

٣– نظام IT

٤ / ٢ / ١ – نظام TN

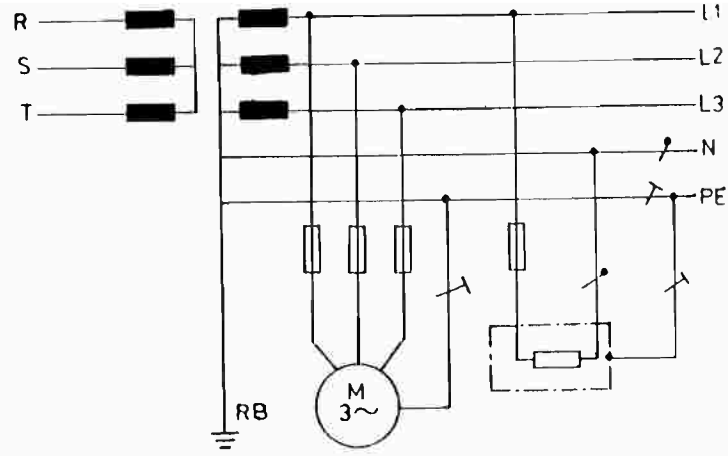
يتكون نظام TN من:

T أى تأريض المصدر الكهربى.

و N أى تأريض هيكل الحمل بتوصيله مع أرضى المصدر. وينقسم هذا النظام إلى الأنظمة التالية:

أ– نظام TN-S

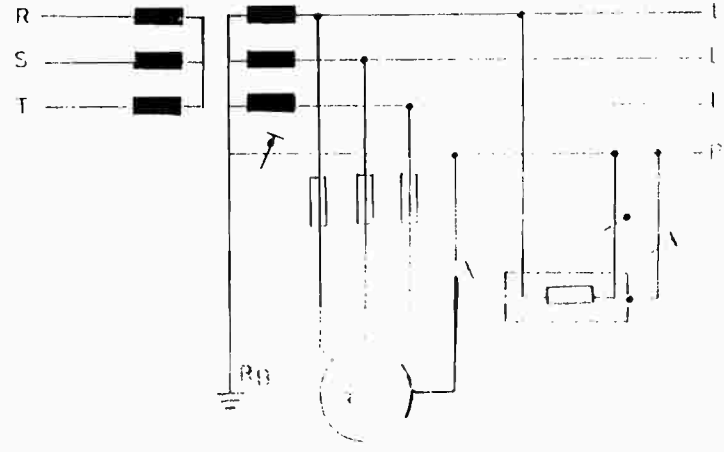
الشكل (٤–١) يبين نظام TN-S يغذى حملين، **أحدهما: ثلاثى الأوجه وهو** محرك ثلاثى الأوجه؛ **والثانى:** حمل أحادى الوجه عبارة عن سخان كهربى ويلاحظ أن خط الوقاية PE وخط التعادل N مفصولان عند المصدر الكهربى.



الشكل (٤-١)

ب - نظام TN-C :

الشكل (٤-٢) يبين نظام TN-C يغذى حملين، **أحدهما** : ثلاثى الأوجه . **والآخر** أحادى الوجه . ويلاحظ أن خط الوقاية وخط التعادل مجتمعان معًا فى خط PEN .

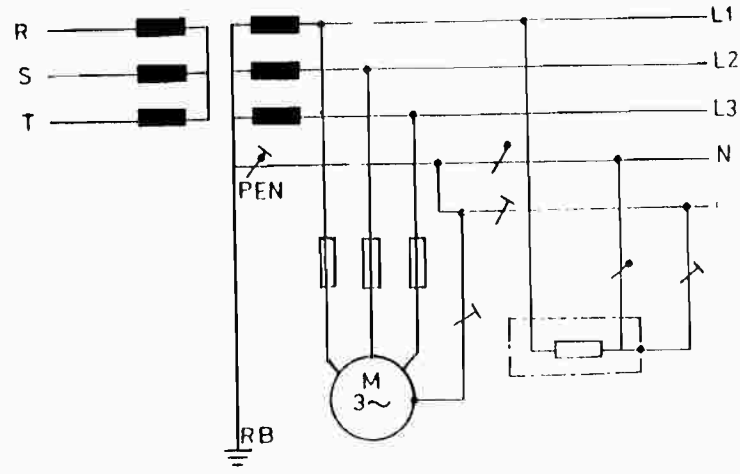


الشكل (٤-٢)

جـ - نظام TN-C-S :

الشكل (٤-٣) يبين نظام TN-C-S يغذى حملين، **أحدهما** : ثلاثى الأوجه **والآخر** : أحادى الوجه . ويلاحظ أن خط PEN للمصدر يتفرع عند الحمل لفرعين،

أحدهما: خط الوقاية PE. **والثانى**: خط التعادل N.



الشكل (٤-٣)

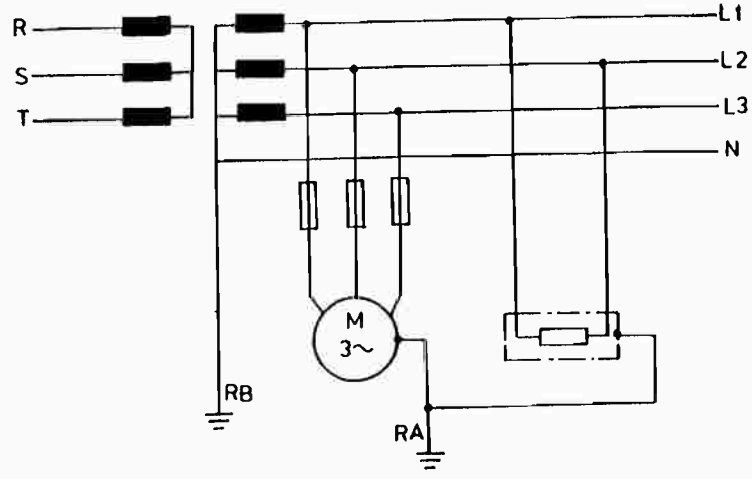
ويستخدم نظام TN بصفة عامة فى أنظمة التوزيع الخاصة والعامة والتركيبات الكهربية فى المنشآت والمصانع.

٤ / ٢ / ٢- نظام TT ونظام IT

يتكون نظام TT من :

T أى تأريض المصدر الكهربى، و T أى تأريض الحمل بقطب أرضى خاص به.

والشكل (٤-٤) يبين نظام TT يغذى حمل أحادى الوجه.



الشكل (٤-٤)

ويستخدم هذا النظام فى أنظمة التوزيع الخاصة والعامة والتركيبات الكهربية فى الأماكن الزراعية والأماكن الرطبة بصفة عامة.

أما نظام IT فيتكون من:

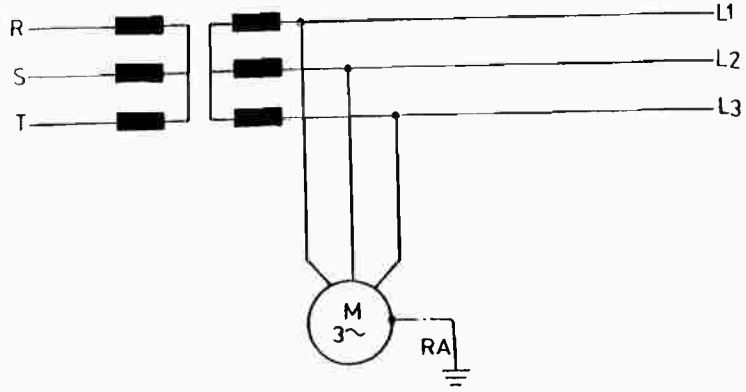
I أى المصدر الكهربى غير مؤرض.

T أى الحمل مؤرض بقطب أرضى خاص به.

والشكل (٤-٥) يبين نظام IT يغذى محرك ثلاثى الوجه.

ويستخدم هذا النظام عادة فى الاستخدامات التى تتطلب استمرارية للتيار الكهربى حتى عند حدوث خطأ وذلك من أجل المحافظة على الأرواح، وكذلك من أجل استمرارية الأعمال الرسمية مثل:

- المستشفيات، وأماكن التعدين، وصناعة الزجاج، ومصانع الحديد والصلب، والمصانع الكيميائية، ومحطات الكهرباء، مولدات الطوارئ والأماكن المعرضة للحريق والانفجار، ودوائر التحكم.



الشكل (٤-٥)

٤ / ٣- درجات الوقاية ضد تسرب الماء ودخول الأجسام الصلبة

يعطى رمز الوقاية لأى جهاز كهربى فكرة عن مدى إمكانية الجهاز لمنع - دخول الأجسام الصلبة - تسرب الماء.

ويأخذ رمز الوقاية لأى جهاز الصورة IPx.y.

حيث إن :

X . هو الرقم المميز ضد دخول المواد الصلبة لداخل الجهاز

هو الرقم المميز ضد تسرب الماء لداخل الجهاز Y.

والجدول (٤-١) يوضح القيم المختلفة لكلٍّ من X,Y ومدلولاتها.

مثال:

إذا كانت درجة الوقاية لمحرك كهربى IP 55 يعنى ذلك أن المحرك مصمم للوقاية من دخول الأتربة الضارة، وكذلك مصمم للوقاية من تسرب الماء المندفع من نافورة فى جميع الاتجاهات.

الجدول (٤-١)

الرقم المميز X		الرقم المميز Y	
وقاية ضد دخول الأجسام الصلبة		وقاية ضد تسرب الماء	
0	بدون وقاية.	0	بدون وقاية.
1	وقاية ضد دخول الأجسام الصلبة ذات القطر الأكبر من 50 ملى ميتر.	1	وقاية ضد تسرب قطرات الماء الساقطة عموديًا داخل الجهاز.
2	وقاية ضد دخول الأجسام الصلبة ذات القطر الأكبر من 12.5 ملى ميتر.	2	وقاية ضد تسرب قطرات الماء الساقطة بزاوية °15 مع الرأسى.
3	وقاية ضد دخول الأجسام الصلبة ذات القطر الأكبر من 2.5 ملى ميتر.	3	وقاية ضد تسرب قطرات الماء الساقطة بزاوية °60 مع الرأسى.
4	وقاية ضد دخول الأجسام الصلبة ذات القطر الأكبر من ١ ملى ميتر.	4	وقاية ضد دخول رزاز الماء فى جميع الاتجاهات.
5	وقاية ضد تسرب الأتربة الضارة.	5	وقاية ضد دخول رزاز الماء بشكل نافورة فى جميع الاتجاهات.
6	وقاية كاملة ضد تسرب الأتربة.	6	وقاية ضد الغمر داخل الماء لمدة صغيرة.
		7	وقاية كاملة ضد الغمر داخل الماء.
		8	وقاية كاملة ضد الغمر لأى فترة زمنية تحت ارتفاع معين تحت سطح الماء.

٤ / ٤ - أقسام الوقاية من الصدمة الكهربية

يمكن تقسيم الأجهزة الكهربية والالكترونية من حيث الوقاية من الصدمة الكهربية أثناء حدوث خطأ بها إلى أربعة أقسام كما يلى :-

١- معدات قسم O (Class o)

وهذه المعدات تحتاج إلى استخدامها فى وسط معزول لتوفير الوقاية من الصدمة الكهربية، كما أنها غير معدة للتوصيل مع موصل الوقاية PE.

٢- معدات قسم I (Class I)

وهذه المعدات معدة للتوصيل مع موصل الوقاية الأمر الذى يوفر الوقاية من الصدمة الكهربية عند حدوث خلل بها.

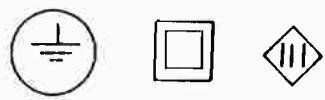
٣- معدات قسم II (Class II)

هذه المعدات مصممة بعزل مزدوج Double insulation أو عزل مقوى Reinforced insulation لتوفير الوقاية من الصدمة الكهربية وهى غير معدة لتوصيل موصل وقاية.

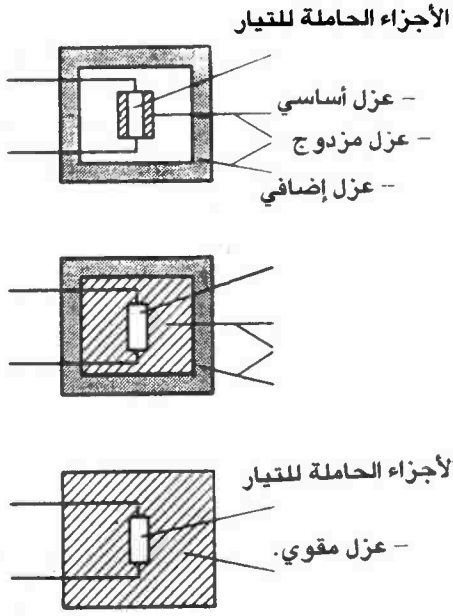
٤- معدات قسم III (Class III)

هذه المعدات تعمل بجهود منخفضة جداً باستخدام محولات عزل آمن SELV مما يوفر الوقاية من الصدمة الكهربية.

وفيما يلى الرموز المستخدمة مع الأنواع المختلفة للمعدات الكهربية تبعًا لقسم الوقاية. فالرمز 1 للقسم I ، والرمز 2 للقسم II، والرمز 3 للقسم III.



والشكل (٤-٦) يعرض التركيب الداخلى للأنواع المختلفة للأجهزة الكهربية قسم II.

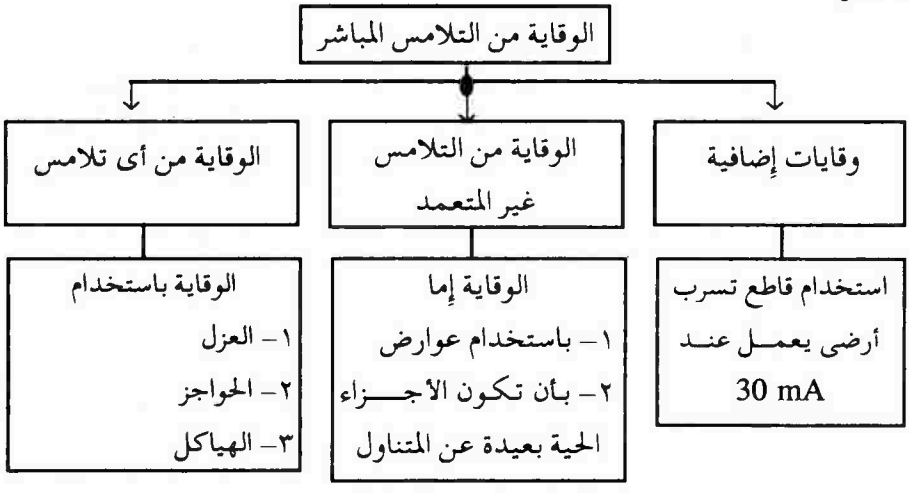


الشكل (٤-٦)

فالشكل (أ، ب) يعرض تركيب الأجهزة ذات العزل المزدوج، والشكل (جـ) يعرض تركيب الأجهزة ذات العزل المقوى.

٤ / ٥- الوقاية من التلامس المباشر

الشكل (٤-٧) يبين المخطط الصندوقى لطرق الوقاية من التلامس المباشر.



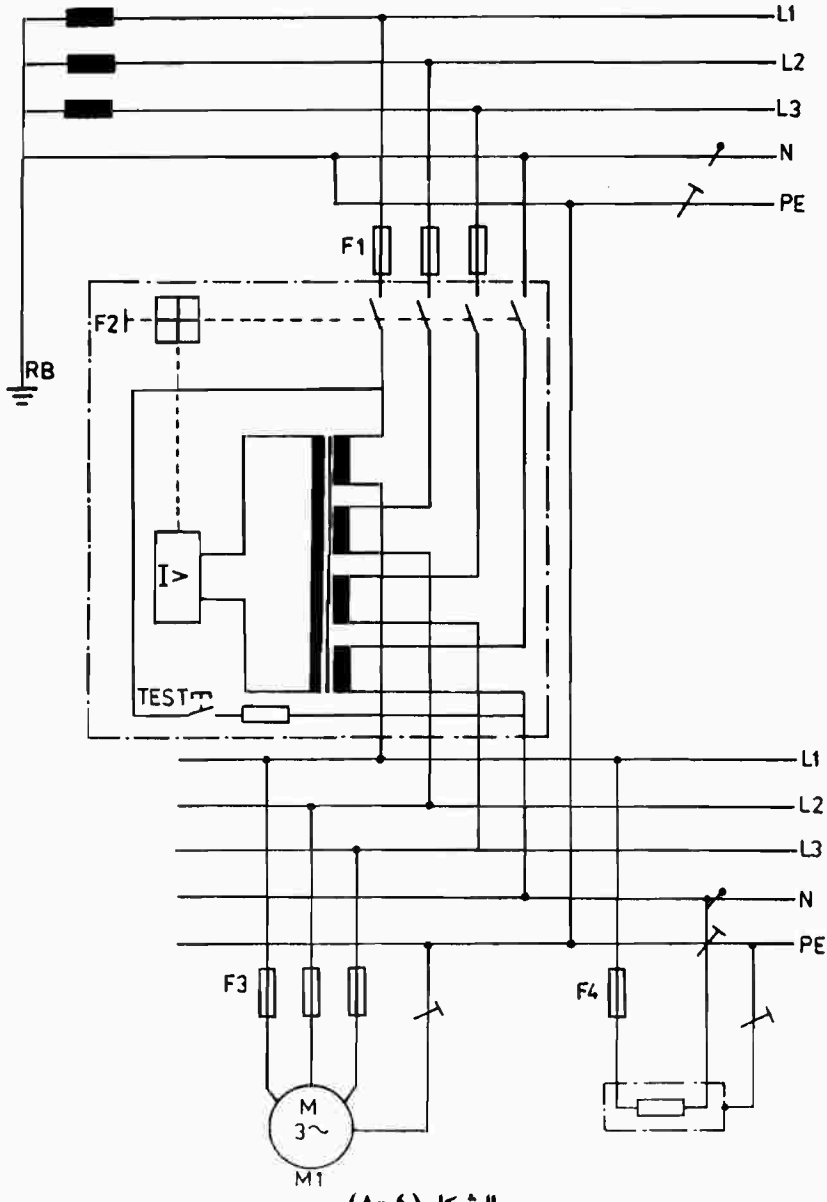
الشكل (٤-٧)

٤ / ٥ / ١ - الوقاية الإضافية باستخدام جهاز الحماية من التسرب الأرضى

إن استخدام جهاز الحماية من التسرب الأرضى ELCB للوقاية من حدوث تسرب تيار يزيد عن 30 mA يعتبر وقاية. اضافية من التلامس المباشر.

والجدير بالذكر أن جهاز الحماية من التسرب الأرضى لا يحمى الأشخاص عند ملامستهم لوجهين معًا، ولكن يحمى الأشخاص عند ملامسة وجه واحد مع الأرض.

والشكل (٤-٨) يبين طريقة استخدام قاطع التسرب الأرضى ELCB للوقاية من التلامس المباشر فى نظام TNS. ولمزيد من التفصيل انظر الفقرة (٧/٧).



الشكل (٤-٨)

٤ / ٥ / ٢ - الوقاية من التلامس غير المتعمد

هناك طريقتان للوقاية من التلامس غير المتعمد للأشخاص مع الأجزاء الحاملة للتيار الكهربى وذلك باستخدام العوارض أو بإبعاد الأجزاء الحاملة للتيار عن متناول اليد.

أولاً : الوقاية باستخدام العوارض.

حيث تمنع هذه العوارض:

١ - الاقتراب غير المتعمد للأجزاء الحاملة للتيار.

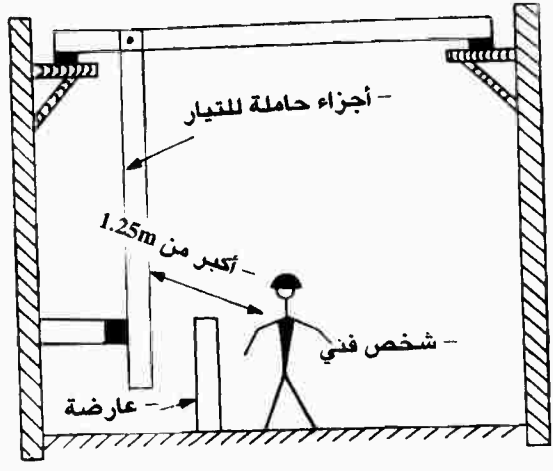
٢ - التلامس غير المتعمد مع الأجزاء الحاملة للتيار أثناء التشغيل المعتاد.

والجدير بالذكر أنه يمكن إزالة هذه العوارض بدون استخدام مفاتيح أو أدوات خاصة، ولكن يجب أن تكون ثابتة بشرط أنه لا يمكن رفعها من مكانها عن غير تعمد وهذه العوارض تشتمل على قضبان - شبكات - هياكل.

ثانيًا : الوقاية بإبعاد الأجزاء الحاملة للتيار عن متناول اليد.

حيث يتم إبعاد الأجزاء الحاملة للتيار عن مجال اليدين والتى يمكن الوصول إليه باليدين بدون الاستعانة بشىء وذلك فى الأماكن التى يكثر التردد عليها، علمًا بأن مجال اليدين يساوى 1.25 m إلى الجوانب وأسفل ويساوى 2.5m لأعلى.

والشكل (٤-٩) يعرض مخططًا توضيحيًا يبين طرق الوقاية من التلامس غير المتعمد باستخدام العوارض، وبإبعاد الأجزاء الحاملة للتيار عن متناول اليد.



الشكل (٤-٩)

٤ / ٥ / ٣- الوقاية من أى تلامس مباشر

هناك ثلاثة طرق للوقاية من أى تلامس مباشر وهم كما يلى :-

الوقاية باستخدام العزل أو الحواجز أو الهياكل

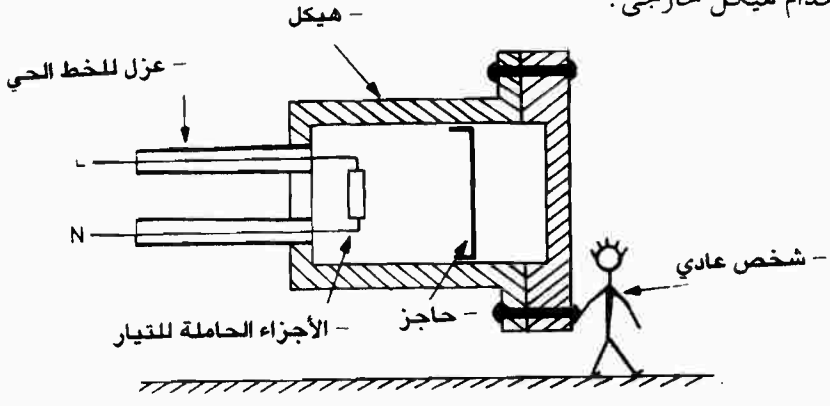
أولاً : الوقاية بعزل الأجزاء الحاملة للتيار

حيث يتم تغطية الأجزاء الحاملة للتيار كليًا بمواد عازلة ويجب أن يخضع العزل للمعدات الصناعية للمواصفات القياسية لهذه المعدات فبعض هذه المعدات تحتاج لعزل يتحمل التأثيرات الميكانيكية والكيميائية والحرارية التى تتعرض لها أثناء الخدمة ولا يعد الورنيش والدهانات عزل ضد التلامس المباشر.

ثانياً الوقاية بالحواجز والهياكل :

حيث توضع الأجزاء الحاملة للتيار داخل هياكل أو خلف حواجز ويجب أن تكون هذه الهياكل أو الحواجز مصممة لمنع وصول أى أجزاء معدنية قطرها أكبر من 12 mm للداخل ويمكن تحقيق ذلك باستخدام أجهزة أو معدات لها درجة وقاية IP2. ويجب أن تكون هذه الأجهزة معدة بحيث لا يمكن فك هياكلها إلا باستخدام العدد والمفاتيح المناسبة وكذلك بعد فصل التيار الكهربى عنها كما أنه لا يمكن إعادة توصيل مصدر القدرة لها إلى بعد تجميع هياكلها.

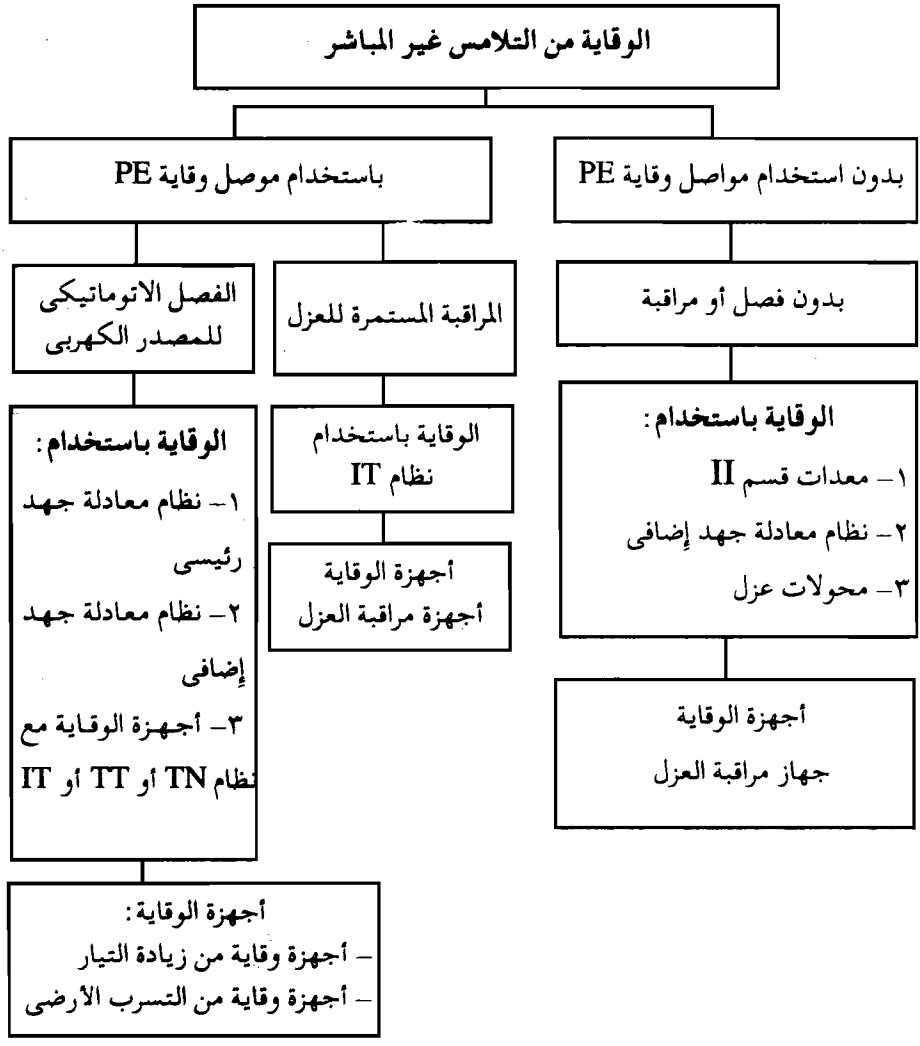
كما أنه فى حالة وجود حاجز داخلى يمنع وصول الأجزاء المعدنية ذات الأقطار الأكبر من 12 mm فإنه لا يمكن فكه إلا باستخدام العدد المناسبة. والشكل (٤-١٠) يبين طرق الحماية من التلامس المباشر بعزل الخطوط الحاملة للتيار وباستخدام حاجز لمنع وصول أى جسم غريب للأجزاء الحاملة للتيار وكذلك باستخدام هيكل خارجى.



الشكل (٤-١٠)

٤ / ٦ - الوقاية من التلامس غير المباشر

يقصد بالتلامس غير المباشر هو تلامس الأشخاص لهياكل المعدات الكهربية أثناء حدوث انهيار داخلى فى العزل أدى إلى اتصال الأجزاء الحاملة للتيار الكهربى بالهياكل المعدنية الأمر الذى يمثل خطورة على الأشخاص إذا لم تتخذ الإجراءات الوقائية بعين الاعتبار. والشكل (٤-١١) يعرض مخططًا صندوقيًا يعطى فكرة عامة عن طرق الوقاية من التلامس غير المباشر.



الشكل (٤-١١)

٤-٧ الوقاية من التلامس غير المباشر بدون فصل التيار الكهربى

يمكن توفير الوقاية من التلامس غير المباشر بدون فصل التيار الكهربى باستخدام أحد العناصر التالية.

١- معدات قسم II.

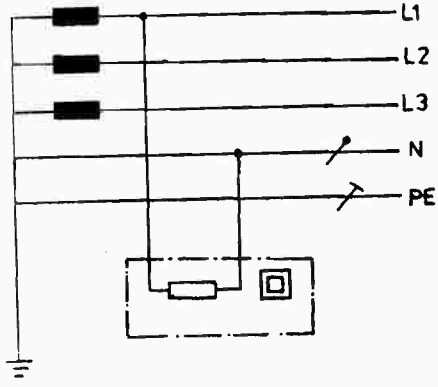
٢- نظام معادلة جهد إضافى.

٣- محولات العزل.

أولاً: الوقاية باستخدام معدات قسم II

الشكل (٤-١٢) يبين طريقة توصيل معدة قسم II مع المصدر الكهربى.

ويلاحظ أن خط الوقاية PE لم يوصل مع غلاف هذه المعدة وهذا هو المتبع مع هذه المعدات.



الشكل (٤-١٢)

والجدير بالذكر أن هذه المعدات تكون مزودة بعزل مزدوج أو عزل مقوى. ارجع للفقرة (٤/٤). علمًا بأنه يجب اختبار العزل بين الأجزاء الحاملة للتيار وأغلفة هذه الأجهزة بجهد يصل إلى 4000V لمدة دقيقة.

ثانيًا: الوقاية باستخدام نظام معادلة إضافى

بعض الأحمال مثل: المحركات الكهربية تسحب تيارًا كبيرًا عند البدء؛ لذلك تستخدم قواطع معدة لذلك لا تفصل أثناء البدء، فإذا كان زمن البدء أكبر من 5S فإن هذا يعنى أنه عند حدوث خطأ أثناء البدء فإن القاطع لن يفصل إلا بعد زمن قد يتعدى 5S، وهذا يمثل خطورة على الأشخاص. وللخروج من هذه المشكلة يستخدم نظام معادلة إضافى حيث يتم معادلة جميع الأجزاء المعدنية الموجودة فى المكان الذى يحتوى على آلات تسحب تيارًا كبيرًا عند البدء، وبالتالى عند حدوث قصر مع أحد هياكل هذه الآلات فإن نظام معادلة الجهد يضمن عدم ارتفاع فرق الجهد بين أى جزئين موصلين للتيار الكهربى ليتعدى جهد التلامس المسموح به.

وتتحقق المعادلة 4.1

$$RIa \leq Uc \rightarrow 4.1$$

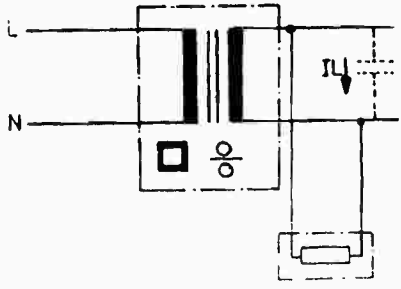
حيث إن

المقاومة بين أى جزئين معدنيين يمكن لمسهم فى نفس الوقت	R
التيار اللازم لفصل أجهزة الحماية فى نظام TN	Ia
جهد التلامس المسموح به وهو أقل من (50Vac)	Uc

والشكل (٤-١٩) يبين طريقة تنفيذ نظام معادلة جهد إضافى .

ثالثًا : الوقاية باستخدام محولات العزل

الشكل (٤-١٣) يبين طريقة الوقاية من التلامس غير المباشر باستخدام محول العزل . والجدير بالذكر أنه ينصح بتقليل أطوال موصلات الجانب الثانوى لمحول العزل مع الأحمال لتقليل تيارات التسرب السعوية فى النظام غير المؤرض، ويجب ألا يتعدى حاصل ضرب الجهد فى الطول بالكيلو متر (100).



الشكل (٤-١٣)

مثال :

إذا كان

$$U = 220v$$

$$L = 45\ m$$

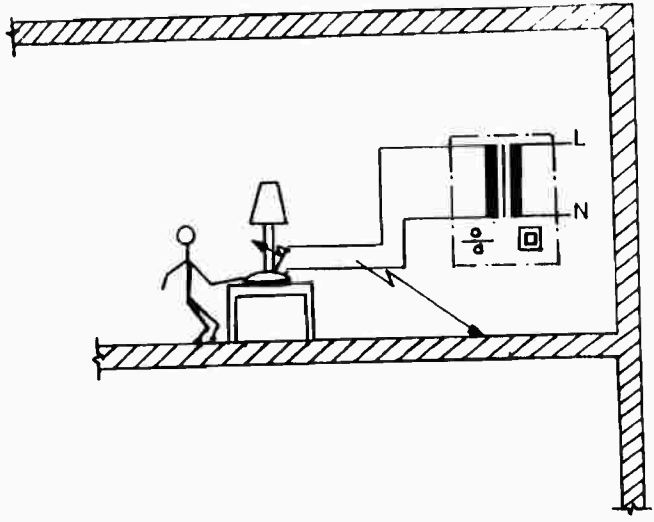
فإن

$$L.U = \frac{45}{1000} \times 220 = 99$$

أى أن حاصل ضرب الطول فى الجهد أقل من 100 ، وهذا يدل على عدم تشكل خطورة من تيارات التسرب .

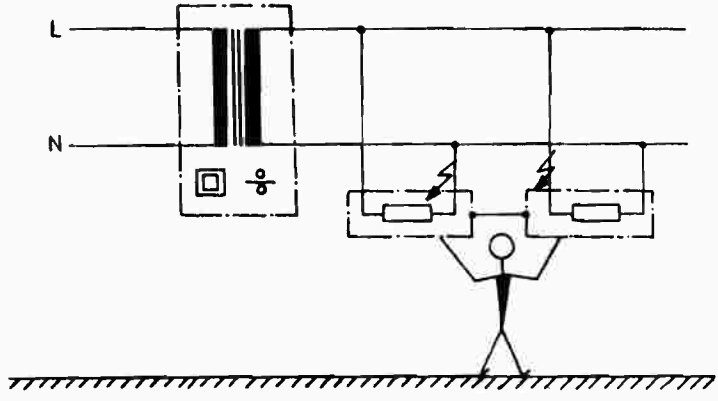
والجدير بالذكر أنه فى حالة استخدام محولات عزل لتغذية أحمال محاطة بوسط

معدنى موصل للتيار الكهربى ينصح بتوصيل هياكل هذه الأحمال مع هذا الوسط بالطريقة المبينة بالشكل (٤-١٤) . ففى حالة حدوث قصرين بالطريقة الموضحة فى الشكل نفسه فإن التيار سيمر بين الجهاز والوسط المعدنى المحيط ولا يؤثر على الإنسان .



الشكل (٤-١٤)

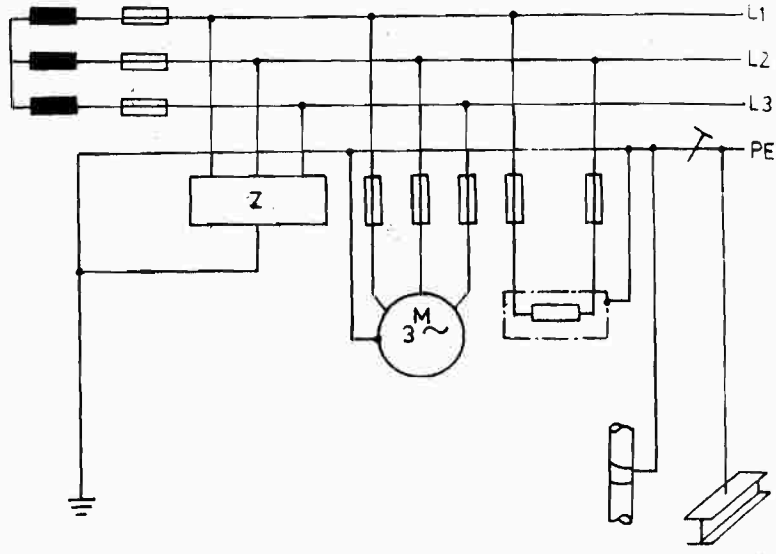
ونشير أيضاً إلى ضرورة توصيل هياكل الأجهزة التى تغذى من نفس محول العزل لمنع حدوث صدمة كهربية للأشخاص عند حدوث قصرين بالطريقة المبينة بالشكل (٤-١٥) .



الشكل (٤-١٥)

٤ / ٨- الوقاية من التلامس غير المباشر بالمراقبة المستمرة للعزل

الشكل (٤-١٦) يبين طريقة توصيل جهاز مراقبة عزل فى نظام IT لمراقبة التسرب الأرضى.



الشكل (٤-١٦)

وعادة تختار المعاوقة الداخلية Z لجهاز مراقبة العزل بحيث يكون تيار الخطأ الأول صغيراً جداً وعادة تساوى (50:60U) حيث U هو جهد الوجه، فإذا كان جهد الوجه 220V تختار Z مساوية 10000 Ω.

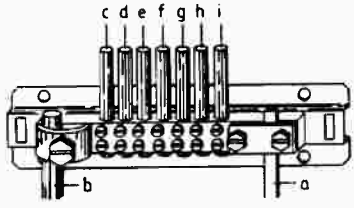
والجدير بالذكر أن أجهزة مراقبة العزل تكون مزودة بتدريج لضبط المعاوقة Z عند القيمة المطلوبة، وكذلك ضاغط تحرير Reset وضاغط اختبار Test. ولمعرفة المزيد عن أجهزة مراقبة العزل ارجع للفقرة (٧ / ٩) وعند حدوث خطأ بين أحد أوجه المصدر الكهربى مع أرضى الحمل تقل المعاوقة بين هذا الوجه وأرضى الحمل فيصدر جهاز المراقبة صوت إنذار لتنبيه المشغلين لاستدعاء فريق الصيانة لعمل اللازم علماً بأن النظام يستمر فى الخدمة إلى أن يحدث قصرين مع وجهين مختلفين مع الأرضى، فى هذه الحالة تفصل مصهرات الحماية.

٤ / ٩- الوقاية باستخدام نظام معادلة الجهد الرئيسى والإضافى

فى كل مبنى أو منشأة يجب استخدام قضيب معادلة الجهد Equipotential bar عند مدخل المصدر الكهربى لتوصيل الأجزاء الموصلة وغير الحاملة للتيار الكهربى مثل:

- موصل الوقاية الرئيسى.
- موصل الأرضى الرئيسى.
- مواسير الماء - مواسير الغاز - أجهزة التكييف - نظام الحماية من الصواعق.
- الأجزاء المعدنية فى المنشأة مثل: شبكة الماء والكمرات المعدنية فى المنشأة.

والشكل (٤-١٧) يعرض نموذجًا لقضيب معادلة جهد والذى يوضع عند مدخل المصدر الكهربى للمنشأة بجوار العداد.



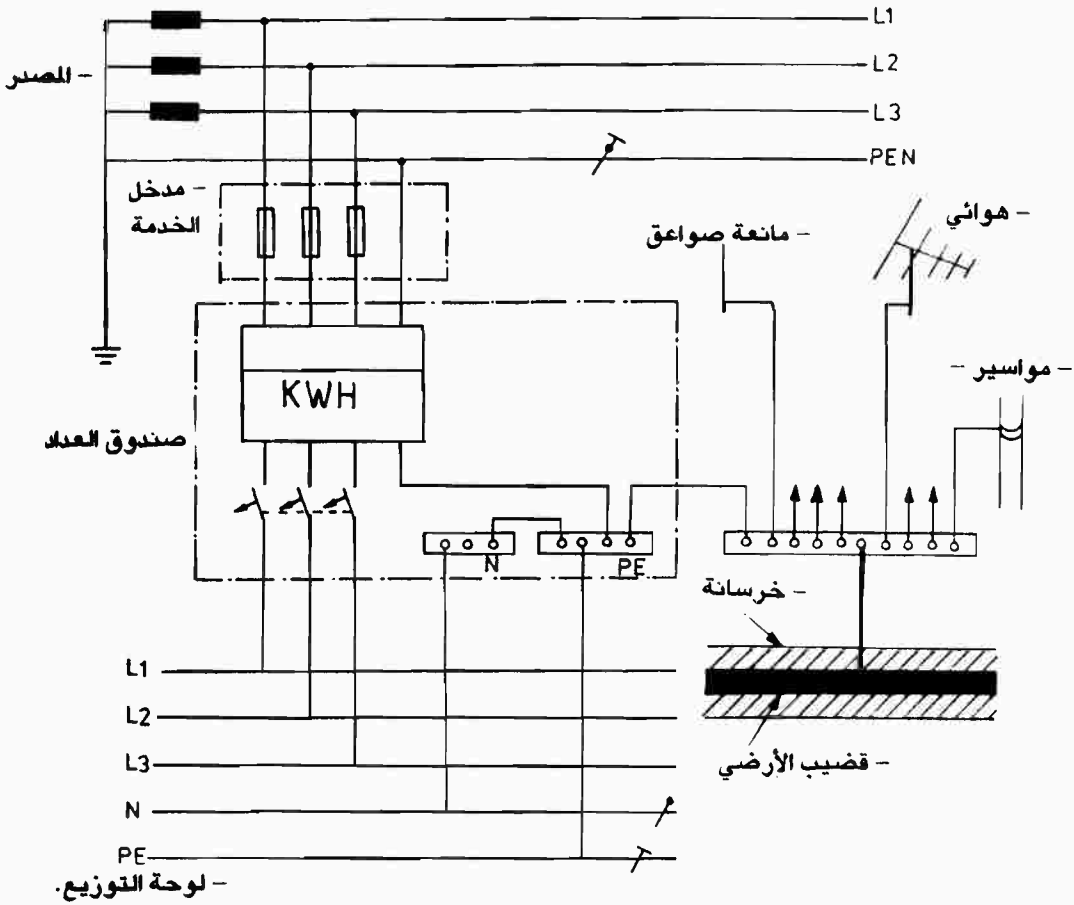
الشكل (٤-١٧)

حيث إن:

موصل الأرضى الرئيسى	a
نظام الحماية من الصواعق	b
نظام التسخين	c
موصل الوقاية الرئيسى	d
الكمرات المعدنية فى المنشأة	e
نظام الهاتف	f
الهوائيات	g
مواسير الغاز	h
مواسير الماء	i

وعادة يوضع قضيب معادلة الجهد على ارتفاع 30 cm من الأرضى فى مدخل المنشأة بجوار صندوق المصهرات الرئيسية داخل غرفة الخدمة إن وجدت.

والشكل (٤-١٨) يوضح طريقة استخدام قضيب معادلة الجهد.



الشكل (٤-١٨)

ويعتبر نظام معادلة الجهد الرئيسى هام بالنسبة لنظام TN، وكذلك نظام IT ،فى حين أن نظام معادلة الجهد الرئيسى غير ضرورى لنظام TT وكذلك نظام IT إذا تم تأريض كل جهاز بمفرده.

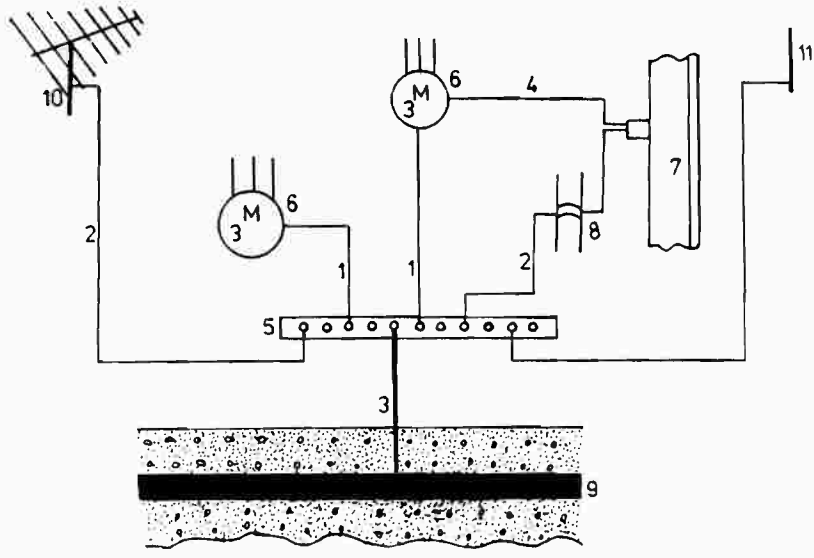
ويعمل نظام معادلة الجهد الرئيسى على تقليل جهد التلامس أثناء حدوث الأخطاء مما يوفر الوقاية للأشخاص من الصدمة الكهربية.

والجدير بالذكر أنه إذا لم يتحقق الفصل الأتوماتيكى للمصدر الكهربى باستخدام نظام معادلة الجهد الرئيسى عند حدوث خطأ يجب استخدام نظام معادلة جهد إضافى، ويمكن عمل ذلك بالنسبة لجزء من المنشأة على سبيل المثال: الحمامات وحمامات السباحة أو للمنشأة كلها.

وينصح بعمل نظام معادلة جهد إضافى فى أنظمة TN وأنظمة IT الطويلة والتى لها معاوقة مسار خطأ كبيرة لا تحقق فصل أجهزة الحماية فى زمن الفصل الآمن وهو 5S بحد أقصى.

أما الأحمال التى ينصح باستخدام نظام معادلة الجهد الإضافى معها هى المحركات الكهربية التى تسحب تيار بدء كبير لمدة زمنية أطول من 5S.

والشكل (٤-١٩) يوضح العلاقة بين نظام معادلة الجهد الرئيسى والإضافى.



الشكل (٤-١٩)

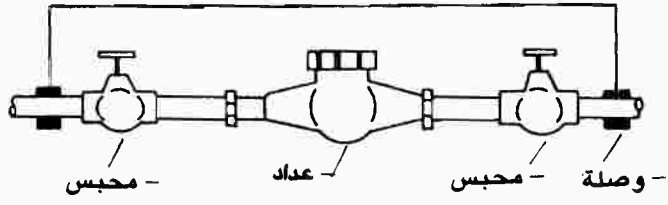
حيث أن:

موصل الوقاية PE	1
موصلات نظام معادلة الجهد الرئيسى	2
موصل الأرضى	3
موصلات نظام معادلة الجهد الإضافى	4
قضيب معادلة الجهد الرئيسى	5
الهياكل المعدنية للأجهزة الكهربية	6

الأجزاء الموصلة والخطرة مثل الكمرات المعدنية	7
مواسير الماء	8
قطب أرض مدفون فى الخرسانة	9
هوائى التلفزيون	10
مانعة الصواعق	11

وتجدر الإشارة إلى أنه من الضرورى عمل وصلات تخطى لعدادات الماء وكذلك جميع الوصلات البلاستيكية فى مواسير الماء المتصلة بنظام معادلة الجهد الرئيسى للوقاية من الصدمة الكهربية.

والشكل (٤-٢٠) يوضح طريقة عمل وصلة تخطى على عداد ماء.



الشكل (٤-٢٠)

وعادة تستخدم قوامط بمسامير Clamps لربط مواسير الماء وهوائيات التلفزيون ومانعات الصواعق والكمرات المعدنية.. إلخ مع موصلات نظام معادلة الجهد الرئيسى والإضافى، مع مراعاة أن يكون معدن هذه القوامط يشابه معدن الأجزاء المطلوب ربطها، وفى حالة اختلاف معادن الأجزاء المطلوب ربطها يستخدم قوامط ثنائية المعدن.

كما أنه يجب اختيار شكل القوامط بما يتلائم مع الأجزاء المطلوب ربطها.

٤ / ١٠ - الوقاية من التلامس غير المباشر باستخدام أجهزة الوقاية

يعتمد اختيار أجهزة الوقاية للوقاية من التلامس غير المباشر على نوع النظام IT أو TT أو TN. وفى الفقرات التالية سنتناول أجهزة الوقاية المستخدمة للوقاية من التلامس غير المباشر لكل نظام على حدة.

٤ / ١٠ / ١ - استخدام أجهزة الوقاية فى نظام TN

يجب اختيار كل من أجهزة الوقاية ومساحة مقطع الموصلات بحيث إنه عند حدوث قصر بمعاوقة مهملة فى أى مكان فى الدائرة بين أحد الأوجه وخط الوقاية PE أو أى هيكل يحدث فصل ذاتى لجهاز الوقاية فى الزمن المحدد ولتحقيق ذلك يجب تحقق المعادلة 4.1 .

$$Zs\ Ia \leq U \rightarrow 4.1$$

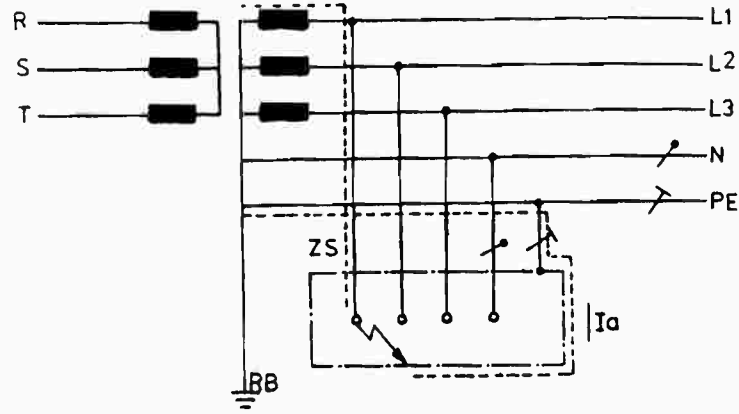
حيث إن :

معاوقة مسار الخطأ	Zs
التيار الذى يضمن فصل جهاز الوقاية فى الزمن المحدد	Ia
فرق الجهد بين أحد الأوجه وخط التعادل	U

أما معاوقة مسار الخطأ تتضمن المصدر الكهربى وموصلات الأوجه وصولاً لنقطة الخطأ، وكذلك خط الوقاية PE من نقطة الخطأ إلى المصدر، وهذا مبين بالشكل (٤-٢١).

والجدير بالذكر أن معاوقة الخطأ Z_S فى نظام TN لا تعتمد على مقاومة قطب الأرضى. ويمكن حساب Z_S فى حالة التركيبات الجديدة ويمكن قياسها فى حالة التركيبات القديمة (ارجع للفقرة ١٠ / ٥) وفيما يلى قيم Z_S المحسوبة لنظام TN .

فى المناطق الريفية	600 mΩ
فى المدن	900 mΩ
فى المناطق الصناعية	10 mΩ



الشكل (٤-٢١)

وبخصوص زمن الفصل الأقصى المسموح به فإنه يساوى:

0.2S للدوائر التى تيارها 35 A والتى تغذى برايز

0.2S للدوائر التى تغذى معدات كهربية قسم I (Class I)

والتى تمسك باليد أو المعدات المحمولة.

5S لجميع الدوائر الأخرى.

وتستخدم أجهزة الوقاية التالية فى نظام TN

- أجهزة الوقاية من زيادة التيار قواطع – مصهرات.
- أجهزة الوقاية من التسرب الأرضى ELCB

وسوف نتناول أجهزة الوقاية بالتفصيل فى الباب السابع.

والجدير بالذكر أنه من شرط عمل أجهزة الوقاية من زيادة التيار تحقق المعادلة 4.1 ومن شرط عمل أجهزة الوقاية من التسرب الأرضى تحقق المعادلة 4.2 .

$$Z_S \, I_{\Delta N} \leq U_c \rightarrow 4.2$$

حيث إن

Z_S معاوقة مسار الخطأ

$I_{\Delta N}$ تيار التسرب المقنن للقاطع

أقصى جهد تلامس مسموح به ويساوى Uc

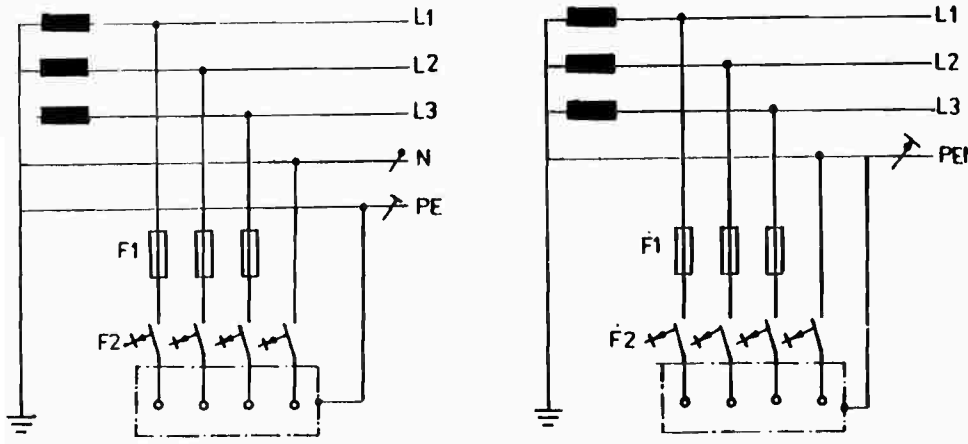
50Vac أو 120 vdc

والشكل (٤-٢٢) يبين طرق استخدام أجهزة الوقاية فى نظام TN-c (الشكل أ) ونظام TNCS (الشكل ب) .

حيث إن :

مصطهرات للوقاية من زيادة التيار F_1

قاطع تسرب أرضى F_2



الشكل (٤-٢٢)

٤ / ١٠ / ٢ - استخدام أجهزة الوقاية فى نظام TT

يجب اختيار كل من أجهزة الوقاية ومساحة مقطع الموصلات بحيث إنه عند حدوث قصر مع أحد الأوجه وخط الوقاية PE تتحقق المعادلة 4.3

$$Zs\ Ia \leq Uc \rightarrow 4.3$$

حيث إن :

معاوقة مسار الخطأ Zs

التيار الذى يضمن فصل جهاز الوقاية من زيادة التيار Ia

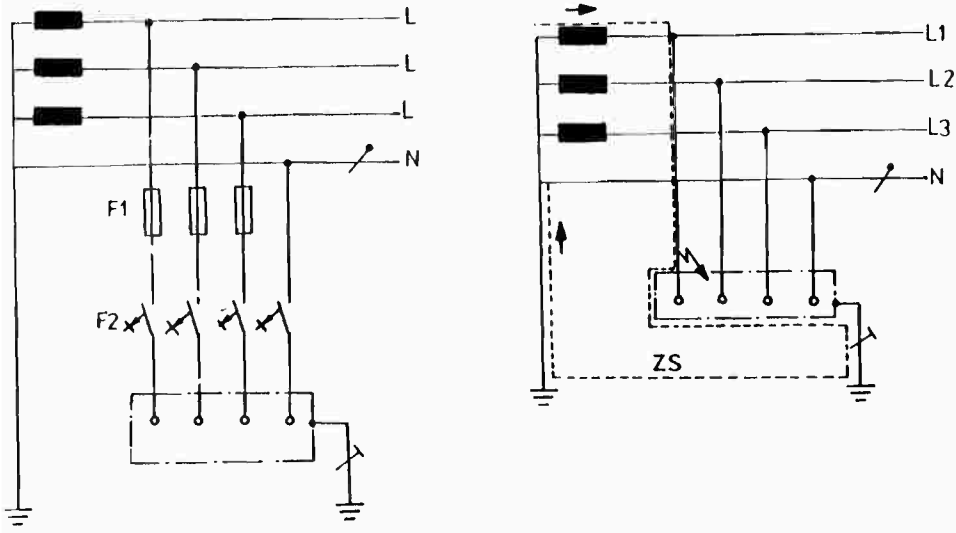
فى الزمن المحدد

جهد التلامس المسموح به ويساوى (50Vac) Uc

وتحقق المعادلة 4.2 عند استخدام قاطع تسرب أرضى.

والشكل (٤-٢٣) يبين معاوقة مسار الخطأ Zs فى نظام TT (الشكل أ).

وكذلك طريقة استخدام أجهزة الوقاية مع نظام TT (الشكل ب).



الشكل (٤-٢٣)

٤ / ١٠ / ٣ - استخدام أجهزة الوقاية لنظام IT

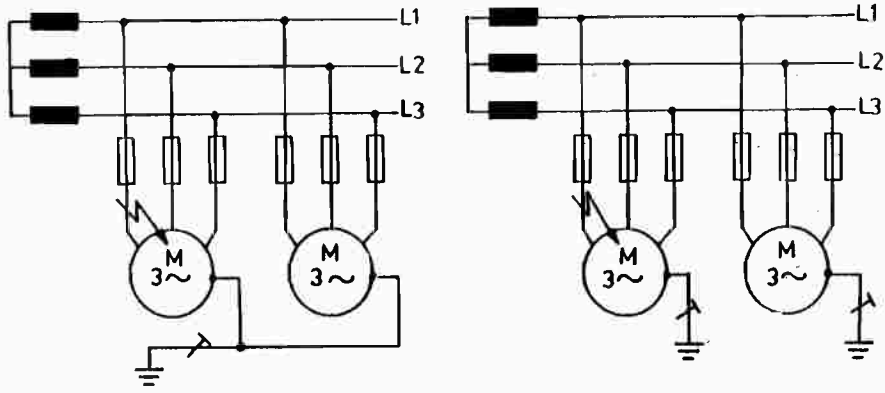
يجب اختيار أجهزة الوقاية ومساحة مقطع الأسلاك بحيث إنه عند حدوث خطأين مع وجهين وخط الوقاية PE تحقق المعادلة 4.1، ويستخدم مع نظام IT أجهزة الوقاية والمراقبة التالية:

- أجهزة مراقبة العزل Insulation monitoring.
- أجهزة الوقاية من زيادة التيار.
- أجهزة الوقاية من التسرب الأرضى.

وفيما يلى أهم مميزات نظام IT:

عند حدوث خطأ أول فى النظام نتيجة لتلامس أحد الأوجه مع أرضى الحمل لا

يحدث انقطاع للتيار الكهربى ولكن يحدث انذار ضوئى وصوتى من جهاز مراقبة العزل (انظر الشكل ٤-١٦)، وفى هذه الحالة يعمل النظام كما لو كان نظام TN إذا كانت جميع الأجهزة مؤرضة بأرضى واحد، ويعمل النظام كنظام TT إذا كان كل جهاز أو كل مجموعة من الأجهزة مؤرضة بأرضى خاص ولن يحدث قطع للتيار الكهربى عن الحمل إلا بعد الخطأ الثانى. والشكل (٤-٢٤) يوضح ذلك علمًا بأن جهاز مراقبة العزل غير مبين فى هذا الشكل.



الشكل (٤-٢٤)

فالشكل (أ) يبين نظام IT يستخدم أرضى واحد لكل حمل ويتحول هذا النظام لنظام TT عند الخطأ الأول.

والشكل (ب) يبين نظام IT يستخدم أرضى واحد لكل الأحمال ويتحول هذا النظام لنظام TN عند حدوث الخطأ الأول.

٤ / ١١ - ملاحظات تراعى للوقاية من التلامس المباشر وغير المباشر

١- التلامس المباشر لوجهين من أوجه المصدر الكهربى يؤدى لصدمة كهربية بلا شك ولا يستطيع أى جهاز حماية فصل التيار الكهربى فى هذه الحالة.

٢- التلامس المباشر لوجه وجزء موصل فى المبنى بسبب صدمة كهربية إذا لم يستخدم قاطع تسرب أرضى.

٣- التلامس المباشر لوجه يمثل خطورة فى حالة عدم استخدام قاطع تسرب أرضى وذلك إذا لم تكن درجة عزل الشخص عن الأرض عالية، لذلك ينصح بارتداء الفنيين أحذية عازلة.

٤- الخطورة المشكلة من ملامسة الهياكل غير المؤرضة تعتمد على مقدار عزل الإنسان عن الأرض، وتقل الخطورة إذا كان الشخص يرتدى حذاء عازل.

٥ - عند استخدام نظام TNCS أو TNC يجب التأكد من استمرارية خط PEN، واستمرارية وصول خط الوقاية PE للأجهزة، علمًا بأن الصدمة الكهربية تحدث عند انقطاع خط PEN أو خط PE مع حدوث قصر داخلى داخل أى جهاز.

٦- يمنع إعادة جمع خط التعادل N مع خط الوقاية PE لنظام TNCS بعد قاطع التسرب الأرضى فى نظام TNCS؛ لأن ذلك يؤدى إلى فصل القاطع بصفة مستديمة كلما زاد تيار الحمل عن تيار التسرب الأرضى المقنن للقاطع ولن يعمل القاطع بطريقة صحيحة.

٧- عند استخدام نظام TT يجب التأكد من جودة أرضى الحمل لأن الأرضى غير الجيد للحمل يمثل خطورة حقيقية للأشخاص عند حدوث قصر داخلى لأحد الأحمال، ويمكن الخروج من هذه المشكلة باستخدام قاطع تسرب أرضى.

٨- فى نظامTT يمنع بتاتًا توصيل أرضى الحمل مع لوحة الخدمة الموجودة فى مدخل المنشأة لأنه يحتمل حدوث قصر لأرضى الحمل مع أحد الأوجه وهذه الحالة فى غاية الخطورة على الأشخاص.

٩- يجب استخدام أرضى جيد فى نظام IT للحمل لأن وجود أرضى سيء للحمل يمثل خطورة محققه للأشخاص.

١٠- يجب تأريض جميع الأجهزة التى يتم تغذيتها من نظام IT.

١١- عند استخدام محول ذاتى فى الدائرة يجب استخدام قاطع تسرب أرضى قبله.