مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية
المجلد ٥ ـ العدد ٢ من ٧٩ إلى ٨٦

شعبان ١٤٠٢هـ
حزيران ١٩٨٢م

الحقل الكهربائي في نظم القدرة الكهربائية ووسائل الحماية منه

الدكتور
عبد الله سعيد
كلية الهندسة
الميكانيكية والكهربائية

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★
★ ★ ★ ★ ★ ★
★ ★ ★ ★
★ ★
★

١ ـ مقدمة :

ان شدة الحقل الكهربائي بالقرب من الأرض في نظم القدرة الكهربائية ذات التوتر العالي والعالي جدا وكما تبين القياسات والحسابات يمكن أن تبلغ قيما تصل الى بضعة عشر كيلو فولت/ آمبير أي أكبر بكثير من قيمة الحقل الكهربائي للكرة الارضية . ان مسألة تقدير الاضرار الناتجة عن الحقل الكهربائي في المحيط والوسط الطبيعي للانسان لم تجد حلا نهائيا بعد ، ان الكثير من جوانب هذه المسألة لم يتم فحصلها بشكل تام ونهائي حتى الآن ، وفي الكثير من دول العالم تجرى التجارب على الحيوانات بالاضافة الى فحص ومراقبة الناس الذين يتعرضون لاثار الحقل الكهربائي ويبدو أن النتائج تتباين باختلاف مراكز الابحاث وغالبا ماتكون مختلفة ومتناقضة كليا وذلك نظرا لاختلاف ظروف اجراء مثل هذه التجارب وعدم امكانية الاحاطة الدقيقة بالعوامل الكثيرة المؤثرة على نتائج هذه التجارب والابحاث وتمثل مجموعتي الاخصائيين السوفييت والامريكان مثالا واضحا لهذا التناقض في تقدير أضرار الحقل الكهربائي فبينما تفيد التجارب في الاتحاد السوفييتي بأن للحقل الكهربائي اثرا غير مفيد للانسان والبيئة يؤكد الخبراء الامريكان على الاثر الضار للحقل على الكائنات الحية وعلى البيئة ايضا وبشكل كبير جدا .

من المتعارف عليه حتى الان ان مرور تيار مستمر ذو شدة تتراوح مابين ٢÷٦ ميلي آمبير لايشكل خطرا على حياة الانسان . في الواقع ان استخدام مفهوم شدة الحقل بدلا من شدة التيار هو أفضل بكثير نظرا لسهولة ودقة قياس شدة الحقل بالاضافة الى امكانيات الحساب والتحليل بدلا من تمرير التيار خلال اجزاء مختلفة من أجسام الكائنات الحية او غيرها . وفي كل الاحوال فانه من المتفق عليه وبشكل قاطع ان شدة حقل كهربائي في وسط ما أقل من ١٠ ك . ف/ م لاتشكل أي ضرر لهذا الوسط ، وان الحقل الكهربائي القوي يمكن ان يكون سببا في تدني النمو وتقليل التكاثر في الوسط الطبيعي بالاضافة الى تسبب مشكلة اخرى ايضا وهي مرور تيار عابر في التجهيزات التقنية المتواجدة في هذا الوسط كالحصادات والدراسات والجرارات والسيارات وغيرها . . . ويرافق ذلك شرارات كهربائية قد تسبب حريقا او انفجارا . صحيح ان ملامسة هيكل العربة من قبل الانسان ليس خطرا ولكن مرور تيار عابر خلال الجسم قد يحدث صدمة قوية فيه .

واعتمادا على الابحاث التي تمت في الاتحاد السوفييتي فقد لوحظ ارتفاع معدل حدوث اعراض مختلفة للعاملين في محطات التحويل وذلك طردا مع ارتفاع توتر هذه المحطات . ولقد بلغت نسبة العاملين المتأثرين بهذه الاعراض ٢٥٪ في محطات ٢٢٠ ك . ف و ٥١٪ في محطات ٣٣٠ ك . ف و ٨١٪ في محطات ٥٠٠ ك . ف ومن هذه الاعراض الصداع ،

والحساسية والامراض العصبية . ويتعلق الاثر الضار للحقل الكهربائي بالمدة الزمنية التي يتواجد فيها العاملون في الحقل الكهربائي ومن النتائج التي تم التوصل اليها في الاتحاد السوفييتي ان العاملين بشكل دائم تحت تأثير الحقل الكهربائي يجب ان لا تزيد شدته عن ٥ ك . ف/ م وعند شدة مقدارها ١٠ ك . ف/ م يجب ان لاتزيد المدة عن ثلاث ساعات وعند شدة ١٥ ك . ف/ م عن ساعة ونصف وعند شدات بين ٢٠ و ٢٥ ك . ف/ م من ١٥ الى ١٠ عشر دقائق .

وتحدد بعض النورمات العالمية الخاصة بتصميم خطوط التوتر العالي جدا المناطق وقيم شدات الحقل الكهربائي على الشكل التالي :

حتى ١ ك . ف/ م ـ المنطقة السكنية

حتى ٥ ك . ف/ م ـ منطقة تواجد الناس بشكل شبه دائم .

حتى ٢٥ ك . ف/ م ـ منطقة تواجد الناس بشكل متقطع

أكثر من ٢٥ ك . ف/ م ـ منطقة ممنوعة لتواجد الناس بدون وسائل الحماية الشخصية .

٢ ـ طرق الحساب :

من أهم الطرق المستخدمة :

آ ـ القياسات على الطبيعة وفي الواقع

ب ـ القياسات على النماذج الفيزيائية

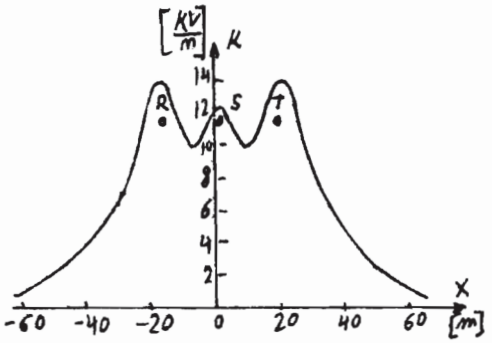
ج ـ الحسابات الرياضية

ان جميع هذه الطرق تعتمد على ايجاد توزع وتدرج قيم شدات الحقل الكهربائي ، وهي سهلة التحقيق نوعا ما بالنسبة للخطوط وذلك مقارنة مع محطات الطاقة حيث كثافة التجهيزات وتنوعها .

٣ ـ توزع الحقل الكهربائي :

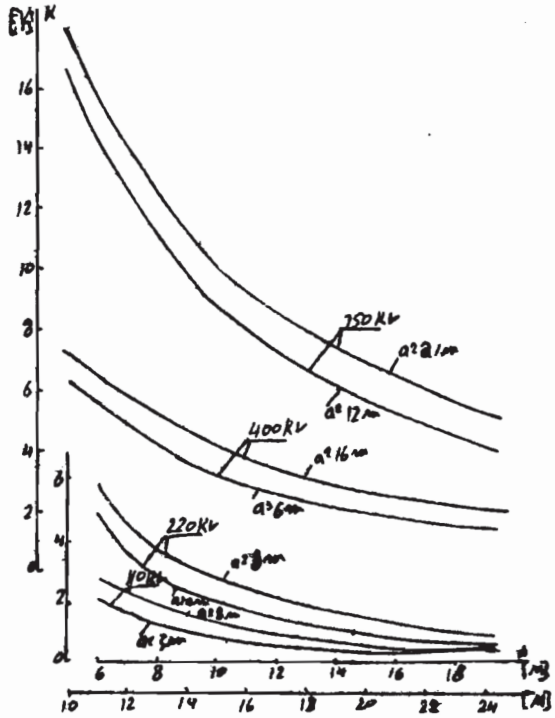
هناك الكثير من العوامل التي تؤثر في قيم الكمونات والشدات للحقل الكهربائي وتدرجها في الفراغ او الوسط الذي يوجد فيه خطوط او محطات الطاقة ولكن تبقى شدة الحقل الكهربائي بالقرب من الارض هي القيمة الاكثر اهمية في عملية التأثير على البيئة . وفي حالة خطوط نقل القدرة نرى أن أكبر قيمة لشدة الحقل تكون في المنطقة الوسطى بين حاملين متتاليين وذلك نظرا لان الخطوط هنا تكون أقرب مايكون من الارض . بينما في القرب من الحوامل المعدنية ذات التأريض الجيد تكون قيمة شدة الحقل اقل مايمكن نظرا لارتفاعها عن الارض بشكل اعلى منه في المنطقة الوسطى مابين الحوامل .

ويمثل الرسم (١) التدرج الطبيعي لشدة الحقل الكهربائي العظمى تحت خط توتر عالي ٧٥٠ ك . ف وذلك باتجاه عمودي على محور الخط ، وذلك على ارتفاع ١,٨ م فوق سطح الارض اي على مدى ارتفاع الانسان . . .



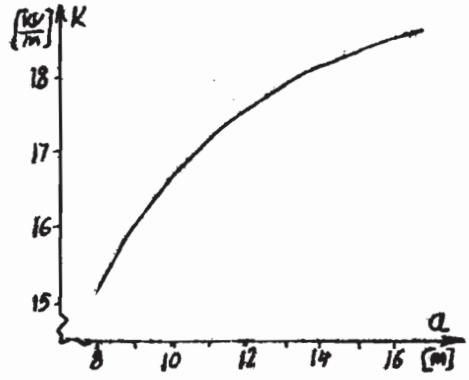
شكل1 . توزيع القيم العظمى للحقل الكهربائي المرتفع عن سطح الأرض بمقدار 1,8 m لخطوط التوتر العالي 750KV

كما تبين نتائج الحسابات فانه من العوامل المؤثرة على قيمة شدة الحقل الكهربائي بالقرب من الارض هو ارتفاع النواقل عن الارض (الرسم ٢) والبعد بين النواقل (الرسم ٣) وقطر هذه النواقل (الرسم٤)نستنتج من هذه الرسوم أن الاثر الاكبر من بين هذه العوامل الثلاثة هو للعامل الاول حيث ان مقدار التغييرات تبلغ من ٣ ـ ٤ ك . ف/ م

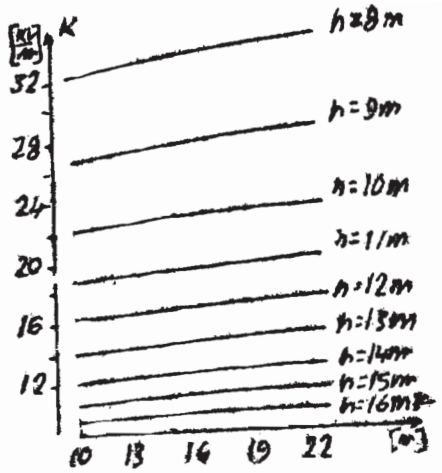


شكل2 . منحني القيم العظمى لشدة الحقل لكهربائي لخطوط التوتر العالي على ارتفاع 1,8 m فوق الارض بحسب ارتفاع النواقل عن الارض .

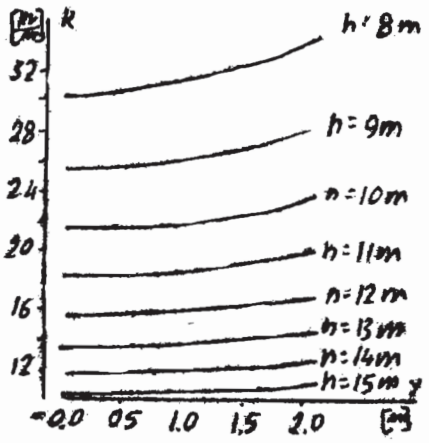
a_3 . المسافة بين الأطوار



شكل3 . منحني القيم العظمى لشدة الحقل الكهربائي بحسب البعد بين النواقل لخط توتر 750 kv

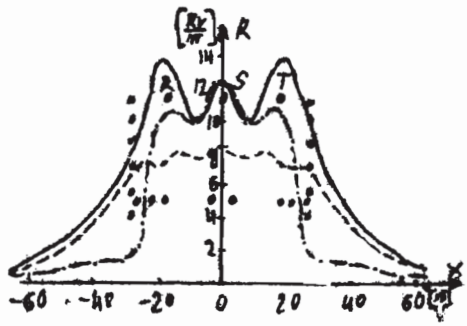


شكل4 منحني القيم العظمى لشدة الحقل الكهربائي بحسب قطر الناقل المفرد في الحزمة لخط توتر 750 kv على ارتفاع 1,8m عن سطح الأرض والبعد بين الاطوار 10m



شكل5 منحني القيم العظمى لشدة الحقل الكهربائي لخط توتر عالي 750 kv وعلى ارتفاعات مختلفة عن سطح الأرض

أما الرسم (٥) فانه يوضح تدرج شدة الحقل الكهربائي على ارتفاعات مختلفة عن سطح الارض ومنه يتبين ان توزع الحقل هو تقريبا منتظم على معدل ارتفاع ٢ -٣ م



شكل6 منحني توزيع القيم العظمى لشدة الحقل الكهربائي لخط توتر عالي 750 kv وعلى ارتفاع 1,8m عن سطح الارض

1. خط بدون استخدام الواقيات
2. خط مع استخدام الواقيات الافقية
3. خط مع استخدام الواقيات العمودية .

أما بالنسبة لمحطات الطاقة فإن شدة الحقل الكهربائي هي اكبر بكثير ففي محطات ٢٢٠ ك . ف تبلغ شدة الحقل العظمى حوالي ١٥ ك . ف/ م اما في محطات ٤٠٠ ك . ف فانها تبلغ حوالي ٢٠ ك . ف/ م اما عن توزع هذه الشدات في المحطات فهو غير منتظم اطلاقا وهذه القيم العظمى المذكورة أعلاه تتواجد فقط في بعض الاماكن وعلى سبيل المثال فقد لوحظ ان شدة الحقل في محطات ٤٠٠ ك . ف تتجاوز ١٠ ك . ف/ م في بعض الاماكن . ومنها :

آ ـ بالقرب من القواطع ومحولات التيار والتوتر

ب ـ بالقرب من قاطع قضبان التجميع الرئيسية

ج ـ بالقرب من مانعات الصواعق

بينما لاتتجاوز قيم شدات الحقل الكهربائي ٥ ك . ف/ م في الاجزاء الاخرى للمحطة .

٤ ـ طرق ووسائل الحماية من اثار الحقل الكهربائي :

تقسم وسائل الحماية الى عامة وخاصة وفي الحالة الاولى تهدف الى تقليل شدة الحقل في الاماكن التي يتواجد فيها اناس لا علاقة لهم بالكادر الكهربائي . وبالتالي حمايتهم وعرباتهم وغير ذلك من الاجهزة والالات . وهنا بالامكان استعمال شبكات من القضبان المؤرضة

وغالبا ما تستخدم هذه الطريقة في أماكن تقاطع الخط مع الطرق او التي يؤمها الناس . ولكن تبقى المشكلة الاهم هي حماية العاملين في خدمات الخطوط والمحطات والذين قد يتواجدون في حقل كهربائي ذو شدات كبيرة ولعدة ساعات يوميا . وبالامكان هنا استخدام الشبكات الواقية ايضا ولكن الحل الاكثر استعمالا هو الحماية الخاصة لكل عامل وبشكل البسة مختلفة الصنع ويبين الرسم (٦) اثر عزل او حجب خطوط نقل القدرة بواسطة الشبكات المعدنية الواقية وذلك في حالتين :

أ ـ الوضع الافقي للشبكة الواقية والتي تسبب تصغير شدة الحقل الكهربائي تحت الخط وبالقرب من الارض .

ب ـ الوضع العمودي للشبكة الواقية والتي تؤدي الى تضغير شدة الحقل الكهربائي في منطقة تأثير الخط بالاتجاه العمودي على الخط .

وأخيرا يجب أن نضيف ان استخدام الشبكات الواقية يؤدي الى ارتفاع شدة الحقل في النواقل وبالمحيط القريب منها كما قد يؤدي الى زيادة التشوهات الكهربائية والصوتية . ويظهر هذا الاثر بشكل اكبر بكثير في الوضع الافقي للشبكات الواقية عنه في الوضع العمودي .