مجلة جامعة الملك سعود، م ١٤، العلوم الهندسية (٢)، ص ١-١٨، الرياض (١٤٢٢هـ/٢٠٠٢م)

شدة المجالات الكهرومغناطيسية بالقرب من المحولات والمعدات الثقيلة وخطوط نقل الطاقة الكهربائية

زياد بن عثمان الحقيل

قسم الهندسة الكهربائية، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود، ص.ب. ٨٠٠، الرياض ١١٤٢١، المملكة العربية السعودية

بريد إلكتروني: zeyad @ ksu.edu.sa

(قدّم للنشر في ١٣/٠٩/٢٠٠٠م، وقبل للنشر في ١٣/٠١/٢٠٠١م)

ملخص البحث. تم في هذا البحث عمل قياسات ميدانية في بعض الأحياء السكنية لشدة المجالات الكهربائية والمغناطيسية الصادرة عن محولات خفض الجهد وبعض الآلات الثقيلة وخطوط نقل الطاقة ذات الجهد العالي. وذلك بغرض التعرف على مستوى السلامة للساكنين أو العاملين بالقرب من هذه المصادر. وأشارت نتائج القياسات إلى أن محولات خفض الجهد في الأحياء أو المجمعات السكنية يمكن أن تتسبب في تعرض السكان المجاورين لها، وهم داخل منازلهم، إلى مجالات مغناطيسية تقارب ١٠ ملي جاوس. كما وجد أن شدة المجال المغناطيسي في إحدى القاعات التعليمية المجاورة لمحول كهربائي تجاوزت ٩٠ ملي جاوس. وتراوحت شدة المجال المغناطيسي الصادر عن الآلات الثقيلة ما بين ١,٧٣ ملي جاوس و ١١٢,٥ ملي جاوس. كما أن شدة المجال المغناطيسي والكهربائي الصادرين عن بعض خطوط نقل الطاقة ذات الجهد العالي بلغ قرابة ٤ ملي جاوس و٤٥٠ فولت/متر على التوالي على بعد ٧٠ متر من الخط. ومع أنه لا توجد أدلة على ضرر هذه المجالات إلا أنه ينبغي التقليل من التعرض لها والتحقق الدوري من مستواها من باب الاحتياط.

مقدمة

صاحب التقدم التقني الذي شهده العالم في العقود الأخيرة اعتمادا كبيرا على الأجهزة الكهربائية. وأصبح سكان المجتمعات الحديثة معرضون دائما لمجالات كهرومغناطيسية منبعثة من تلك الأجهزة وما يتعلق بها من توصيلات ونظم لنقل الطاقة الكهربائية. وبمرور الزمن على استخدام الطاقة الكهربائية في الأغراض المتعددة تراكمت لدى الباحثين خبرات ومعلومات عن بعض الآثار للمجالات الكهرومغناطيسية على الإنسان وعلى البيئة المحيطة به. وأدى ذلك بطبيعة الحال إلى تزايد اهتمام الباحثين والعامة بالآثار والأضرار التي يمكن أن تنتج عن تعرض الإنسان للمجالات الكهربائية والمغناطيسية.

ويعنى هذا البحث بدراسة شدة المجالات الكهرومغناطيسية في ترددات الطاقة التي يمكن أن يتعرض لها الناس في مساكنهم أو أماكن عملهم. وعلى وجه التحديد، المجالات الصادرة عن محولات خفض الجهد وخطوط نقل الطاقة ذات الجهد العالي حيث إنها تصنف في مقدمة مصادر تلك المجالات. ذلك بالإضافة إلى المجالات الصادرة عن التوصيلات المنزلية وبعض الآلات الثقيلة. وتبرز فائدة مثل هذه القياسات في ظل عدم وجود أي مقاييس أو توصيات معتبرة في المملكة العربية السعودية وفي ظل غياب اهتمام الجهات المحلية بمثل هذه القياسات سواء لأغراض السلامة العامة أو للتوثيق المرجعي.

ونقدم فيما يلي خلفية عن آثار المجالات الكهربائية والمغناطيسية على جسم الإنسان، في ترددات أنظمة الطاقة على وجه الخصوص. يلي ذلك عرض لخصائص الجهاز المستخدم في القياسات ومن ثم عرض للقياسات ونتائجها ويتبع ذلك خلاصة البحث.

آثار المجالات الكهرومغناطيسية

من الممكن تقسيم الآثار الناتجة عن التعرض للمجالات الكهرومغناطيسية على أنها آثار حرارية أو آثار غير حرارية [١-٣] إذ إن تعرض جسم الإنسان أو جزء منه لتلك المجالات قد يتسبب في انبعاث حرارة داخل الجسم، نتيجة لامتصاص الطاقة الكهرومغناطيسية. ويختلف امتصاص الكائنات الحية للطاقة الكهرومغناطيسية باختلاف أحجامها كما يعتمد على تردد المجالات أو الموجات الكهرومغناطيسية. وأمكن رصد الأثر

الحراري وفهم أسبابه، كما وضعت أساليب لمنع حدوثه. ولكن الأثر غير الحراري لا يزال قيد البحث والدراسة، ويكتنفه العديد من الأسئلة والغموض وأمكن رصده إحصائيا ومعمليا [٢، ٤]. والجدير بالذكر أن تفاعل المجالات الكهربائية والمغناطيسية في الترددات شديدة الانخفاض مع الجسم الحي يمكن أن يتم عن طريق: (١) الحث الذي يتسبب في نشوء تيار كهربائي ضعيف داخل الجسم، (٢) في تشكيل استقطاب من الشحنات الموجودة داخل الخلايا أو الأنسجة، (٣) التأثير على اتجاه الاستقطاب في حال وجوده أصلا.

وقد حاز الأثر غير الحراري للمجالات الكهربائية والمغناطيسية المنبعثة من خطوط نقل الطاقة ومحولات خفض الجهد والتوصيلات المرتبطة بها اهتمام العديد من الباحثين. وأشارت عدة دراسات حديثة إلى احتمال وجود علاقة بين تعرض جسم الإنسان لتلك المجالات والإصابة بمرض السرطان. فقد دلّت إحدى الدراسات [٢] على زيادة نسبة الإصابة بأورام الدماغ عند المهندسين الكهربائيين وعند عمّال الصيانة في شركات الكهرباء. وقد رُبط ذلك بشدة التعرض للموجات الكهرومغناطيسية. كما أشير أيضا إلى انخفاض متوسط أعمار العاملين في تلك التخصصات. وقد أشارت دراسات أخرى إلى وجود ارتباط بين المجال المغناطيسي والإصابة بمرض السرطان عند الأطفال والكبار أيضا. فقد لاحظت دراسة أقيمت في ولاية كلورادو الأمريكية [٥، ٦] أن هناك ارتباط إحصائي بين بعض حالات الإصابة بالسرطان وبين طبيعة شبكة توزيع الكهرباء بالقرب من منازل المصابين. وانتهت الدراسة إلى الربط بين حالات الإصابة بالمرض وبين شدة المجال المغناطيسي في تلك المنازل. وأشارت إلى ذلك أيضا دراسة أقيمت في ولاية كاليفورنيا الأمريكية [٧]. كما بحثت عدّة دراسات مسألة زيادة احتمال الإصابة بأحد أنواع مرض السرطان [٨-١٠] في المجتمعات التي تقطن بالقرب من خطوط نقل الكهرباء. وخلصت بعض تلك الدراسات إلى تأكيد زيادة ذلك الاحتمال بنسب متفاوتة.

وفي المقابل هناك العديد من الأبحاث التي لا ترى وجود أدلّة كافية لتأكيد صحة الإدّعاء بأن تلك المجالات الكهرومغناطيسية الضعيفة تتسبب في إحداث ضرر للإنسان [١١-١٣]. وتشير هذه الأبحاث إلى بعض التناقض و النقص الموجودين في الدراسات

السابقة، وخاصة الإحصائية منها، حيث لم يتم تكرارها. وإلى أن الزيادة في احتمال الإصابة كانت قليلة جدا وتقع ضمن نطاق الأخطاء الإحصائية. ويرى بعض الباحثين في هذه الدراسات أن فهم العلاقة بين زيادة احتمال الإصابة بمرض السرطان والتعرض لتلك المجالات الكهرومغناطيسية يتطلب إجراء المزيد من البحث والتحري للإجابة على كثير من الأسئلة المعلقة في هذا الشأن. وذهب تقرير [١٤] صدر مؤخرا إلى المناداة بإيقاف تمويل الأبحاث المتعلقة بتأثير المجالات الكهرومغناطيسية عند الترددات المنخفضة وتوجيه التمويل إلى أبحاث أكثر أهمية، وذلك بعد مراجعة العديد من الأبحاث في هذا المجال دون العثور على ما يؤيد وجود ضرر على الإنسان من المجالات الكهرومغناطيسية في الترددات المنخفضة جدا.

وتجدر الإشارة إلى أن غالب المقاييس المعتمدة من الهيئات المختصة لم تبين الحد الأعلى لشدة المجالات الكهرومغناطيسية عند الترددات شديدة الانخفاض. فعلى سبيل المثال، فإن ٣ كيلوهيرتز هي بداية عمل المقاييس التي اعتمدتها جمعية مهندسي الكهرباء والإلكترونيات (IEEE) بالاشتراك مع المعهد الأمريكي الوطني للمواصفات (ANSI) وأصبحت تعرف بـ (ANSI/IEEE C95.1 1992)، وهي تمتد حتى ٣٠٠ جيجاهيرتز [١٥]. وهي مقاييس تعنى بمنع حدوث الأثر الحراري والذي يستبعد حدوثه عند الترددات شديدة الانخفاض. إلا أن الهيئة الدولية للحماية من الإشعاع [٧] شملت في توصياتها الترددات من صفر وحتى ٣٠٠ جيجاهيرتز. وقد ورد فيها أن الحد الأعلى لتعرض العامة للمجال الكهربائي عند تردد ٦٠ هيرتز هو ٤١٦٦,٦٦ فولت/متر، والحد الأعلى لتعرض العامة للمجال المغناطيسي في نفس التردد هو٨٣٣,٢٥ ملي جاوس. ويحسن هنا التأكيد على أن هذا المقياس أيضا مبني على منع حدوث الأثر الحراري وهو ما يفسر هذه الحدود المرتفعة نسبيا. كما وضعت بعض الولايات الأمريكية قيودا على المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي الصادرين عن خطوط نقل الطاقة. وتراوحت تلك القيود بين ١ و ١٠ كيلوفولت/متر للمجال الكهربائي، و١٥٠ و٢٥٠ ملي جاوس للمجال المغناطيسي، وذلك عند طرف حق الطريق (right of way) الخاص بخطوط نقل الطاقة [٨].

الجهاز المستخدم في القياس

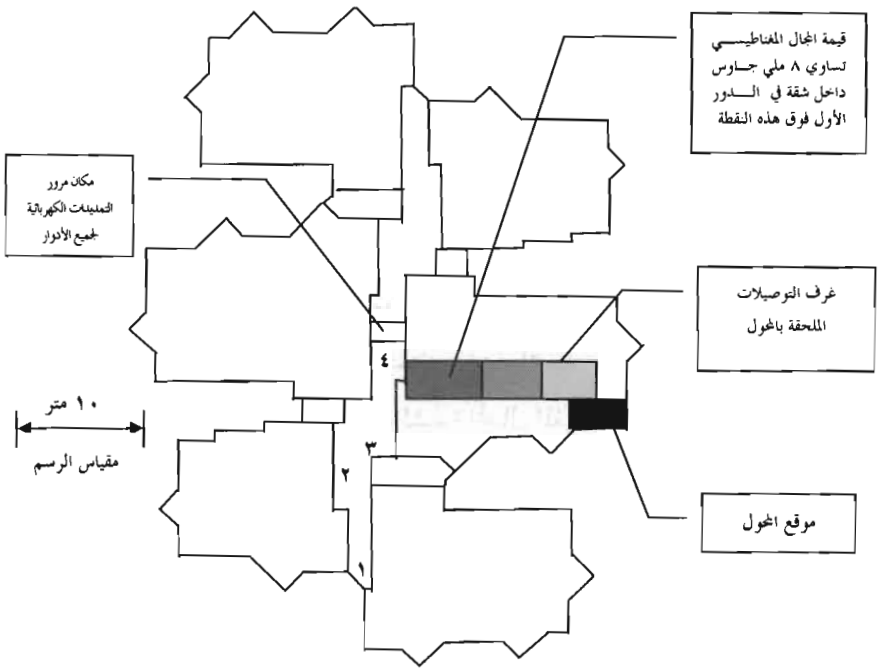
تم استخدام جهاز قياس المجالات الكهرومغناطيسية في الترددات شديدة الانخفاض طراز Holaday Industries HI-3604 و يختص هذا الجهاز بقياس المجالات الكهربية والمغناطيسية المنبعثة من خطوط النقل الكهربي والمعدات التي تعمل عند تردد ٥٠/٦٠ هيرتز. ويعرض الجهاز شدة المجال بطريقة رقمية مباشرة، مع إمكانية القياس عن بعد باستخدام الألياف الضوئية. وللجهاز مسباران أحدهما لقياس المجال الكهربي وهو عبارة عن قرص يعمل بواسطة تيار الزحزحة، والآخر لقياس المجال المغناطيسي وهو عبارة عن ملف مكون من ٤٠٠ لفة معزولة كهربيا. ويتراوح مدى القياس من ١ فولت/متر إلى ١٩٩ كيلوفولت/متر للمجال الكهربي و ٠,١ ملي جاوس إلى ٢٠ جاوس للمجال المغناطيسي. ويعمل الجهاز بمدى ترددات من ٣٠ إلى ١٥٠٠ هيرتز للمجال الكهربائي و من ٣٠ إلى ١٠٠٠ هيرتز للمجال المغناطيسي. وقد تم مقارنة أداء هذا الجهاز بأجهزة أخرى بغرض التأكد من صحة عمله، كما تمت معايرته من قبل الشركة المصنعة قبيل استخدامه.

نتائج القياسات

المجال المغناطيسي الصادر عن محولات خفض الجهد المحلية

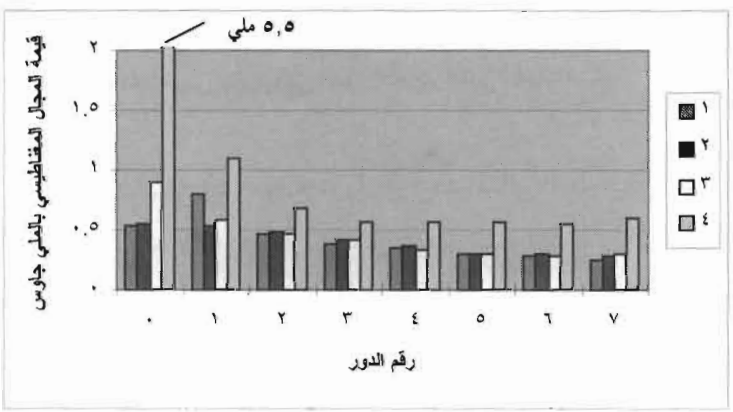
تم في هذا الجزء عمل قياسات لشدة المجال المغناطيسي الصادر عن ثلاثة من محولات خفض الجهد وهي : محول في عمارة سكنية كبيرة ، محول في حي سكني، ومحول داخل مبنى تعليمي كبير. وتتبع العمارة التي تم اختيارها مجمع سكني في مدينة الرياض يحوي قرابة اثنتي عشرة عمارة سكنية وتتكون العمارة من ستة إلى سبعة أدوار، في كل دور ثلاث شقق واحدة كبيرة (٤ غرف نوم) وأخرى متوسطة (٣غرف نوم) والثالثة صغيرة (غرفتي نوم). وقد صمم المجمع بحيث تلتصق كل عمارتين مع بعضهما البعض ويتم تغذيتهما بالكهرباء من خلال محول خفض جهد واحد وضع في الشقة الكبيرة في الدور الأرضي لإحدى العمارتين. وتتم تغذية المحول بجهد ١٣,٨ كيلو فولت، وتحوي تلك الشقة كذلك عدادات الكهرباء الخاصة بجميع الشقق في العمارتين (حوالي ٤٠ عدادا). ويتم

تغذية كل شقة بثلاثة أطوار فرق الجهد فيما بينها ٢٢٠ فولت، وبتيار مقدارة ١٠٠ أمبير لكل منها. وتم قياس شدة المجال المغناطيسي في عدد من النقاط في إحدى هذه العمائر السكنية. ويوضح الشكل (١) مخططا لموقع العمارة التي تمت فيها القياسات حيث يحتل المحول الكهربائي والعدادات جزءا من إحدى شقق الدور الأرضي. وتمر التمديدات الكهربائية لجميع الأدوار من خلال منطقة مشتركة بين العمارتين كما هو موضح بالشكل. وتم قياس شدة المجال المغناطيسي في الاتجاهات الثلاثة في جميع الأدوار في النقاط (١، ٢، ٣، ٤) الموضحة في الشكل (١).



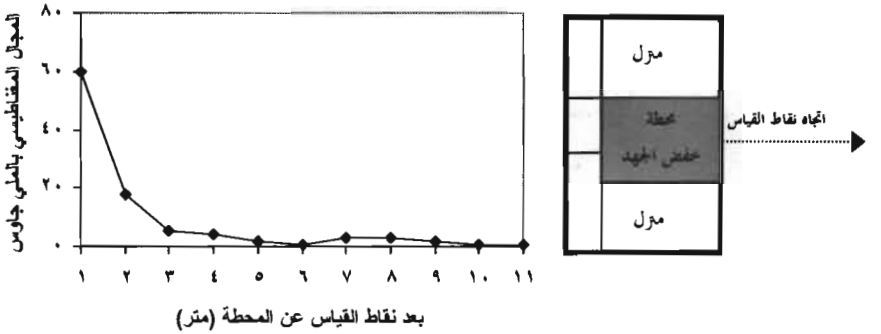
شكل (١). مخطط لعمارتين في مجمع السكني في مدينة الرياض. ويحتل المحول الكهربائي إحدى شقق الدور الأرضي. ويبلغ ارتفاع كل دور ٢,٩٢ متر.

وقد تم اختيار تلك النقاط حيث إنها تقع في المنطقة المشتركة بين الشقق السكنية ويمكن الوصول إليها بسهولة. تم بعد ذلك حساب قيمة المجال المغناطيسي بأخذ جذر مجموع مربعات القيم الثلاث، ويوضح الشكل (٢) نتائج تلك القياسات التي تمت قبيل الإجازة الصيفية (شهر مايو). ويمكن هنا ملاحظة أن القراءات في النقطة ٤ هي دائما أعلى من النقاط الأخرى حتى لو كانت في الأدوار العليا وهذا يشير إلى دور التمديدات الكهربائية التي تمر في تلك الجهة. كما أشارت قياسات متفرقة إلى أن شدة المجال المغناطيسي بلغت ٨ ملي جاوس في إحدى نقاط الدور الأول من العمارة، وهى الشقة السكنية التي تقع مباشرة فوق الشقة التي يشغلها المحول وتوابعه، ويوضح الشكل (١) موقع تلك النقطة. وتجدر الإشارة إلى أن شدة المجالات المغناطيسية الموجودة في المنازل العادية تقارب ٠,١ ملي جاوس أو أقل، وقد تصل ٠,٥ ملي جاوس في بعض الحالات. الأمر الذي يشير إلى الارتفاع النسبي في شدة المجال المغناطيسي في الشقق السكنية القريبة من المحول وتوصيلاته، خاصة وأن ساكني تلك الشقق معرضون لتلك الموجات طالما كانوا في الشقة وبدون القدرة على التحكم في شدة المجال أو تجنبه.



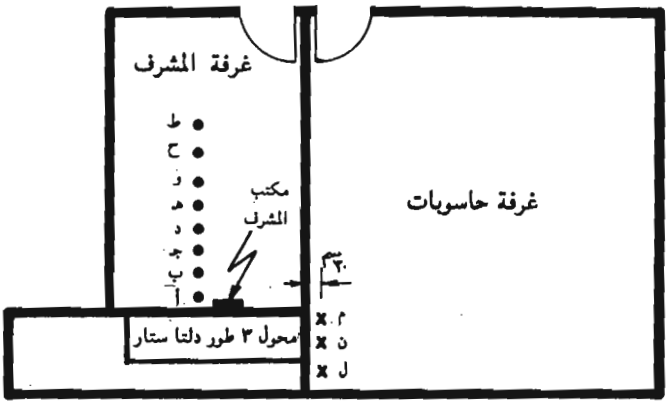
شكل (٢). شدة المجال المغناطيسي في نقاط القياس من كل دور، ابتداء من الدور الأرضي الذي يحوي المحول.

ويوضح الشكل (٣) موقع إحدى محطات خفض الجهد الكبيرة التي تقع داخل الأحياء السكنية وتحتل مساحة من الأرض تقارب مساحة أحد المنازل. كما يوضح الشكل نفسه شدة المجال المغناطيسي في نقاط تبدأ من أمام سور المحطة وتبتعد تدريجيا في الاتجاه الموضح بالشكل. ويمكن من تلك النتائج توقع قيم المجال المغناطيسي في المنزل المجاور للمحطة والتي ربما تجاوزت ١٠ ملي جاوس في الغرف أو الممرات المجاورة لتلك المحطة.

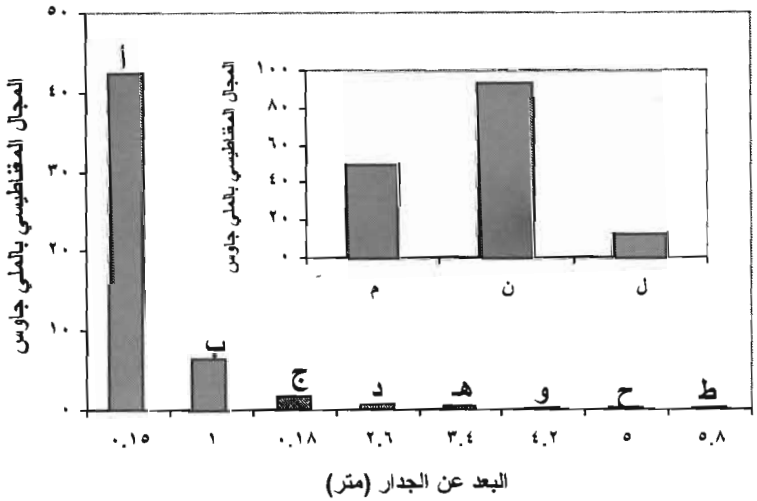


شكل (٣). شدة المجال المغناطيسي بالقرب من إحدى محطات خفض الجهد المحلية.

ويوضح الشكل (٤) موقع لمحول في أحد المباني التعليمية الكبيرة يقع في غرفة مجاورة لمركز الحاسب الآلي وهو قريب من غرفة المشرف على المركز وإحدى غرف الحاسبات. ويوضح الشكل (٥) شدة المجال المغناطيسي عند النقاط الموضحة في الشكل (٤). ويمكن هنا ملاحظة أن قيمة المجال المغناطيسي بالقرب من مكان جلوس المشرف تجاوزت ٤٠ ملي جاوس (النقطة أ). كما أن شدة المجال المغناطيسي في النقطة (ن) تجاوزت ٩٠ ملي جاوس.



شكل(٤). مواقع القياس بجوار المحول الكهربائي في مركز الحاسب. ويوضح الشكل (٥) بعد النقاط من (أ إلى ط) عن الجدار. أما النقاط (م، ن، ل) فهي تبعد ١٥ سم عن الجدار.



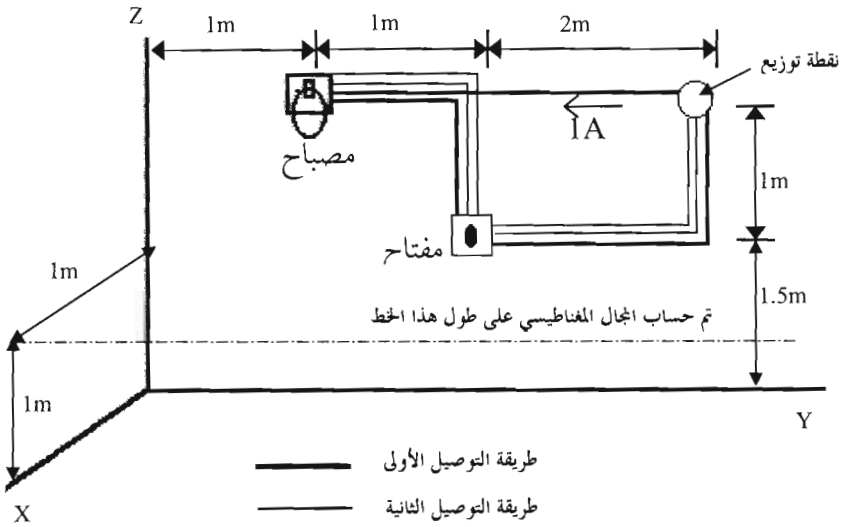
شكل (٥). شدة المجال المغناطيسي الصادر عن المحول الكهربائي عند النقاط الموضحة في الشكل (٤).

ومن المناسب الإشارة إلى أن المجالات المغناطيسية الواردة في الحالات الثلاثة أعلاه قد تكون صادرة عن محولات خفض الجهد، كما أنها قد تكون صادرة عن التوصيلات المرتبطة بتلك المحولات. وتم عمل قياسات متفرقة داخل أحد المنازل الواقعة بعيدا عن محول خفض الجهد واتضح أن شدة المجال المغناطيسي هي دون ١ ملي جاوس في غالب المواقع. إلا أنها بلغت ٥ ملي جاوس خلف الجدار الحامل للوحة قواطع الكهرباء حيث يوجد مكان للجلوس في غرفة مجاورة للوحة القواطع. وكانت المسافة بين نقطة القياس ولوحة القواطع نصف متر. كما وجد أن قيمة المجال المغناطيسي تتراوح ما بين ٣ و ٤ ملي جاوس في نقاط تبعد قرابة المتر عن ممر خط التغذية الرئيسي الذي يصل لوحة القواطع بالعداد الخارجي ويمر تحت أرضية المنزل. وتشير هذه القياسات إلى دور التوصيلات المرتبطة بمحولات خفض الجهد في توليد المجال المغناطيسي، خاصة في المواقع المجاورة لمحولات خفض الجهد حيث تتجمع تلك التوصيلات. ويتوافق ذلك مع ما أشارت إليه إحدى الدراسات [٥] التي وجدت أن هناك ارتفاع نسبي في شدة المجال المغناطيسي في المنازل القريبة من محول خفض الجهد. وأرجعت ذلك إلى التوصيلات المرتبطة بالمحول والمارة بالقرب من تلك المنازل.

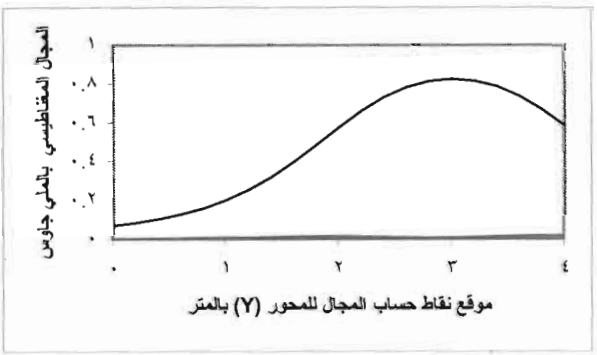
المجال المغناطيسي الصادر عن التوصيلات المترلية

لحساب المجال المغناطيسي الصادر عن التوصيلات المنزلية تم تطبيق قانون (Biot-Savart) من خلال برنامج على الحاسب الآلي. وتم التأكد من صحة النتائج بمقارنتها بقياسات معملية [١٦] ومن ثم استخدام البرنامج لحساب المجال المغناطيسي الصادر عن التوصيلات الواردة بالشكل (٦) والذي يوضح أنه بالإمكان توصيل مصباح كهربائي بطريقتين: الأولى توصيل أحد الأسلاك مباشرة بالمصباح والآخر عن طريق مفتاح الكهرباء. والطريقة الأخرى عن طريق تمديد كلا السلكين بحيث يكونا جنبا إلى جنب مرورا بالمفتاح ومن ثم إلى المصباح. الأمر الذي سيؤدي إلى أن يلغي أحدهما مجال الآخر. والشكل (٧) يوضح قيمة المجال المغناطيسي في الحالتين، ويمكن هنا ملاحظة الفرق بين شدة المجال المغناطيسي في الحالتين. حيث كانت شدته في الحالة الأولى مابين ٠,١ و٠,٨ ملي جاوس وذلك متوافق مع عدة قياسات تمت داخل بعض الشقق السكنية، في حين أن شدة المجال

المغناطيسي في الحالة الأخرى لم تتجاوز ٠.٠١ ملي جاوس. والجدير بالذكر أنه كثيرا ما يتم استخدام الطريقة الأولى في توصيل المصباح لسهولتها ولتوفير كمية الأسلاك المستخدمة في التمديدات الكهربائية.



شكل (٦). طريقتان لتوصيل مصباح كهربائي.



شكل (٧). المجال المغناطيسي الكلي الناتج عن التوصيلات في الشكل رقم (٤). لاحظ أن إحداثيات نقاط الحساب هي (X=1m, Z=1m) مع تغير Y.

المجالات الصادرة عن الآلات الثقيلة

تم قياس المجالات الصادرة عن بعض آلات الورش في أحد المؤسسات التعليمية وكذلك عن منظم للجهد بمركز الحاسب في نفس المؤسسة. وكان ارتفاع نقاط القياس عن الأرض ٩٠ سم وبعدها عن الآلة ٣٠ سم. والآلات الثقيلة التي تم القياس حولها هي: لحام النقطة و تسوية الأسطح و الخراطة و المنشار و المثقاب. ويبين الجدول (١) اسم المصدر وموقع القياس وشدة المجال المغناطيسي. أما شدة المجال الكهربي فلم تتعد ١ فولت/متر في جميع الحالات.

جدول (١). المجالات المغناطيسية عند الترددات المنخفضة والصادرة عن بعض آلات الورش. مع ملاحظة أن البعد عن المصدر هو ٣٠ سم والارتفاع عن الأرض هو ٩٠ سم.

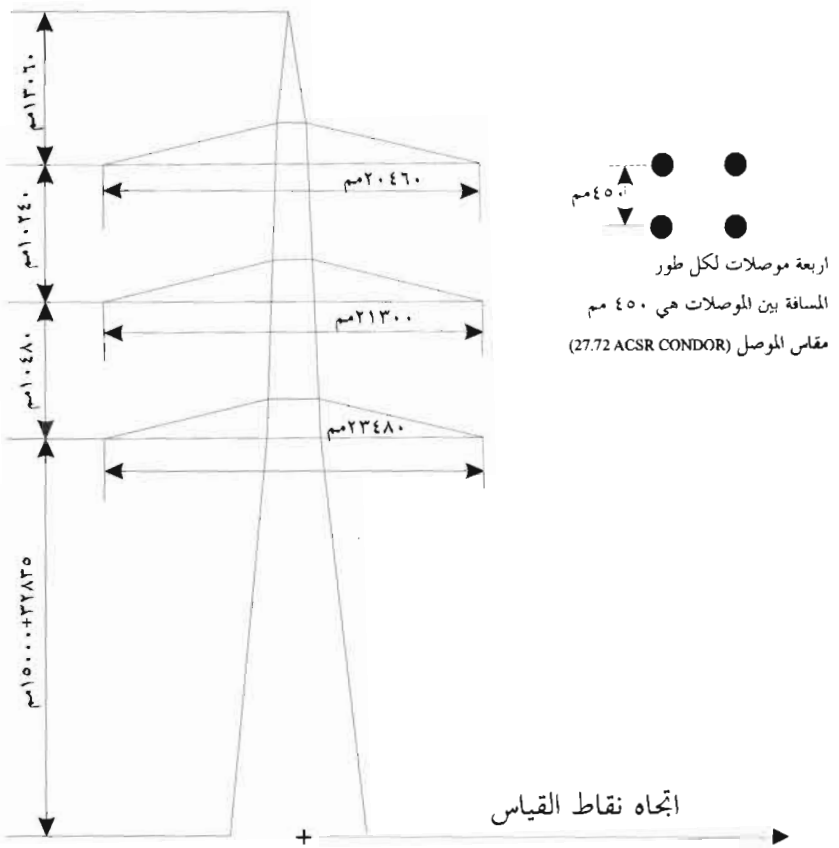
اسم الآلة	المجال المغناطيسي (ملي جاوس)				ملاحظات
	أمام	خلف	يمين	يسار	
لحام النقطةP575A	17.50	52.50	112.5	-	١٠-١٠٠ ك ف أ ، لمدة ~١,٢ ثانية
تجليخ الأسطح٣٣ A818	1.50	6.25	2.50	0.88	القدرة ٣ حصان
مخرطة 16K25	4.25	1.29	2.05	1.33	١٠ كيلوواط
مثقابPL1250	0.56	7.38	0.98	0.65	٥ كيلوواط
منشار E8307	0.26	0.49	1.73	0.49	١,٢ كيلوواط
منظم فولتية ACUVOLT	28.25	42.50	16.25	6.50	١٠٠ كيلوواط- دائم العمل

و تجدر الإشارة إلى أن منظم الفولتية ACUVOLT المشار إليه في الجدول دائم العمل في غرفة مجاورة لمركز الحاسب. وبلغت شدة المجال المغناطيسي الصادرة عنه ٧,٢٥ ملي جاوس في الممر المجاور كما بلغت ١,١٢٥ ملي جاوس في غرفة مجاورة يعمل بها الطلاب.

المجالات الكهربائية والمغناطيسية الناتجة عن خطوط نقل الطاقة ذات الجهد العالي

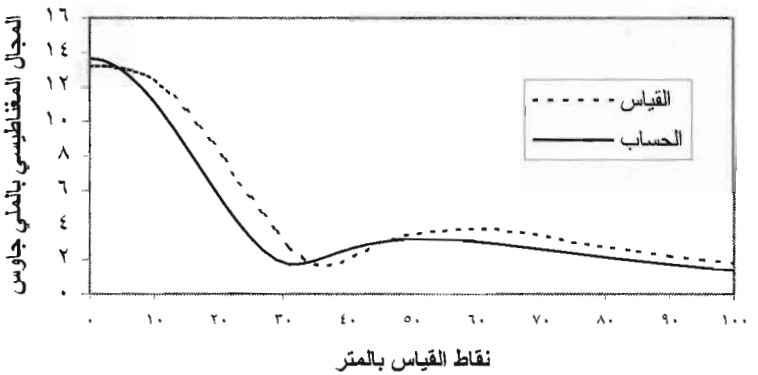
تم في هذا الجزء عمل قياسات وحسابات للمجال المغناطيسي والمجال الكهربائي الصادرين عن أحد خطوط نقل الطاقة المار شمال مدينة الرياض. ويبلغ جهد هذا الخط ٣٨٠ كيلوفولت، ويوضح الشكل (٨) أبعاده وفقا لمعلومات شركة الكهرباء. وتم افتراض

أن التيار الكهربائي المار بالخط يساوي (١٠٠٠ أمبير) بناء على اقتراح مهندسي شركة الكهرباء. وتم قياس شدة المجال الكهربائي والمغناطيسي في الاتجاه العمودي عند نقاط تبدأ من أسفل الخط، كما هو موضح بالشكل (٨)، حيث إن شدة المجالات في الاتجاهات الأخرى هي أقل بكثير من شدتها في الاتجاه العمودي. كما تم استخدام معادلات رياضية يضيق المقام عن ذكر تفصيلاتها في حساب تلك المجالات [١٦، ١٧].



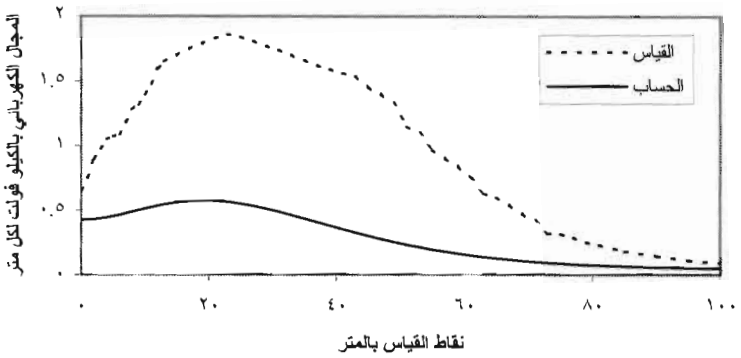
شكل (٨). تصميم خط الجهد العالي المار شمال مدينة الرياض وأبعاده. جهد الخط هو ٣٨٠ كيلوفولت (line-to-line). كما تم افتراض أن التيار يساوي ١٠٠٠ أمبير بناء على اقتراح مهندسي شركة الكهرباء.

ويوضح الشكل (٩) قيم القياسات والحسابات للمجال الكهربائي العمودي الصادر عن ذلك الخط. وتوضح القياسات أن شدة المجال الكهربائي العليا تقارب ١,٨ كيلو فولت/متر، وأن شدة المجال الكهربائي على بعد ٧٠ متر من الخط هي قرابة ٤٥٠ فولت/متر. ويلاحظ القارئ أن قياسات المجال الكهربائي تختلف إلى حد كبير عن ما توقعته الحسابات. ويبدو أن سبب الاختلاف في مقدار المجال الكهربائي هو عدد من مصادر الخطأ في النموذج الرياضي المستخدم حيث أغفل موقع مستوى الأرض الفعلي، كما أغفل عددا من العوامل المؤثرة في المجال الكهربائي والذي يتأثر بطبيعة مكونات التربة ومدى الرطوبة.



شكل (٩). المجال الكهربائي (الرأسي) الصادر عن خط الجهد العالي لنقل الطاقة الموضح في الشكل (٨).

ويوضح الشكل (١٠) قيم القياسات والحسابات للمجال المغناطيسي العمودي الصادر عن ذلك الخط. وتشير نتائج القياسات إلى أن شدة المجال المغناطيسي العليا تقارب ١٥ ملي جاوس، وأن شدة المجال المغناطيسي على بعد ٧٠ متر من الخط هي قرابة ٤ ملي جاوس. ويمكن للقارئ ملاحظة أن هناك توافق معقول بين قياسات وحسابات المجال المغناطيسي، وهو أمر متوقع نظرا لعدم تأثر المجال المغناطيسي بالأجسام المحيطة مما يجعل عمليات القياس والحساب للمجال المغناطيسي أكثر دقة منها للمجال الكهربائي.



شكل (١٠). المجال المغناطيسي (الرأسي) الصادر عن خط الجهد العالي لنقل الطاقة الموضح في الشكل (٨).

الخلاصة

تم في هذا البحث قياس شدة المجالات الكهرومغناطيسية الصادرة عن المحولات المحلية في المناطق السكنية والآلات الثقيلة بالإضافة إلى قياس وحساب المجالات الكهربائية والمغناطيسية الصادرة عن أحد خطوط نقل الطاقة ذات الجهد العالي. وقد أشارت النتائج إلى ما يلي:

- بلغت شدة المجال المغناطيسي في إحدى الشقق السكنية الواقعة فوق محول لخفض الجهد ٨ ملي جاوس.
- يمكن أن تتجاوز شدة المجال المغناطيسي في منزل مجاور لمحطة لخفض الجهد ١٠ ملي جاوس.
- تجاوزت شدة المجال المغناطيسي في إحدى القاعات التعليمية المجاورة لمحول كهربائي ٩٠ ملي جاوس. كما تجاوزت ٤٠ ملي جاوس بالقرب من مكان جلوس المشرف على تلك القاعات.
- بلغت شدة المجال المغناطيسي والكهربائي الصادرة عن أحد خطوط نقل الطاقة قرابة ١٥ ملي جاوس و ١,٨ كيلو فولت/متر تحت الخط مباشرة. كما بلغت قرابة ٤ ملي جاوس و ٤٥٠ فولت/متر على بعد ٧٠ متر من الخط.

- تراوحت قيم المجال المغناطيسي الصادر عن الآلات الثقيلة ما بين ٠,٢٦ و ٦,٢٥ ملي جاوس. كما بلغ المجال المغناطيسي الصادر عن آلة لحام النقطة ١١٢,٥ ملي جاوس، إلا أنه لا يدوم لأكثر من ١,٣ ثانية، حسب مواصفات الجهاز. أما قيمة المجال الكهربائي فلم تتعد ١ فولت/متر، وهي القيمة التي يمكن قياسها داخل المنازل السكنية أيضا.

وتجدر ملاحظة أن جميع القيم الواردة أعلاه لاتزيد عن الحد الأعلى الوارد في توصيات الهيئة الدولية للحماية من الإشعاع. ولا يعني ذلك أنه من المأمون التعرض لتلك المجالات حيث إن توصيات تلك الهيئة بنيت على أساس تجنب الأثر الحراري والذي يتطلب قيم عالية من المجال الكهربائي أو المغناطيسي في الترددات المنخفضة جدا. أما الأثر غير الحراري فهو لا زال قيد البحث لدى الكثير من الجهات العلمية في عدد من دول العالم.

ولم يتبين حتى الآن وجود ضرر محدد للتعرض للمجالات الكهربائية أو المغناطيسية في الترددات المنخفضة جدا يمكن بناء عليه تصنيف المجالات الواردة على أنها مأمونة أو غير مأمونة. إلا إنه ينبغي التقليل من التعرض لها قدر الإمكان، خاصة وأن ذلك لا يكلف كثيرا في غالب الحالات. ولعله من المناسب هنا التوصية بإجراء قياسات للمجالات الصادرة عن المحولات المستخدمة داخل المباني التعليمية وتوزيع الأثاث في القاعات المجاورة لتلك المحولات بما يضمن تجنب تعريض الطلاب والعاملين للمجالات المغناطيسية المرتفعة نسبيا و لمدد طويلة. كما ينبغي النظر في وضع عوازل على جدران الغرف التي توجد بها تلك المحولات للتقليل من شدة المجال المغناطيسي الصادر عنها. وينطبق ذلك على المحولات المستخدمة في المجمعات السكنية، خاصة من ناحية السقف حيث يعيش أفراد أسر بشكل مستمر على مسافة متر أو مترين من المحول. كما يحسن اعتماد إجراءات محددة لقياس شدة المجالات الصادرة عن محولات خفض الجهد في المناطق السكنية واعتماد حد أعلى لما يمكن أن يصدر من مجالات عن تلك المحولات.

شكر وتقدير

تم دعم هذا البحث من قبل مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ضمن المشروع رقم أت ١٥-٥٤.

المراجع

[١] Mumford. "Some Technical Aspects of Microwave Radiation Hazards." *Proceedings of the IRE*, February, 1961.

[٢] Gandhi, OMP. (Editor). *Biological Effects and Medical Applications of Electromagnetic Energy*. NJ: Prentice Hall, 1990.

[٣] Giorgio Franceschetti, *et al.* (Editors). *Electromagnetic Biointeraction, Mechanisms, Safety Standards, Protection Guides*. NY: Plenum Press, 1991.

[٤] Bawin, L.; Kaczmarek, K. and Adey, W.R. "Effects of Modulated VHF Fields on the Central Nervous System." *Annals of the New York Academy of Science*, February 28, 1975.

[٥] Wertheimer, N. and Leeper, E. "Electrical Wiring Configuration and Childhood Cancer." *Am. J. Epidemiol.*, 109 (1979), 273-284.

[٦] Wertheimer, N. and Leeper, E. "Adult Cancer Related to Electrical Wires near the Home." *Int J. Epidemiol.*, 11 (1982), 345-355.

[٧] ICNIRP 1998. "Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)." *Health Physics*, 74, No. 4 (1998), 494-522. http://www.icnirp.de/Documents/Emfgdl.PDF

[٨] US Congress, Office of Technology Assessment. "Biological Effects of Power Frequency Electric and Magnetic Fields." *Background Paper*, OTA-BP-E-53, Washington, DC, U.S. Government Printing Office, May, 1989.

[٩] Birgitta, Floderus. *et al.* "Occupational Exposure to Electromagnetic Fields Relation to Leukemia and Brain Tumors: A Case-control Study in Sweden." *Cancer Causes and Control*, 4 (1993), 465-476.

[١٠] Maria Feychting and Anders Ahlbom. "Magnetic Fields and Cancer in Children Residing Near Swedish High-Voltage Power Lines." *American Journal of EPIDEMOLOGY*, 138, No. 7 (1993).

[١١] Jauchem, J. "Alleged Health Effects of Electric or Magnetic Fields: Additional Misconceptions in the Literature." *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 28, No. 3 (1993), 140-55.

[١٢] WHO, Electromagnetic Fields and Public Health. "Extremely Low Frequency (ELF), Fact Sheet." WHO/205, (November, 1998). http://www.who.int/inf-fs/en/fact205.html

[١٣] Martha, S. Linet *et al.* "Residential Exposure to Magnetic Fields and Acute Lymphoblastic Leukemia in Children." *New England Journal of Medicine* (July 3, 1997), 337-344.

[١٤] IEE News. "Possible harmful biological effects of low level electromagnetic fields Still not proven says IEE." *IEE,* No. 158 (June, 2000).

[١٥] IEE News. "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz." *IEEE*, C95.1-1991 (1991).

[١٦] Essam Al-Tubaishi. "Study of Electric and Magnetic Fields Associated with Power Frequency Currents." *B.Sc Graduation Project*, EE. Dept., King Saud University, 1996.

[١٧] Govindarajan, B. Iyyuni. "Study Of Electrical And Magnetic Fields Associated with Power Lines." *Master Thesis, Electrical Engineering Department*, Ohio State University, 1991.

Electromagnetic Fields Intensities near Transformers, Heavy Equipments and Transmission Lines

Zeyad O. Alhekail
Electrical Engineering Department, King Saud University
PO Box 800, Riyadh 11421, Saudi Arabia
Email: zeyad@ksu.edu.sa

(Received 13 September, 2000, Accepted for Publication 13 January, 2001)

Abstract. Electric and magnetic fields emanating from residential areas step down transformers, some heavy machines, and high voltage transmission lines are measured. That is to identify the fields intensities and nature as well as the magnitude of public exposure to such fields. Results indicated that residential area transformers could expose nearby residents to 10 mG of magnetic fields, inside homes. It was also found that the magnetic field emanating from a transformer inside an educational building had intensity of 90 mG at a nearby student work area. The measured magnetic field from heavy machines was between 1.73 mG and 112.5 mG. The results also indicated that the magnetic and electric fields at 70 meters from a high voltage transmission line were approximately 4 mG and 450 V/m respectively. Although there is no proof that such field levels are harmful, exposure reduction to such field levels is always recommended. Periodical checks for filed level are also recommended.

Keywords: Power frequency EM fields, EM field Hazard.