الصدمات الكهربائية واجراءات السلامة**

د. مصطفى النائلى *

مقدمة

تعتبر الطاقة الكهربائية من انجع واسلم انواع الطاقة المتاحة حاليا ، اذا ما اتخذت الاحتياطات اللازمة عند التعامل معها .

تكمن خطورة القوة الكهربائية فى انها لاترى ، لاتسمع ولاتشم ، فخطر الكهرباء لايعطى سابق إنذار عن وجوده فيمكن أن يتسبب فى موت محقق ما لم تتخذ الاجراءات اللازمة عند التعامل معه .

تحدث الصدمة الكهربائية نتيجة ضعف فى عازلية معدات معامل الاختبارات وعازلية الاجهزة الكهربائية وغيرها من الادوات والمعدات الكهربائية او عدم إجراء الصيانات الدورية اللازمة على تلك المعدات لدرء الاخطار قبل وقوعها .

تعتمد شدة الصدمة الكهربائية بالدرجة الاولى على حجم وقيم التيار الكهربانى المار فى جسم الانسان وعلى زمن مروره ، وهذا التيار يعتمد على مقاومة جسم الانسان ، والتى تتراوح ما بين 100,000و5000اوم ، فى الظروف العادية الجافة وتتغير من شخص إلى أخر فإذا كان جلد الانسان مبللا فإن مقاومته تهبط إلى اقل من 5000 اوم ، كما تهبط مقاومة الانسان مع زيادة المساحة المعرضة للصدمة الكهربائية ، ومع زيادة الجهد المسلط بين نقطة تماس الانسان والارض .

يحدث التفريغ الكهربائى عبر جسم الانسان إلى الارض او إلى جسم معدنى آخر متصل بالأرض فى حالة ملامسة الانسان المصاب لاحد الاجزاء الموصلة المشحونة كهربائيا بأحد أطرافه عندما يكون هنالك فرق جهد بين نقطة الاتصال والارض .

كلما زادت قيم فرق الجهد زادت قيم التيار المارة فى جسم المصاب وزادت بالتالى شدة الاصابة .

كما تحدث الصدمة الكهربائية للانسان عندما يحدث اتصال مباشر بين الخط او السلك الكهربائى المشحون مع الارض عبر جسم المصاب او نتيجة اتصال مباشر بين احد الاطوار والسلك المتعادل عبر جسم الانسان او نتيجة لمس الشخص المصاب لجسم معدنى مشحون غير مؤرض أو نتيجة تلف بسلك التأريض

تأثير الكهرباء على جسم الانسان :-

هنالك الكثير من الداسات التى اجريت على تأثير الصدمة الكهربائية على الانسان سواء كانت تيارا مترددا 50أو 60 ذبذبة فى الثانية أو تيار مستمرا ، حيث دلت الاحصائيات على أن صدمات التيار المتردد هى الاكثر شيوعاً ، وذلك لكثرة استعمالاته العامة .

دلت الدراسات كذلك على أن تأثير التيار المتغير ذى 50 ذبذبة لايختلف عن مثيله 60 ذبذبة / ثانية ، ومن تلك الدراسات والابحاث تم استعمال تيارات متغيرة وذات مستويات مختلفة ، حيث كانت تأثيراتها على جسم الانسان متفاوته ، من سقوط من إرتفاعات او من ادراك حسى بسيط غير مؤلم يمكن النجاة منه او الانقباض العضلى البطىء أو الشلل فى العضلات واصابة جهاز التحكم فى الاعصاب وصعوبة التفس ، والى التقلص الشديد فى عضلات القلب واصابته بالشلل وتوقفه .

عند زيادة الجهد الكهربائى المسلط بين أحد اطراف الانسان المصاب والارض عن الحد اللازم (ما فوق 1000فولت) ، فإن الصدمة الكهربائية ينتج عنها حروق بالغة للمصاب وتفحم فى الاطراف والوجه شكل رقم 3 ، قد ينتج عنها بتر لاطراف المصاب عند النجاة من الموت المحقق كما يصاحب ذلك عادة اصابة القلب وتوقف العلمات الحيوية للانسان كالتنفس وغيرها .

وعند الاصابة بالجهود البسيطة المخفضة (110 / 220فولت) مثلا ، قد

* شركة الزاوية لتكرير النفط

يصاب الانسان بصدمة مميتة ، يرجع سببها لتقلص عضلات القلب واصابة جهاز التحكم في الاعصاب حيث تعتمد شدة الاصابة على نوع ومساحة الاصابة وحجم التيار المار في الجسم ومدى وعازلية الشخص المصاب عن الارض ، تحدث الاصابة بالموت في مستوى تلك الجهود المخفضة عادة دون حدوث حروق على الاطراف والوجه دون علامات واضحة تدل على سبب الموت .

عند حدوث الصدمة الكهربانية بين اطراف اليدين للمصاب او بين اليد والرجل ، فإن مرور التيار الكهربائي سيكون خلال صدر المصاب ، الامر الذي يؤدي إلى ارتعاش ، وارتجاف القلب بدلاً من نبضه المعتاد ، وهذا قد يؤدي إلى انفجار القلب واصابة اجهزة التحكم في الدماغ وموت محقق .

الجدول الاتي يبين حجم وتأثيرات التيارات الكهربائية على جسم الانسان عند الاصابة بصدمة كهربائية .

جدول رقم 1

قيم التيار الكهربائي المار في جسم الانسان	النتيجة الحاملة للمصاب
من 0 . 1 الى 0 . 8 ملى امبير	ادراك حسي غير مؤلم
من 0 . 8 الى 0 . 15 ملى أمبير	صدمة كهربائية مؤلمة يمكن النجاة منها بسبب عدم إصابة جهاز التحكم في الاعصاب
من 0 . 15 الى 0 . 20 ملى أمبير	اصابة وشلل في العضلات واحتمال عدم إستطاعة المصاب في فك الأطراف المكهربة «قابل للعلاج»
من 0 . 20 الى 0 . 50 ملى أمبير	تقلص شديد في الاعصاب والعضلات وصعوبة كبيرة في التنفس «قابل للعلاج»
من 0 . 50 الى 0 . 100 ملى أمبير	إحتمال إصابة القلب وتوقفه وموت محقق «غير قابل للعلاج»
من 0 . 200 ملى أمبير فما فوق	حروق شديدة ، تقلص في العضلات ، توقف القلب والتنفس وموت محقق

3 ـ الكهرباء الساكنة وأخطارها :ـ

الكهرباء الساكنة هي شحنة كهربائية محصورة في مساحة ما وغير قابلة للتسرب أو التحرك أو السريان ، فهي تجمع لشحنات كهربائية فوق سطح معزول أو موصل معزول عن الأرض .

أصل تكون الشحنات الكهربائية الساكنة (STAIC) كثيرا جدا وعديد . فيمكن توليد الكهرباء الساكنة إلى جهد 15000 فولت ببساطة بواسطة حركة معينة مثل النهوض من كرسي الجلوس أو المشي على أرضيات من الصوف أو البلاستيك وخلع الملابس أو حركة السيور في المصانع أو حركة السيارات بسرعة في جو جاف أو سريان سائل في أنابيب وحركة السحب أو غيرها .

وهذه الشحنات الساكنة كفيلة بألحاق الضرر والتلف بالأجهزة والمعدات الكهربائية والالكترونية ونظم التحكم والسيطرة والحماية وغيرها ، وهي السبب في حدوث الكثير من الكوراث في المصافي ومحطات توزيع الوقود وغيرها من المصانع والمواقع ، حيث تتكون شحنات كهربائية وتكبر لحد معين بالطرق المذكورة أعلاه فتحدث شرارة كهربائية ذات طاقة عالية في أجواء مشبعة بالغازات أو السوائل أو أية مواد أخرى قابلة للاشتعال ، لذلك يجب تأريض جميع معدات القياس ومحتويات أخذ العينات وأنابيب سريان الغازات والسوائل والوقود والشاحنات وغيرها ، مع الملابس والاحذية الخاصة وغيرها ، والتي لاتتكون عليها ولاتتسبب في حدوث أو تكون الشحنات الاستاتيكية الساكنة كما ينصح بتبديد الشحنات الاستاتيكية الساكنة في المصانع والمصافي برش بخار الماء في فترات متقابة عند عدم كفاءة نظام التأريض .

4 ـ نظم التأريض الوقائي : EARTHING

التأريض EARTHING في نظم القوى الكهربائية هو أحد الوسائل الفعالة المستخدمة في تحقيق سلامة الاشخاص العاملين على الاجهزة والمعدات الكهربائية والالكترونية ، كما تؤمن حماية كاملة لتلك الاجهزة والمعدات .

التأريض هو التوصيل الكهربائي لأجزاء المعدات والاجهزة الكهربائية والالكترونية الغير حاملة للتيار الكهربائي في الحالة العادية مع الارض ، حيث ان الارض كتلة ضخمة يساوي جهدها الصفر والاشخاص العاملون على المعدات الكهربائية على اتصال دائم بالارض والاجزاء المعدنية التي تظهر عليها الشحنات كهربائية ، حيث تكون

هذه الاجزاء متعادلة كهربائيا في حالات التشغيل العادية ، وتصبح مشحونة بسبب حدوث أعطال فيها ، مثل اتصال السلك الحي بالاجزاء المعدنية او اهتراء المادة العازلة فتصبح هذه الاجهزة والمعدات خطرة على الانسان اذا لمسها ، وذلك لظهور فرق جهد بين جسم الانسان واي نقطة تأريض اخرى ، كالاجسام المعدنية او انابيب المياه او الحوائط وغيرها . لذلك توصل هذه الاجزاء المعدنية بالارض كاحد أساليب الحماية الفعالة للانسان وللاجهزة ، حيث ان مقاومة الارض اقل بكثير جدا من مقاومة الانسان .

وبما ان النظام الكهربائي يتكون بشكل عام من مصدر للطاقة الكهربائية ومستهلك لهذه الطاقة مع ما يربط بينهما كهربائيا ، لذلك يجب النظر الى عملية التأريض من الطرفين اي مصدر الطاقة ومستهلكها

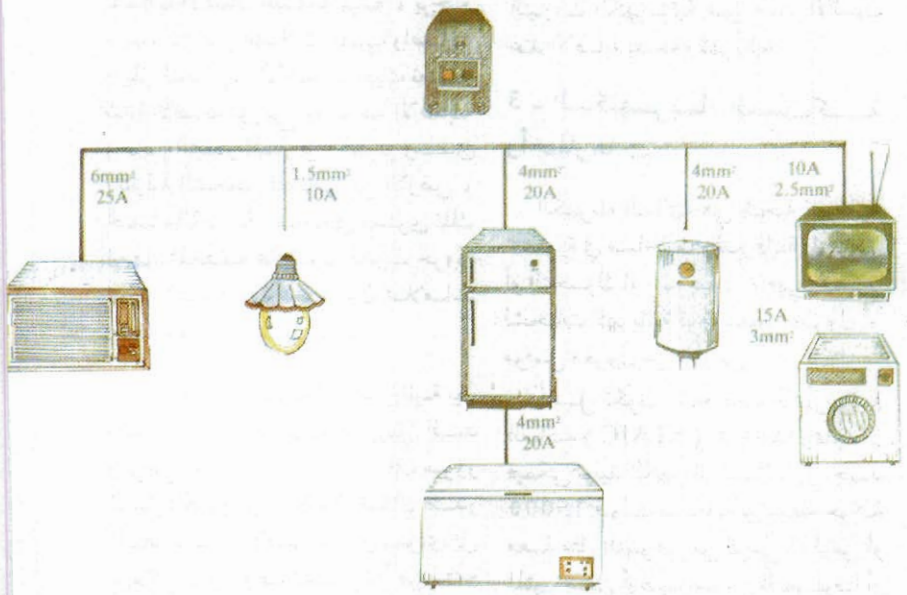
تؤكد النظم الكهربائية العلمية (VDE– IEC– IEE) على ضرورة مراجعة واختيار نظم التأريض دوريا وقياس مقاومة الارض لما لها من اهمية بالغة على سلامة الاشخاص والمعدات الكهربائية .

كما تؤكد كذلك على ضرورة توصيل معدات قطع التيار عند حدوث عطل ارضي على الخط الحي في نظم التوزيع الكهربائية وحيدة الطور

5 ـ نظام التأريض :ـ

يجب ان يحتوي نظام التأريض على معدات واجهزة خاصة تؤمن التوصيل الارضي الجيد وتضمن تسرب التيار الى الارض في حالة حدوث اي عطل .

يتم ذلك عن طريق استخدام الواح معدنية خاصة تدفن بالارض او الأوتاد معدنية في الارض لتصل الى مستوى التربة الرطبة ، تربط هذه الالواح او الأوتاد بالاسلاك المتصلة بالاجزاء المعدنية لايجوز ربط اسلاك التوصيل الارضي بمواسير الغاز ، ويمكن ربطها بمواسير المياه الرئيسية المتجهة الى الارض مباشرة ، ويجب ان تكون التوصيلات الارضية قصيرة كلما امكن ذلك ، والايقل حجم السلك الارضي عن الاحجام التي حددتها جمعية المهندسين الكهربائية IEE .



6 ـ المقاومة النوعية للتربة :ـ

تتحدد الصفات الكهروفيزيائية للتربة بمقاومتها النوعية Resistivity وهي ، عبارة عن مقاومة مكعب من التربة طول ضلعه متر واحد ، تعتمد المقاومة النوعية للتربة على عدة عوامل منها :ـ

نسبة الرطوبة في التربة حيث تقل المقاومة النوعية للتربة بشكل كبير كلما زادت نسبة الرطوبة في الارض

حيث يبين ان المقاومة النوعية تزيد بشكل كبير عندما تقل نسبة الرطوبة عن 20 ٪ ، ولهذا السبب يجب ان يدفن قضيب او لوح التأريض على عمق كاف حتى يصل الى طبقة التربة التي تحتوي على نسبة رطوبة لاتقل عن 20 ٪ .

كما يؤدي اختلاف التركيب الفيزيائي للتربة الى اختلاف قيم المقاومة النوعية التي نحصل عليها ، فالمقاومة النوعية للتربة الطينية اقل بكثير من المقاومة النوعية للتربة الصخرية لذلك يجب تجنب الصخر والرمل الجاف عند دفن الواح او قضبان التأريض .

كما تعتمد المقاومة النوعية للتربة على تركيبها الكيماوي اي احتوائها على معادن او املاح ، والعامل الرئيسي الذي يؤثر على مقاومة التربة هو مقدار ما تحتويه من املاح ، حيث تعمل الاملاح على تقليل المقاومة النوعية للتربة كما بالجدول رقم (2) ، وهذا يفسر لجؤ البعض الى اضافة الاملاح بكثرة الى المنطقة التي سيتم فيها دفن قضبان او الواح التأريض .

تتأثر كذلك طبقة التربة العليا بتذبذب درجات الحرارة ، فعند هبوط درجة الحرارة فان الطبقة العليا للتربة تتجمد ، لذلك يجب دفن قضيب التأريض الى اعماق كبيرة حتى نتجنب تجمد الطبقة العليا للتربة ، ويجب ان يدفن قضيب او لوح التأريض على عمق يتراوح ما بين 3 الى 6 امتار . بالمقابل فان ارتفاع درجة

حرارة الجو يؤدي الى ارتفاع قيمة المقاومة النوعية للتربة ، حيث تؤدي الحرارة الى تبخر الرطوبة في طبقة التربة العليا وتصبح جافة .

عموما يجب ان تتميز التربة بالمميزات الاتية ، حتى يصبح نظام التأريض فعالا وذو كفاءة عالية :

1 ـ ان تتمتع بمقاومة كهربائية منخفضة .
2 ـ ان تكون ذات مقاومة جيدة للصدأ .
3 ـ ان تتحمل تيارات كهربائية كبيرة بشكل متكرر .
4 ـ ان تحتوي التربة على رطوبة كافية .
5 ـ ان تكون ذات مقاومة نوعية قليلة .
6 ـ ان تكون ذات قابلية للاحتفاظ بالخصائص السابقة لمدة طويلة .

جدول رقم 2

قيمة الاملاح المضافة كنسبة من وزن الرطوبة	المقاومة النوعية اوم . متر
0	107
0.1	18
1.0	4.6
5	0.9
10	1.3
20	1

لمواد المعدنية لقضبان والواح التأريض :ـ

لاتتأثر مقاومة القضيب الارضي (الكترود) بنوع المادة التى يصنع منها ولكن يجب أن تكون المادة عالية المقاومة للصدأ ، حيث اثبتت التجارب ان معدن النحاس يخسر 0.3 ٪ من وزنه سنويا ، بسبب الصدأ ، أما قضبان التاريض المصنوعة من الحديد فأنها تخسر 2.5 ٪ سنويا من وزنها ، لذا يجب ان تتم عملية جلفنة الحديد ، الذى يفقد من وزنه حوالى 0.1 ٪ سنويا ، ولمقاومة الصدأ يمكن استخدام حماية كاثودية خاصة ، كما تم استخدام حماية خاصة لقضبان التأريض وذلك برش مادة المغنيسيوم ، حيث قللت من تأثير الصدأ على الالواح وقضبان التأريض بخمس مرات .

8 ـ احتياطات :ـ

يجب مراعاة الآتي عند تركيب وتشغيل وصيانة المعدات والاجهزة الكهربائية بمختلف انواعها :ـ

1 ـ تغطية جميع النقاط الحية كهربائيا بغطاء واق ضد الاتصال المباشر بالاشخاص العاملين .
2 ـ عمل سياج واق على بعد مسافة قياسية على محطات توزيع الكهرباء وغيرها على ان يتم التأريض اللازم للسياج .
3 ـ وضع علامات إنذار وتحذير على المعدات الكهربائية وبطاقات عدم التشغيل عند العمل عليها بعد عزلها .
4 ـ عدم لمس اي معدة او سلك كهربائي مهما كانت الظروف الابعد التأكد من انه غير حي كهربائيا .
5 ـ اتباع قواعد السلامة وشروط بدء العمل وتصاريحه .
6 ـ تأريض جميع المعدات والاجزاء المعدنية وخزانات النفط وانابيب تدفق الزيت وغيرها .
7 ـ ضرورة ارتداء الملابس والاحذية الواقية والخاصة بالعمل على المعدات الكهربائية .
8 ـ الكشف الدوري على نظام التأريض .
9 ـ عدم تحميل الاجهزة والمعدات الكهربائية اكثر من المصممة له .
10 ـ استعمال المعدات واجهزة الحماية المناسبة لحماية الافراد والمعدات الكهربائية .
11 ـ ربط اجهزة القطع على السلك الحي كهربائيا في نظم القوى الكهربائية .
12 ـ اتباع المواصفات الفنية مع وجوب اتباع قواعد السلامة المهنية .
13 ـ الاحتفاظ بارقام هواتف فرق الطوارىء والاسعاف الطبي تحسبا لأي طارىء ●

المراجع :

احتياطات العمل على الكهرباء الساكنة
أو . نيل مطبوعات IEE 1986

ملخص الورقة :

الطاقة الكهربائية من أنجع وأسلم أنواع الطاقة المتاحة ، فهل لهذه الطاقة من مخاطر على سلامة الانسان ؟ كيف يمكن حماية الانسان ومعداته من مخاطرها ؟

نتناول فى هذه الورقة إحدى مخاطر الطاقة الكهربائية الا وهى الصدمات الكهربائية ، أسبابها ، مخاطرها ، وطرق الوقاية منها ، حماية الانسان والمعدات الكهربائية من الصدمات الكهربائية .

كما نتعرض فى هذه الورقة لأنظمة التاريض وبعض الاحتياطات التى يجب مراعاتها للوقاية من مخاطر الصدمات الكهربائية .