مجلة جامعة الملك عبدالعزيز: العـــــلوم، م٢٠ ع٢، ص ص: ٣-٢٢ (٢٠٠٨م/١٤٢٩هـ)

التلوث الإشعاعي بالمجال المغنطيسي بسبب الأخطاء الفنية في التمديدات الكهربائية الداخلية للمباني

محمد عبدالله الراجحي

الكلية التقنية بالرياض – المملكة العربية السعودية

Rajhi2000@hotmail.com

المستخلص.الأخطاء المرتكبة في التمديدات الداخلية للمباني من أهم مصادر التلوث بالمجال المغنطيسي. وفي هذه الدراسة التي أجريت على ٢٤ مبنى في مدينة الرياض، شملت مساكن ومكاتب تجارية، حيث كشفت عن خمسة من الأخطاء الفنية الشائعة والتي تتسبب في التلوث بالمجال المغنطيسي، وقد استخدم للكشف عن التلوث مجموعة من الأجهزة (تسلاميتر) جميعها تحمل شهادة معايرة، ويجري معايرتها دوريا عن طريق قياس فيض مغنطيسي معلوم. الأخطاء المشار إليها ترفع مقدار التعرض للمجال المغنطيسي إلى أكثر من الحد المسموح به دولياً في عدة حالات. ومن القراءات التي سجلت (٢٠٠٠٠٠ نانو تسلا) وهي أعلى بكثير من حدود التعرض الموصى بها من قبل (ICNIRP). هذه الأخطاء الفنية التي تسببت في هذا النوع من التلوث، بالإضافة إلى أن هذه الدراسة بينت أنه لا تقدم يحدث في هذا المجال خلال العقود الثلاث

الماضية، يواكب التقدم الذي تشهده المملكة، مما يستدعي إعادة النظر بضرورة رفع كفاءة العاملين من شركات وأفراد في هذا المجال. وأخيراً أوضحت الدراسة كيفية التعامل مع هذه الأخطاء ومعالجتها.

المقدمة

الانبعاث الكهرومغنطيسي الناتج من أخطاء فنية غير مبررة في التمديدات الكهربائية الداخلية للمباني (سكنية أو تجارية) مهما كان ضئيلاً، يجب إزالته بموجب الأنظمة، والقوانين، والمعايير القياسية الوطنية والدولية، وهذا مبدأ أساسي للدول التي تنشد التقدم ومواكبة التطور في العصر الحديث، فكيف إن كانت الأخطاء شائعة، وتتسبب في إحداث تلوث بالمجال المغنطيسي أكبر بخمسين ضعفاً مما لو يسكن إنسان في العراء، تحت خطوط الضغط العالي مباشرةً. هذه الأخطاء تعتبر في دول متقدمة مثل الولايات المتحدة بأنها أخطاء تنتهك قوانين (Code Violation) التمديدات الكهربائية[١-٣] ، وكنتيجة لذلك فلابد من تصحيح الخطأ لكي يفسح البناء قبل استخدامه. هذه الأخطاء يمكن أن تؤدي إلى سحب ترخيص مزاولة المهنة للفني المنفذ أو مهندس التصميم. الهدف الأساسي في هذا البحث هو إلقاء الضوء على أخطاء رئيسية تتسبب في التلوث بالمجال المغنطيسي داخل المباني في مدينة الرياض، ولا يقصد بذلك حصر جميع الأخطاء المسببة للتلوث الإشعاعي، أو الأخطاء الأخرى التي تتسبب في أضرار صحية واقتصادية، مثل التسبب بالوفاة أو دون ذلك، والتسبب بالحرائق، أو إعطاب الأجهزة، أو الهدر في الطاقة الكهربائية دون علم، وغير ذلك، هذه الأخطاء موضوع بحث قادم إنشاء الله.

الهيئات المشرعة لأخطار الأشعة الكهرومغنطيسية غير المؤينة

يوجد عدد كبير من الهيئات الوطنية و الدولية، التي قامت بأبحاث حول خطورة التلوث بمثل هذه الأشعة، و عنيت بوضع حدود للتعرض، وقد نوقش ذلك في بحث آخر بشيء من التفصيل[٤] وعدد كبير من الأبحاث[٥-١١].

الأعراض الصحية للتعرض للموجات الكهرومغنطيسية ٦٠ هرتز

طاقة هذا النوع من الإشعاعات ضعيفة جداً من أن تحدث ضرراً مباشراً، وقد تكلمت كثير من الدراسات[١٢-٤٢] عن إحداثها لأمراض السرطان المختلفة، والصداع، والغثيان، والحكة وأمراض أخرى، كما عارض ذلك آخرون[٤٣-٦٢]، والمرجع الرابع ناقش هذه القضية بشيء من التفصيل والتأصيل.

مصادر التلوث بالمجال الكهرومغنطيسي

- خطوط الضغط العالي أحد مصادر التلوث بالمجال المغنطيسي[٦٣] والمجال الكهربائي[٦٤]، ولكنها لا تشكل خطراً بمدينة الرياض بسبب الاحتياطات المعمول بها وفقاً للمعايير الدولية.
- الأجهزة المنزلية الكهربائية من مصادر التلوث بالمجال الكهرومغنطيسي حيث تصدر بعض هذه الأجهزة موجات كهرومغنطيسية عالية التردد مثل الميكروويف والأشعة فوق البنفسجية[٦٥]، وغير ذلك.
- استخدام جهدين كهربيين (٢٢٠/١٢٧ فولت) في المملكة يزيد بطريق غير مباشر من التلوث بالمجال المغنطيسي[٦٦،٦٧].
- الأخطاء المرتكبة في التمديدات الكهربائية مصدر رئيسي للتلوث بالمجال المغنطيسي وهو موضوع هذه الدراسة.

حدود التعرض

نلخص حدود التعرض التي ورد ذكرها من مجموعة كبيرة من المنظمات الدولية كما فى الجدول ١ التالى:

جدول ١. حدود التعرض للمجال المغنطيسي[٤].

المنظمة أو الدولة	السنة	كثافة الفيض (nT)
SWEDISH STANDARDS	1990	250
Parts of ITALY	2000	250
QUEENSLAND AUSTRALIA	2000	400
NCRP	1996	1000
SWISS	1999	1000
ICNIRP	1998	83300
(AUSTRALIA) NHMRC	1989	100000
(USA) ACGIH	2000	100000
CENELEC	1995	533000
(USA) IEEE	2002	904000
(UK) NRPB	1993	1333000
USSR	1975	1760000
GERMANY	1989	5000000

وحيث أن الحدود المذكورة يوجد بها تباين كبير جداً بين الهيئات المشرعة، فإن هذا التباين يرجع إلى الأسس التي قامت عليها كل هيئة على حدة، وقد نوقش ذلك في بحث آخر بشيء من التفصيل[٤].

القياسات

تم تجميع البيانات المدونة في الجدول ٢ لمجموعة من المباني (مساكن ومكاتب تجارية)، وقد رمز لكل مبنى برمز معين، فمثلا الرمز (A) يمثل المباني الحديثة والتي لم يتجاوز إنشاؤها عشر سنوات، والرمز (B) هي المباني تم إنشاؤها ما بين العشر والعشرين سنة، بينما الرمز (C) فهو يخص المباني التي مضى على إنشائها أكثر من عشرين سنة. وكل رمز له رقم يشير إلى البناية التي تم قياسها. وقد أخذ من كل بناية مجموعة من القراءات تصل أحيانا إلى أربعين قراءة، على أساس كبر المساحة وأهمية المكان والتغير في القراءة (fluctuation)، ثم رتبت القراءات تصاعدياً وسجل الأعلى، والوسيط الحسابي، والأقل. والمقصود بالأقل هو أقل قراءة في منطقة الخطأ.

ويقدم البحث مجموعة من أهم الأخطاء الشائعة التي تتسبب فـــي التلـــوث بالمجال المغنطيسي.

الجدول ٢. قراءات المجال المغنطيسي داخل المبانى.

المواقع	أقل قراءة (nT)	الوسيط (nT)	أعلى قراءة (nT)
A1	120	700	8500
A2	0	50	150
A3	0	20	100
A4	80	400	2000
A5	180	600	2000
A6	450	1200	95500
A7	50	900	26900
A8	1500	6300	40000
A9	150	2500	38800
A10	100	5500	48000
B1	0	110	250
B2	0	0	120
B3	220	1150	28500
B4	170	840	4050
B5	120	260	1530
B6	340	1700	9550
B7	0	50	150
B8	500	15000	200000
C1	1700	4000	10000
C2	2000	5000	8000
C3	0	80	200
C4	0	150	550
C5	200	500	88000
C6	250	800	12000

الأجهزة المستخدمة

استخدم لقياس الفيض المغنطيسي ٦٠ هرتز Triaxial ELF Magnetic Field Meter من شركة SYPRIS F.W.BELL (USA) وجهازين للمعايرة من شركة INTEGRITY DESIGN & RESEARCH CO (USA), Model IDR-119-109. والآخر من شركةAARONIA AG (GERMANY) وجميعها تحمل شهادات معايرة.

معايرة أجهزة القياس

تعاير الأجهزة عن طريق كشف كثافة الفيض الصادر من سلك وحيد ممدود بشكل مستقيم يحمل تيارًا مترددًا معلومًا، حيث تتناسب كثافة الفيض عكسياً مع المسافة وفق المعادلة التالية:

$$\vec{B} = \frac{2\vec{i}}{r}$$

حيث إن (B) شدة المجال المغنطيسي بالملي جاوس، و(i) شدة التيار المتردد بالأمبير، و(r) المسافة العمودية بين السلك و نافذة الجهاز بالمتر.

وحيث إن القراءة بالأجهزة المستخدمة تعطى بوحدة الملي جاوس، ويتم تحويلها للنظام الدولي للوحدات المعمول به في هذا البحث.

طريقة القياس

١- عندما يمكن الوصول إلى الكيابل أو الأسلاك يمكن معرفة أنها مصدر تلوث بقياس.

صافي التيار الاتجاهي للمجموعة (Net current) باستخدام أميتر حثي (Clamp-meter)، فإن كانت القراءة أكبر من الصفر، دل ذلك على وجود خطأ فني مرتكب، وتبعاً لذلك يوجد تلوث إشعاعي، يلي ذلك قياس مباشر باستخدام الأجهزة المذكورة مباشرة.

٢- في حالة عدم التمكن من الوصول إلى الكيابل أو الأسلاك، وهي الحالة السائدة، فالقياس يتم عن طريق الأجهزة المذكورة، فإن كانت القراءة أكبر من الصفر دل ذلك على وجود خطأ فني مرتكب، وصافي تيار اتجاهي في مكان ما، يكون سببه في معظم الحالات الأخطاء الخمسة المسجلة في هذا البحث.

المناقشة

الجدول ٢ يشمل فقط منطقة التلوث بالمجال المغنطيسي من البناية المعنية، بمعنى أن أي ارتفاع في المجال المغنطيسي بسبب التمديدات الداخلية، يعني أن هناك خطأ فنياً مرتكباَ من الناحية الهندسية، كما أشير إلى ذلك سابقاً، ويعتبر مخالفاً لقواعد التوصيل المعتمدة من هيئات تعمل في هذا المجال مثل إصدارات **International Electrotechnical Commission** (IEC) و **National Electrical Code** (NEC) في قواعد التوصيل، كما سيوضح ذلك في تصحيح الأخطاء. وسبب ارتفاع القراءة المسجلة يعني وجود خطأ فني كبير، وتزداد القراءة كلما اقتربنا لمصدر الأشعاع، بمعنى أنه يمكن تتبع (chasing) المصدر، وأما ضعف القراءة فله عدة مسببات، منها البعد عن مصدر التلوث، أو أن مصدر التلوث ضعيف، و بعبارة أخرى فإن صافي شدة التيار (net current) في مسار التمديد يكون صغيرًا. بعض المناطق داخل البناية تكون بعيدة جداً عن مصدر التلوث، أو لا يوجد بها تمديدات كهربائية، وعندما تكون القراءة أقل من أقل حد يمكن كشفه (below the lower detection limit) بالجهاز المستخدم، عندها نوضح ذلك بكتابة الرقم صفر، وهي لا تعني بالضرورة ذلك.

أما عن حدود التعرض فسوف يناقش ذلك في حالتين منفصلتين:

الحالة الأولى

هي الحالة الأكثر حيطة و هي الأخذ بالمواصفات القياسية السويدية لحدود التعرض أي أن لا يتجاوز التعرض الـ (٢٥٠) نانو تسلا.

لذا فإن معظم البنايات تشير إلى تجاوز الحد الأعلى لحدود التعرض، و كما هو واضح من الجدول ٢، وبالمقارنة مع الوسيط فإن ٦٦,٦٪ من القراءات في منطقة الخطأ أعلى من حدود التعرض المسموح بها.

الحالة الثانية

هي الأخذ بالحدود الصادرة من المنظمة الدولية للحماية من الأشعة غير المؤينة (ICNIRP) **International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection**، وفي هذه الحالة يوجد ثلاث قراءات من جميع القراءات تجاوزت حد التعرض المسموح به، كما أنه لا يوجد حالة واحدة من قراءات الوسيط تتجاوز الحد المسموح به.

و قد أوصت دراسات سابقة[٤] بتبني ما يصدر عن المنظمة ICNIRP من توصيات، ومن حدود للتعرض نظرا للحيثيات التي تم مناقشتها في البحث السابق[٤]، وهي الأسس التي قامت عليها تلك المنظمة في تحديد الخطر الذي قد يلحق بالإنسان جراء تعرضه للأشعة الكهرومغنطيسية وهي الأدلة الأكثر منطقية في نظر الكثير من الباحثين في هذا الحقل، ورغم هذا فمن الافضل أن يؤيد من يأخذ بالحالة الأحوط هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى، فإن كان التلوث حدث بسبب خطأ فني، كما هو الحال في معظم القراءات، فلابد من معالجة الوضع، وبالطبع لا يمكن ذلك إلا بإعادة التسليك على أساس قواعد الـ (NEC) أو (IEC).

الأخطاء المتسببة في التلوث بالمجال المغنطيسي

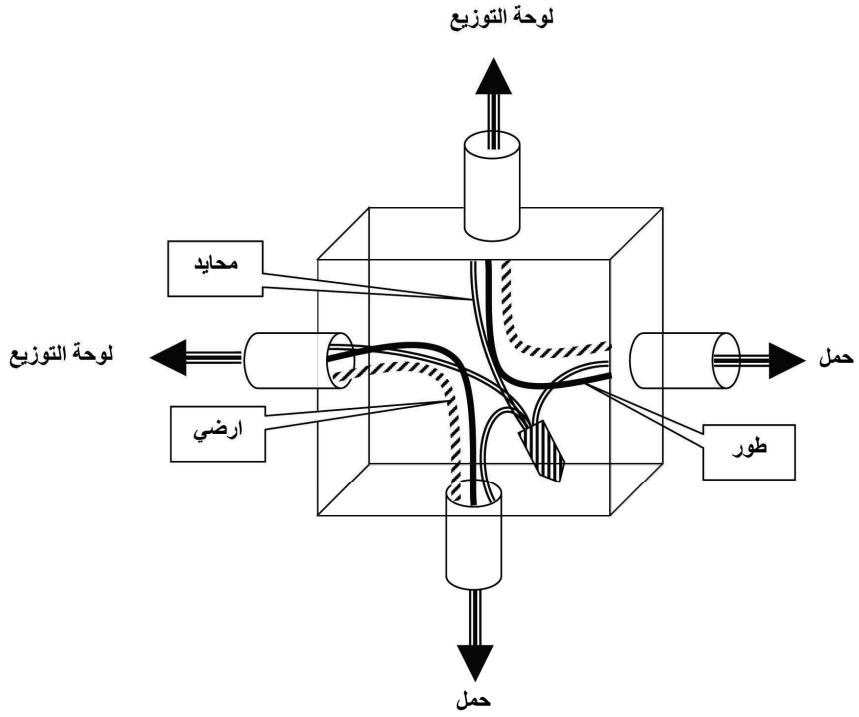
الأخطاء المرتكبة في التمديدات الكهربائية ربما تفوق الوصف، من عدة جوانب مثل عدم صلاحية التأريض إن وجد، وعدم استخدام قواطع الأمان مثل **Residual Current Circuit Breaker** (RCCB)، وعدم الالتزام بالمقابس المعتمدة[٦٨] من هيئة المواصفات بالمملكة، ولعل من أكبر الأسباب لهذه الأخطاء هو النظام المعمول به من شركة الكهرباء باستخدام جهد كهربائي مزدوج (٢٢٠/١٢٧ فولت) يزيد بدوره في صعوبة فهم ما يجب عمله لتجنب الانبعاث الإشعاعي والأخطار الأخرى من حريق وغيره.

الأخطاء الشائعة التي سوف نتناولها هي الأخطاء المسببة للإنبعاث الإشعاعي، وجميعها متضمنة في قواعد الـ (NEC) في الباب الثاني والثالث[١] ومن هذه الأخطاء ما يلي:

١- شبك الدوائر الكهربائية ببعضها: الدائرة الكهربائية الخارجة من لوحة التوزيع الفرعية يجب أن تغلق في نفس لوحة التوزيع ولا تشترك بدائرة أخرى سواءً كانت تلك الدائرة من نفس لوحة التوزيع الفرعية أو من لوحة أخرى.

وفي حالة الرغبة في تكوين دائرة كهربائية جديدة في احد جوانب المبنى من علبة توزيع فيمكن ذلك فقط (بعد دراسة الأحمال) من أن تبتدئ الدائرة الجديدة وتغلق في نفس علبة التوزيع بشرط أن تكون التغذية من دائرة واحدة فقط، ويمكن في حالات معينة حسب الوضع أن يوجد استثناء لهذه الطريقة لشخص له دراية بالقواعد المذكورة.

كشف البحث عن ارتكاب هذا الخطأ في معظم المباني و أغلب صور هذا الخطأ هو ربط المحايد في علب التوزيع لدائرتين أو اكثر بعقدة واحدة، وشكل ١ مثال مبسط لذلك الخطأ.



شكل ١.

عند سؤال أحد فنيي الكهرباء (والذي يعمل في هذا المجال منذ ثلاثين سنة، وقد تدرب على يديه مجموعة كبيرة ممن بدأوا يزاولون نفس المهنة) لماذا تقوم بشبك الدوائر بهذه الطريقة؟ أفاد أن هذه هي الطريقة الصحيحة ومنذ ثلاثين سنة وكل شيء على ما يرام !

هذا الخطأ يتسبب في جعل محصلة التيار الاتجاهية لا تساوي صفرًا في أي نقطة من مسار الدوائر المشتركة في أغلب الحالات، وهذا يعني انتهاكًا لقانون التمديدات الكهربائية (Code) Violation والذي يترتب عليه تلوثًا بالمجال المغنطيسى.

وكمثال مبسط لهذا الخطأ انظر الشكل ١ لعلبة التوزيع:

يلاحظ كيف ربط المحايد لدائرتين مختلفتين بعقدة واحدة، وفي هذه الحالة سوف يكون أعلى انبعاث للمجال المغنطيسي عندما تعمل إحدى الدائرتين بكامل قدرتها، بينما لا يستخدم من حمل الأخرى شيء، الأمر الذي يؤدي إلى أن محصلة التيار في معظم مسارات الدائرتين يكون أكبر ما يمكن.

٢- تغذية الدائرة بالأرضي بدلا من المحايد: يحدث مثل هذا الخطأ في حالة عدم وجود قواطع حماية مثل قواطع الـ(RCCB)، أو ما شابه ذلك، ويكون هذا الوضع خطيرًا لوجود احتمال الصعق الكهربائي تحت ظروف معينة، وبطبيعة الحال كما في الخطأ السابق، سوف يصدر مسار التيار انبعاثاً للمجال المغنطيسي.

٣- على حسب قوانين التمديدات الكهربائية فإنه يوصل المحايد في الأرضي في لوحة القاطع الرئيسي للمنشأة، ولا يكرر ذلك في أي لوحة توزيع أخرى، أو أي لوحة توزيع فرعية. ولذلك فإن قضيب المحايد (Neutral Bus) في أي لوحة توزيع، يجب أن يكون معزولاً عن أي جسم موصّل آخر، لأنه يحمل تيارا كهربائيًا، ويجب أن يغلق الدائرة التي تخصه عند لوحة القاطع الرئيسي، وبطبيعة الحال فيجب عزل كابل أو سلك المحايد عن الأرضي من بعد لوحة القاطع الرئيسي بالمثل، كما يعزل كابل أو سلك أي طور.

ونقطة الإرباك هنا أن فنيي الكهرباء يستدلون بربط المحايد بالأرضي من قبل الشركة، فيكررون العملية في لوحات التوزيع الأخرى أخذًا بالمثل. والحقيقة أن الأمر مختلف تماماً هنا.

عدم إدراك فنيي الكهرباء أهمية عزل المحايد، يؤدي بهم إلى ارتكاب أخطاء في لوحة التوزيع (القواطع)، مثل عدم الحرص على تركيب العازل الذي

يفصل قضيب المحايد عن صندوق لوحة التوزيع، أو استخدام مسامير ربط غير المخصصة، يؤدي إلى توصيل قضيب المحايد بصندوق لوحة التوزيع، وحيث أن الصندوق المعدنى بطبيعة الحال مؤرّض، وبذلك يصل تيار المحايد للأرضي. إذا حدث ذلك فإنه على طول مسار الكبل سوف يصدر مجالا مغنطيسياً عاليا جداً حتى وصوله إلى لوحة القاطع الرئيسي للمبنى.

كل هذه الأخطاء شوهدت في المباني التي تم فحصها، وبعض هذه المباني احتوت على جميع الأخطاء المذكورة.

٤- استخدام كابلات مفردة تفصل بينهما مسافة معينة: كلما زادت المسافة التي تفصل بين الكابلات أو الأسلاك المغذية لدائرة معينة زاد انتشار المجال المغنطيسي، وخصوصًا عندما يكون التيار كبيرًا كما هو في كابلات التغذية الرئيسة.

٥- دائرة المفتاح الثلاثي: كثيراً ما يرتكب أخطاء في دائرة المفتاح الثلاثي، والذي يستخدم عادةً للإضاءة والتحكم بها من مكانين مختلفين، مثل إضاءة الدرج أو القاعات التي لها مدخلين والممرات الطويلة. الأخطاء التي رصدت يمكن توضيحها بالمثال في الشكل ٢.

ويجب ملاحظة أن المبالغة في إبعاد الأسلاك عن بعضها في الرسم، إنما هو للتوضيح، وكذلك رسم آلية عمل المفتاح الثلاثي مكبرة للتوضيح أيضا.

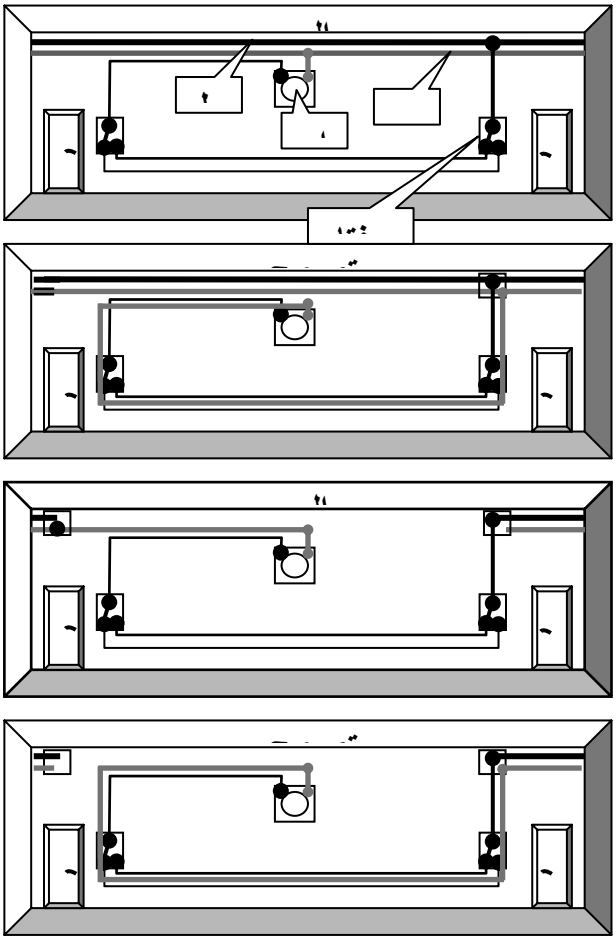
خطأ الوضع الأول

تغذية دائرة الإضاءة من مكانين مختلفين من دائرة كهربائية واحدة، مما يولد مجالاً مغنطيسيًا على طول مسار الدائرة. ويوضح الشكل الذي يليه الطريقة الصحيحة التي يجب اتباعها.

خطأ الوضع الثاني

الوضع الثاني يمثل خطأ مركباً، وسوف ينشئ نوعان من التلـــوث، تلـــوث بالمجال المغنطيسي في دائرة الإضاءة، كما هي الحال في الخطأ الأول، وينـــشأ تلوث آخر بالمجال المغنطيسي في الدائرتين مصدر التغذية، مما يـــؤدي إلـــى انتشار مجال مغنطيسي برقعة واسعة من المبنى تتجاوز موقع الدائرة الخطأ.

والرسم الأخير يوضح الوضع الصحيح (شكل ٢).



الشكل ٢. الاخطاء في دائرة المفتاح الثلاثي.

وأخيراً يمكن اختصار ما ذكر بأن أي مسار لمجموعة من الأسلاك في أي مكان، يجب أن تكون محصّلة التيار الاتجاهية مساوية للصفر، فإن لم يكن كذلك، فإن هناك خطأ مرتكبًا، وبطبيعة الحال، فإن هناك انبعاث للمجال المغنطيسي.

الرموز المستخدمة للمواقع (المباني) A, B, C كان الغرض منها تصنيف المباني القديمة والحديثة، لمقارنة مدى التقدم في هذا المجال، ولكن الجدول٢ يوضح أن لا تطور في هذا الخصوص.

ولتوضيح أكبر لحجم المشكلة، فالموقع C1 و C2 عبارة عن وحدتين سكنيتين في مجموعة من ٣٥ بناية، كل بناية تحتوي على ٢٤ وحدة سكنية، أي أن كل المجمع بحاجة إلى إعادة نظر في التمديدات الداخلية له.

الموقع C6 أعيد عمل التمديدات وفق قواعد الـ (NEC)، واختفى المجال المغنطيسي، أي أنه أصبح أقل من أقل ما يمكن للجهاز كشفه.

التوصيات

١- للخروج من الأخطاء الكهربائية التي تعم معظم المباني لابد من عمل مراجعة شاملة للوضع الحالي، تشمل جميع الأخطاء لتصحيح الوضع.
٢- العمل على سرعة تطبيق الجهد الدولي (٢٣٠ فولت)، لكي لا نحتاج لإعادة تصحيح مرة أخرى.
٣- فرض نوع واحد من المقابس (وهو ما تم اعتماده في الهيئة السعودية للمواصفات) وأيدته دراسة ميدانية أخرى[٦٨].
٤- إعداد كتيب مبسط باللغة العربية مدعوم بالرسومات يشمل المواصفات المهمة والتي تكفي لتغطية وحدة سكنية واحدة (وفيه توزيع الأحمال، ودائرة

التأريض، وقاطع أو قواطع الحماية، والوضع الصحيح للوحـــات التوزيـــع الرئيسية والفرعية، وطرق التمديد الصحيحة و الخاطئة).

٥- تشجيع عمل دورات لفنيي الكهرباء.

المراجـــع

[١] **National Electrical Code (NEC),** *Handbook*, developed by National Electrical Code Committee of National Fire Protection Association **(NFPA)**, USA, (2002).

[٢] **Groupe Schneider,** *Electrical Installation Guide According To International Electrotechnical Commission (IEC) Standards*, France, (1996).

[٣] **International Code Council Electrical Code (ICC)**, Administrative Provisions contains administrative text necessary to administer and enforce the 2002 National Electrical Code ® and complies with electrical provisions contained in the other International Codes.USA, (2003).

[٤] **الراجحي، محمد عبدالله،** تقييم مخاطر الأشعة الكهرومغنطيسية غيـــر المؤينـــة ذات التردد الضعيف جداً ELF الصادرة من التيارات الكهربائيـــة ٥٠/٦٠ هرتـــز والآثار الحيوية السلبية لها والمنظمات المشرعة لحدود التعرض، جامعة الملـــك عبدالعزيز، *مجلة العلوم*، ١٨ (١٤٢٦هـــ).

[٥] **Ahlbom, A.** and **Feychting, M.,** Electromagnetic radiation, *Brit Med Bull* **68:** 157-165, (2003).

[٦] **Swedish National Board for Electrical Safety,** *Revised Assessment of Magnetic Fields and Health Hazards*, Stockholm, (1993).

[٧] **Science Advisory Board. Potential Carcinogenicity of Electric and Magnetic Fields** EPA SAB-RAC-92-013. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C, (1992).

[٨] **Peach, H.G., Bonwick, W.J., Scanlan, R.** and **Wyse, T.,** *Report of the Panel on Electromagnetic Fields and Health to the Victorian Government.* Minister of Health, Melbourne, Australia (1992).

[٩] **Oak Ridge Associated Universities Panel,** *Health Effects of Low Frequency Electric and Magnetic Fields,* ORAU 92/F8. Prepared for the Committee on Interagency Radiation Research and Policy Coordination. U.S. Government Printing Office: GPO 029-000-00443-9, (1992).

[١٠] **Expert Group of the Danish Ministry of Health on Non-Ionizing Radiation,** *Report on the Risk of Cancer in Children with Homes Exposed to 50Hz Magnetic Fields from High Voltage Installations,* Danish Ministry of Health, Copenhagen, (1993).

[١١] **Advisory Group on Non-Ionizing Radiation,** *Electromagnetic Fields and Cancer* **3(1),** National Radiological Protection Board. Chilton, Didcot, Oxon, U.K., (1992).

[١٢] **Fedrowitz, M., Kamino, K.** and **Loscher, W.,** Significant differences in the effects of magnetic field exposure on 7, 12-dimethylbenz(a) anthracene-induced mammary carcinogenesis in two substrains of Sprague-Dawley rats, *Cancer Res.,* **64:** 243-251, (2004).

[١٣] **Lai, H.** and **Singh, N.P.,** *Magnetic Field-Induced DNA Strand Breaks in Brain Cells of the Rat,* Environ Health Perspect On Line 26-Jan, (2004).

[١٤] **Feychting, M., Jonsson, F., Pedersen, N.L.** and **Ahlbom, A.,** Occupational magnetic field exposure and neurodegenerative disease, *Epidemiology*, **14:** 413-419, (2003).

[١٥] **Hakansson, N., Gustavsson, P., Johansen, C.** and **Floderus, B.,** Neurodegenerative diseases in welders and other workers exposed to high levels of magnetic fields, *Epidemiology*, **14:** 420-426, (2003).

[١٦] **Harmanci, H., Emre, M., Gurvit, H., Bilgic, B., Hanagasi, H.** and **Gurol, E.,** Risk factors for Alzheimer disease, a population based case-control study in Istanbul, Turkey, *Alzheimer Dis Assoc Disord*, **17:** 139-145, (2003).

[١٧] **Tynes, T., Klæboe, L.** and **Haldorsen, T.,** Residential and occupational exposure to 50Hz magnetic fields and malignant melanoma, a population based study, *Occupational and Environmental Medicine*, **60:** 343-347, (2003).

[١٨] **Charles, L.E., Loomis, D., Shy, C.M., Newman, B., Millikan, R., Nylander-French, L.A.** and **Couper, D.,** Electromagnetic fields, polychlorinated biphenyls, and prostate cancer mortality in electric utility workers, *Am. J. Epid.,* **157**:683-691, (2003).

[١٩] **Pirozzoli, M., C., Marino, C., Lovisolo, G.A, Laconi, C., Mosiello, L.** and **Negroni, A.,** Effects of 50Hz electromagnetic field exposure on apoptosis and differentiation in a neuroblastoma cell line, *Bioelectromag*, **24**:510-516, 2003.

[٢٠] **Zhu, K., Hunter, S., Payne-Wilks, K., Roland, C.L.** and **Forbes, D.S.,** Use of electric bedding devices and risk of breast cancer in African- American women, *Am. J. Epid.,* **158:** 798-806, 2003.

[٢١] **Wertheimer, N.** and **Leeper, E.,** Electrical wiring configurations and childhood cancer, *Am. J. Epid.,* **109:** 273-284, 1979.

[٢٢] **Fulton, J. P., Cobb, S., Preble, L., Leone, L.** and **Forman, E.,** Electrical wiring configurations and childhood leukemia in Rhode Island, *Am. J. Epid.,* **111:** 292-296, 1980.

[٢٣] **Tomenius, L.,** 50Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm County, *Bioelectromag,* **7:** 191-207, 1986.

[٢٤] **Savitz, D.A.** and **Wachtel, H.,** Case-control study of childhood cancer and exposure to 60 Hz magnetic fields, *Am. J. Epid.,* **128:** 21-38, 1988.

[٢٥] **London, S.J., Thomas, D.C., Bowman, J.D., Sobel, E., Cheng, T.C.** and **Peters, J.M.,** Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia, *Am. J. Epid.,* **134:** 923-937, 1991.

[٢٦] **Myers, A., Clayden, A., Carwright, R.** and **Cartwright, S.,** Childhood cancer and overhead power lines, a case-control study, *Brit. J. Cancer*, **62:** 1008-1014, 1990.

[٢٧] **Coleman, M.P., Bell, C., Taylor, H.** and **Primic-Zakelj M.,** Leukemia and residence near electricity transmission equipment, a case-control study, *Brit. J. Cancer*, **60:** 793-798, 1989.

[٢٨] **Goheen, S.C., Gaither, K., Anantatmula, S.M., Mong, G.M., Sasser, L.B.** and **Battelle, D.L.,** Corona discharge influences ozone concentration near rats, *Bioelectromag*, 25: 107-113, 2004.

[٢٩] **Feychting, M.** and **Ahlbom, A.,** Magnetic Fields and Cancer in Children Residing near Swedish High Voltage Power Lines, *Am. J. Epid.,* **138:** 467-481, 1993.

[٣٠] **Verkasalo, P.K., Pukkala, E.** and **Hongisto, M.Y.,** Risk of cancer in Finnish children living close to power lines, *Brit. Medical J.,* **307:** 895-899, 1993.

[٣١] **Ahlbom, A., Feychting, M., Koskenvuo, M., Olsen, J.H., Pukkala, E., Schulgen, G.** and **Verkasalo, P.,** Electromagnetic Field and Childhood cancer, *Lancet*, **342:** 1295-1296, 1993.

[٣٢] **Petridou, E., Kassimos, D., Kalmanti, M., Kosmidou, H., Haidas. S., Flytzani, V., Tong, D.** and **Trichopoulos, D.,** Age of Exposure to Infections and Risk of Childhood Leukaemia, *Brit. Medical J.,* **307:** 774, 1993.

[٣٣] **Green, L.M., Miller, A.B.** and **Agnew, D.A.,** Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, *Canada. Cancer Causes Control,* **10:** 233-243, 1999.

[٣٤] **Olsen, J.H., Nielsen, A.** and **Schulgen, G.,** Residence near high voltage facilities and risk of cancer in children, *Brit. Medical J.,* **307:** 891-895, 1993.

[٣٥] **Feychting, M.** and **Ahlbom, A.,** Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high voltage Power Lines, *Am. J. Epid.,* **7:** 467-481, 1993.

[٣٦] **Linet, M.S., Hatch, E.E., Kleinerman, R.A., Robison, L.L., Kaune, W.T., Friedman D.R., Severson, R.K., Haines, C.M., Hartsock, C.T., Niwa, S., Wacholder, S.** and **Tarone, R.E.,** Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children, *New England J of Medicine,* **337:** 1-7, 1997.

[٣٧] **McBride, M.L., Gallagher, R.P.** and **Theriault. G.,** Power frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia in Canada, *Am. J Epid.,* **149:** 831-842, 1999.

[٣٨] **Feychting, M.** and **Ahlbom, A.,** *Magnetic Fields and Cancer in People Residing near Swedish High Voltage Power Lines*, Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institute, Stockholm, 1992.

[٣٩] **Hakansson, N., Gustavsson, P., Sastre, A.** and **Floderus, B.,** Occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and mortality from cardiovascular disease. *Am. J. Epid.,* **158:** 534-542, 2003.

[٤٠] **Phillips, R.D.,** Biological effects of electrical fields on miniature pigs. *Proceedings of the Fourth Workshop of the US/USSR Scientific Exchange Program on Physical Factors in the Environment, June, 21-24,* 1983.

[٤١] **Phillips, R.D.,** Biological effects of 60Hz electric fields on small and large animals. In: Biological effects of static and low frequency electromagnetic fields. *Proceedings of the US/USSR Scientific Exchange Program on Physical Factors Symposium, Kiev, USSR, May 4-8, 1981.*

[٤٢] **Rommereirn, D.N.** and **KAUNE, W.T.,** Reproductive and teratologic evaluation in rats chronically exposed at multiple strengths of 60Hz electric fields. *Abstracts of 10th Annual Meeting of the Bioelectromagnetics Society, June 19-23, 1988.*

[٤٣] **Heredia-Rojas, J.A., Caballero-Hernandez, D.E., Rodriguez-de la Fuente, A.O., Ramos-Alfano, G.** and **Rodriguez-Flores, L.E.,** Lack of alterations on meiotic chromosomes and morphological characteristics of male germ cells in mice exposed to a 60Hz and 2.0 mT magnetic field, *Bioelectromag*, **25:** 63-68, 2004.

[٤٤] **Stronati, L., Testa, A., Villani, P., Marino, C., Lovisolo, G.A., Conti, D., Russo, F., Fresegna, A.M. and Cordelli, E.,** Absence of genotoxicity in human blood cells exposed to 50Hz magnetic fields as assessed by comet assay, chromosome aberration, micronucleus and sister chromatic exchange analyses, *Bioelectromag*, **25:** 41-48, 2004.

[٤٥] **Selmaoui, B., Aymard, N., Lambrozo, J.** and **Touitou, Y.,** Evaluation of the nocturnal levels of urinary biogenic amines in men exposed overnight to 50Hz magnetic field, *Life. Sci.,* **73:** 3073-3082, 2003.

[٤٦] **Touitou, Y., Lambrozo, J., Camus, F.** and **Charbuy, H.,** Magnetic fields and the melatonin hypothesis, a study of workers chronically exposed to 50Hz magnetic fields, *Am. J. Physiology,* **284:** R1529-R1535, 2003.

[٤٧] **Warman, G.R., Tripp, H., Warman, V.L.** and **Arendt, J.,** Acute exposure to circularly polarized 50Hz magnetic fields of 200-300 mT does not affect the pattern of melatonin secretion in young men, *J. Clin Endocrin Metab*, **88:** 5668-5673, 2003.

[٤٨] **Kurokawa, Y., Nitta, H., Imai, H.** and **Kabuto, M**., Acute exposure to 50Hz magnetic fields with harmonics and transient components, lack of effects on nighttime hormonal secretion in men, *Bioelectromag,* **24:** 12-20, 2003.

[٤٩] **Kurokawa, Y., Nitta, H., Imai, H.** and **Kabuto, M.**, Can extremely low frequency alternating magnetic fields modulate heart rate or its variability in humans? *Auton Neurosci-Basic Clin*, **105:** 53-61, 2003.

[٥٠] **Schoenfeld, E.R., O'Leary, E.S., Henderson, K., Grimson, R., Kabat, G.C., Ahnn, S.** and **Kaune, W.T.,** Electromagnetic fields and breast cancer on Long Island, A case-control study, *Am. J Epid.,* **158:** 47-58, 2003.

[٥١] **Chung, M.K., Kim, J.C., Myung, S.H.** and **Lee, D.I.,** Developmental toxicity evaluation of ELF magnetic fields in Sprague-Dawley rats, *Bioelectromag,* **24:** 231-240, 2003.

[٥٢] **McLean, J.R., Thansandote, A., McNamee, J.P., Tryphonas, L., Lecuyer, D.** and **Gajda, G.,** A 60Hz magnetic field does not affect the incidence of squamous cell carcinomas in SENCAR mice, *Bioelectromag,* **24:** 75-81, 2003.

[٥٣] **Nakasono, S., Laramee, C., Saiki, H.** and **McLeod, K.J.,** Effect of power frequency magnetic fields on genome-scale gene expression in *Saccharomyces cerevisiae*, *Rad. Res.,* **160:** 25-37, 2003.

[٥٤] **Santini, M.T., Rainaldi, G., Ferrante, A., Indovina, P.L., Vecchia, P.** and **Donelli, G.,** Effects of a 50Hz sinusoidal magnetic field on cell adhesion molecule expression in two human osteosarcoma cell lines (MG-63 and Saos-2), *Bioelectromag,* **24:** 327-338, 2003.

[٥٥] **Cho, Y.H.** and **Chung, H.W.,** The effect of extremely low frequency electromagnetic Fields (ELF-EMF) on the frequency of micronuclei and sister chromatid exchange in human lymphocytes induced by benzo(a) pyrene, *Toxicol Let,* **143:** 37-44, 2003.

[٥٦] **Verheyen, G.R., Pauwels, G., Verschaeve, L.** and **Schoeters, G.,** Effect of coexposure to 50Hz magnetic fields and an aneugen on human lymphocytes, determined by the cytokinesis block micronucleus assay, *Bioelectromag*, **24:** 160-164, 2003.

[٥٧] **Ikeda, K., Shinmura, Y., Mizoe, H., Yoshizawa, H.,Yoshida, A., Kanao, S., Sumitani, H., Hasebe, S., Motomura, T., Yamakawa, T., Mizuno, F., Otaka, Y.** and **Hirose, H.,** No effects of extremely low frequency magnetic fields found on cytotoxic activities and cytokine production of human peripheral blood mononuclear cells *in vitro*, *Bioelectromag,* **24:** 21-31, 2003.

[٥٨] **Ahlbom, A., Albert, E.N., Fraser-Smith, A.C., Grodzinsky, A.J., Marron, M.T., Martin, A.O., Persinger, M.A., Shelanski, M.L.** and **Wolpow, E.R. Biological Effects of Power Line Fields.** In: *New York State Power Lines Project*, Scientific Advisory Panel Final Report, New York, 67-87, 1987.

[٥٩] **London, S.J., Pogoda, J.M., Hwang, K.L., Langholz, B., Monroe, K.R., Kolonel. L.N., Kaune, W.T., Peters, J.M.** and **Henderson, B.E.,** Residential magnetic field exposure and breast cancer risk, a nested case-control study from a multiethnic cohort in Los Angeles County, California, *Am. J. Epid.,* **158:** 969-980, 2003.

[٦٠] **Willett, E.V., Mckinney, P.A., Fear, N.T., Cartwright, R.A.** and **Roman, E.,** Occupational exposure to electromagnetic fields and acute leukaemia, analysis of a case-control study, *Occupational and Environmental Medicine,* **60:** 577-583, 2003.

[٦١] **Kabat, G.C., O'Leary, E.S.** and **Schoenfeld, E.R.,** Electric blanket use and breast cancer on Long Island, *Epidemiology*, **14:** 514-520, 2003.

[٦٢] **Bonnell, J.A., Broadbent, D.E., Lee, W.R., Male, J.C., Norris, W.T.** and **Stollery, B.T.,** Research on biological effects of power frequency fields. *Proceedings of the International Conference on Large High voltage Electric Systems, Paris,* Paper 36-08. August 27 – September 4 1986.

[٦٣] **الراجحي، محمد عبدالله،** كثافة الفيض المغناطيسي الصادر من خطوط الضغط العالي في مدينة الرياض والمسافة الآمنة، *المؤتمر التقني السعودي الثالث، الجزء الرابع، الرياض* (١٤٢٥هـ).

[٦٤] **الراجحي، محمد عبدالله،** شدة المجال الكهربائي الصادر من خطوط الضغط العالي في مدينة الرياض والمسافة الآمنة، *المؤتمر التقني السعودي الثالث، الجزء الرابع، الرياض* (١٤٢٥هـ).

[٦٥] **الراجحي، محمد عبدالله، والشايب، سعد محمد،** بحث في حدود التعرض الاشعة فوق البنفسجية للاطوال الموجية (180-400nM) والمنظمات المشرعة لها، *المؤتمر التقني السعودي الثالث، الرياض* (١٤٢٥هـ).

[٦٦] **الراجحي، محمد عبدالله، والقعود، أحمد محمد،** امكانية توحيد الجهد (١٢٧-٢٢٠ فولت) في منطقة الرياض وجميع مناطق المملكة، *المؤتمر التقني السعودي الثاني، الجزء الثاني، الرياض* (١٤٢٣هـ).

[٦٧] **الراجحي، محمد، عبدالله،** توحيد الجهد الكهربائي في المملكة العربية السعودية بدون تكاليف، (ندوة) *ازدواج الجهد في المملكة والآثار الناتجة عنه وطرق حلها، الهيئة العربية السعودية للمواصفات و المقاييس الرياض* (١٤٢٤/١١/٢١هـ).

[٦٨] **القعود، أحمد محمد، والراجحي، محمد عبدالله،** توحيد المقابس بالمملكة العربية السعودية، *المؤتمر التقني السعودي الثاني، الجزء الثاني، الرياض* (١٤٢٣هـ).

Magnetic Field Irradiative Pollutions due to Technical Faults in the Internal Electrical Wiring in Buildings

Mohammad A. Al-Rajhi
Riyadh Technical College, Riyadh, Saudi Arabia
E mail: Rajhi2000@hotmail.com

Abstract. Faults of internal building wiring are the major source of magnetic field. In this study, 24 sites in Riyadh were studied including residential and office areas. It has shown five common technical faults that caused magnetic field contamination. These faults also increased international permissible limits of magnetic field exposure. Among recorded readings is 200,000 nT which is much higher than permissible limit recommended by ICNIRP. Although Saudi Arabia witnessed a huge development during the last three decades, this study proved that there are no advanced procedures or considerable interest to improve the qualification of concern technicians. Finally, the study presented reliable techniques that manipulate and overcome such technical faults.