محل برگزاری :تهران - شرکت توانیر, پژوهشگاه نیرو
سال برگزاری :۱۳۶۸
تعداد مقالات کنفرانس:۴۳
محل انتشار :چهارمین کنفرانس بین المللی برق
کد COI مقاله: PSC04_001

بررسی آثار بیولوژیک خطوط انتقال و توزیع نیرو و مروری بر حد حریم مجاز اطراف این خطوط

سعداله روحی لاریجانی ـ مصطفی توکل
شرکت توانیر

چکیده:
از زمانیکه خطوط انتقال نیرو با ولتاژهای بالا به حریم زندگی انسانها نزدیک شد، بحث و بررسی پیرامون آثار سوء احتمالی میدانهای الکتریکی و مغناطیسی اطراف این خطوط بر موجودات زنده بخصوص انسانها مورد توجه محافل علمی بوده است.
ترس پیدایش امراض ناشناخته، تغییر ترکیبات خون، تأثیر در سیستم های عصبی دگرگونیهای ژنتیک و بروز امراض صعب العلاج یا لاعلاجی چون رشد سرطانی سلولها موجب نگرانی عام و انگیزه تحقیقاتی مراکز علمی جهان گردید.
بدلیل در دست نبودن نتایج منسجم مشخص، فواصل مجاز برای نزدیکی انسانها به این خطوط در کشورهای مختلف همواره در حال تغییر بوده و تاکنون نیز مقررات استاندارد شده بین المللی برای فاصله مجاز جهت زندگی انسانها در اطراف این خطوط وضع نگردیده است. در این مقاله با توجه به آثار بیولوژیک خطوط انتقال نیرو و سایر مسائل فنی که بنیان برقراری حریم را در اطراف خطوط انتقال و توزیع نیرو تشکیل می‌دهند، مروری بر تحقیقات و نتایج بدست آمده در کشورهای مختلف جهان بعمل خواهد آمد و سرانجام حریمهای مناسبی جهت حفظ جان انسانها پیشنهاد می‌گردد.

شرح مقاله:
سالهاست مسئله آثار سوء میدانهای الکتریکی و مغناطیسی موجود در اطراف خطوط انتقال نیرو بر روی انسانها تحت مطالعه می‌باشد با وجودیکه کشورهای مختلفی روی این موضوع تحقیق می‌نمایند هنوز نتایج مشخصی که نشانگر اثرات سوء این میدانها در سطحی که در اطراف خطوط انتقال تا ۴۰۰ کیلوولت بوجود می‌آید روی بافت سلولی موجودات زنده باشد بدست نیامده است.
عدم وجود یک معیار علمی دقیق در جهان باعث شد تا هر کشور براساس برداشت مسئولان از این مسائل و اعمال فاکتورهای ایمنی دیگر محافظه کارانه ارقامی را جهت حریم مطمئن زندگی انسانها در کنار خطوط انتقال تعیین نماید.
ازجمله در ایران از سال ۱۳۴۷ طی مصوبه شماره ۲۹۰۵۲ حریمهائی برای خطوط انتقال و توزیع با ولتاژهای مختلف تعیین گردید و برای رعایت دقیق آن به این مصوبه حنبه قانونی نیز داده شده است. حریم تعیین شده براساس این قانون به دو دسته حریم درجه یک و درجه دو تقسیم شده که وصل بهم بموازات محور خط هوائی انتقال و توزیع نیرو و در دو طرف آن در طول خط امتداد می‌یابد و ساخت هرگونه ساختمان و احداث مستحدثات اعیانی یا کشت درخت در این محدوده ممنوع و تنها در محدوده حریم درجه دو کشت فصلی آنهم بشرط آنکه به تأسیسات برق آسیب نرساند مجاز می‌باشد.
حریم‌های تعیین شده توسط قانون فوق در جدول (۱) ارائه شده است:

حریم / ولتاژکیلوولت	حریم درجه یک ازفازکناری (متر)	حریم درجه دو (متر)
۲۰_۱	۳	۵
۳۳	۵	۱۵
۶۳	۱۳	۲۰
۱۳۲	۱۵	۳۰
۲۳۰	۱۷	۴۰
۴۰۰و۵۰۰	۲۰	۵۰
۷۵۰	۲۵	۶۰

جدول (۱) ـ حریم خطوط انتقال و توزیع نیرو در ایران

این حریم در داخل شهرها و جاهائیکه وزارت نیرو لازم بداند تا ۳۰ درصد قابل تخفیف است. بنظر نمی‌رسد که در تاریخ تصویب حریم برای خطوط انتقال نیرو و توزیع در ایران اثرات بیولوژیک میدانهای الکتریکی و مغناطیسی اطراف این خطوط روی موجودات زنده بطور اعم و انسان بطور اخص مد نظر واضعین این قانون بوده باشد چون اولاً قبل از آن تاریخ و حتی بعد از آن در ایران مطالعاتی منتشر شده در این زمینه وجود ندارد ثانیاً معیارهای انتخاب شده در این قانون اقتباس از کشورهای اروپائی است که تا قبل از این تاریخ در آن کشورها هم این مسئله مورد توجه نبوده است بنابراین بنیان این محدوده بیشتر بر حفظ ایمنی از نظر حوادث فیزیکی نظیر تخریب احتمالی تأسیسات خط یا دامنه نوسانات خط در اثر وزش باد و یا احتمال اتصال کوتاه در اثر برخورد خط با شاخه درختان یا اشیاء دیگر بوده نه اثرات بیولوژیکی آن، لذا در این مقاله این دیدگاه بیشتر مورد توجه قرار می‌گردد.

۱ـ آثار بیولوژیکی میدان الکتریکی اطراف خطوط انتقال نیرو:

در سالهای اخیر اثرات بیولوژیکی میدانهای الکتریکی و مغناطیسی اطراف خطوط انتقال نیرو روی موجودات زنده توجه محافل علمی و فنی جهان را بخود جلب کرده است که آیا عبور خطوط انتقال نیروی فشارقوی و فوق فشارقوی از داخل شهرها و یا مراکز جمعیت و بالطبع ایجاد میدانهای سرگردان الکتریکی و مغناطیسی در اطراف این خطوط می‌تواند اثرات سوء روی موجودات زنده داشته باشد یا خیر؟

برای روشن شدن این مطلب قبل از هر چیز باید به وضعیت فیزیکی و اندازه و شدت این میدانها در اطراف خطوط انتقال و توزیع نیرو و سایر تأسیسات صنعتی بپردازیم.

در مقابل میدانهای الکتریکی که در اطراف هر هادی برقدار بوجود می‌آید قسمتهای داخلی بدن انسان بمناسبت قابلیت هدایت لایه خارجی پوست حفاظت شده است بعبارت دیگر اثر میدانهای الکتریکی فقط می‌تواند اثرات خارجی روی بدن باشد و اکثراً بصورت حرارت یا سوختگی سطحی و گهگاه برحسب شدت جریان ناشی از میدان الکتریکی که خود در فرکانس مشخص به ولتاژ خط انتقال بستگی دارد بصورت سوختگی عمیق ظاهر گردد. البته باید توجه داشت که در اثر عبور جریان برق ناشی از قرار گرفتن فرد در میدان الکتریکی عکس العمل فرد در مقابل شوک می‌تواند تا حد مرگ برای فرد خطرآفرین باشد. در چند سال گذشته تحقیقات وسیعی در این زمینه در کشورهای آمریکا، شوروی، فرانسه، اسپانیا، آلمانغربی و یوگسلاوی بعمل آمده است. وسیعترین تحقیقات در این زمینه توسط فرانسویها انجام شده که در این تحقیقات ۲۶۷ نفر از افراد خانواده‌هائیکه در منطقه‌ای بفاصله ۲۵ متر از خطوط ۲۲۰ کیلوولت و ۴۰۰ کیلوولت زندگی می‌کردند بمدت سه سال و نه ماه تحت معاینات پزشکی دقیق و مرتب قرار گرفتند و همزمان ۲۵۸ نفر از افراد خانواده‌هائیکه در فاصله ۱۲۵ متری از

خطوط انتقال فوق‌الذکر زندگی می‌کردند تحت نظر پزشکی بودند در این مدت هیچگونه تفاوتی از نظر فیزیولوژیک بین افراد این دو گروه مشاهده نشد که بتوان آنرا بوجود میدان الکتریکی نسبت داد.

به همین ترتیب آزمایشهای دقیق انجام شده در بیمارستان جان هاپکینز آمریکا و کشور آلمان غربی نشانه‌ای از اثر سوء میدانهای الکتریکی با شدت ۲۰ Kv/m بر روی شرایط فیزیولوژیک انسان را ارائه نمی‌کند. تحقیقات انجام شده توسط محققان شوروی و اسپانیائی بنحوی نتایجی مخالف با آنچه در پیش گفته شد ارائه می‌نماید. نتایج بدست آمده در این دو کشور به این موضوع اشاره می‌کند که کارگرانی که در پستهای فشار قوی کار می‌کنند ممکن است میدان شدید الکتریکی موجود در محل کار روی فیزیولوژی آنها اثرات نامطلوب داشته باشد. براساس نتایج بدست آمده در انستیوی لنینگراد و امراض ناشی از حرفه، ثبت شده روی ۳۱۹ نفر از کارگران شبکه انتقال فشارقوی که تحت تأثیر میدانهای الکتریکی با شدت ۱۰، ۱۶، ۲۵، ۳۲کیلوولت بر متر قرار گرفتند مقررات حفاظت در مقابل اثرات میدان الکتریکی برای کارکنان تعمیراتی پستهای فشارقوی وضع گردید و این اولین و تنها مقررات وضع شده در این زمینه در دنیا است که جهت اطلاع زمان مجاز قرارگرفتن کارگران تعمیرات پستها در ۲۴ ساعت شبانه‌روز تحت میدانهای الکتریکی با شدتهای مختلف در جدول (۲) ارائه می‌گردد.

زمان مجاز برای قرارگرفتن کارگر تعمیرات پست در معرض میدان الکتریکی	شدت میدان الکتریکی	
در بیست چهار ساعت برحسب دقیقه	کیلوولت برمتر	
بدون محدودیت زمانی		≤۵
۱۸۰ دقیقه	۱۰	۵
۹۰ دقیقه	۱۵	۱۰
۱۰ دقیقه	۲۰	۱۵
۵ دقیقه	۲۵	۲۰
بدون محافظ غیر مجاز است		≥۲۵

جدول (۲) ـ زمان مجاز برای قرارگرفتن کارگر تعمیرات پست در معرض میدان الکتریکی (معیار شوروی)

بدنبال اعلام این نتایج در سال ۱۹۸۲ سیگره پس از تحقیقات وسیعی که توسط گروه‌های متشکل از بیولوژیست، پزشک و متخصصان صنعت برق انجام شده بود توانست موضع واحدی را در مورد اثرات میدان الکتریکی و مغناطیسی روی اندامهای زنده حاصل نماید که خلاصه آن بشرح زیر است:

۱ـ۱ـ پدیده فیزیکی: وقتی یک موجود زنده در میدان الکتریکی قرار می‌گیرد سه نوع پدیده قابل مشاهده است.

ـ جریان ضعیف القائی در بدن انسان، این جریان آنقدر ضعیف است که در میدانی با شدت ۱۰ Kv/m کل جریان در بدن از ۰/۲ میلی آمپر تجاوز نمی‌کند و دانسیته جریان در پیشانی فرد معادل ۴۰ نانوآمپر در سانتیمتر مربع است.

ـ اثرات سطحی الکترواستاتیک، این اثرات تنها در میدانهائی با شدت بیش از ۱۰ Kv/m قابل احساس است.

ـ تخلیه‌های لحظه‌ای، این اثرات بصورت جرقه‌های خیلی کوچک در لحظه تماس بین بدن و اشیاء هادی غیر متصل با زمین ظاهر می‌شود مثل هنگام دست زدن به بدنه اتومبیل یا حصار فلزی. این موضوع با اتصال اشیاء هادی به زمین در منطقه‌ای که میدان الکتریکی وجود دارد برطرف می‌گردد. حتی در بدترین وضعیت که جریان تخلیه بین ۵٪ تا ۲۵٪ میلی‌آمپر بر کیلوولت بر متر می‌باشد. "برای اتومبیل یا کامیون ۲ تنی پارک شده زیر خط انتقال" جریان تخلیه در حدی نیست که بتواند اثر سوء روی انسان داشته باشد و این حد جریان در مقابل حد مجاز جریان برق قابل تحمل بدن انسان که ۳۰ میلی آمپر در ۱ ثانیه است بسیار ناچیز است.

۲ـ۱ـ اثرات بیولوژیک: تحقیقات انجام شده در زمینه بررسی اثرات بیولوژیک و پزشکی میدانهای الکتریکی روی موجودات زنده نشان می‌دهد که میدانهای الکتریکی تا حد Kv/m ۱۰ روی ترکیبات خون، سیستم عصبی و روانی موجود زنده اثر سوئی ندارد و حتی سازمان بهداشت جهانی با تمام حساسیت سازمانی خود به این نوع مسائل، در سال ۱۹۸۴ اعلام می‌کند که براساس نتایج حاصل از تحقیقات در زمینه بررسی اثرات میدان الکتریکی روی موجودات زنده هیچ دلیل قانع کننده‌ای وجود ندارد که محدودیتی برای زندگی انسان و یا موجود زنده در داخل محدوده‌هائیکه میدان الکتریکی در آنها از Kv/m ۱۰ تجاوز نمی‌کند قائل شویم. اخیراً مطالعاتی در یوگسلاوی روی خط انتقال ۴۰۰ کیلوولت در نزدیکی شهر بلگراد در منطقه زاوسدارا (ZAVEZDARA) انجام و میدان الکتریکی در بیش از ۲۰۰ نقطه از نقاط مختلف زیر و اطراف خط در ارتفاع ۱/۸ متر از سطح زمین اندازه‌گیری شد. در مسیر این خط یک زمین فوتبال، یک ایستگاه اتوبوس و یک رستوران، یک مجموعه آپارتمانی در زیر فاز میانی خط، یک محل عبور خط از بالای جاده آسفالت و از حاشیه جنگل "ده متری از فاز خارجی" و بالاخره مزارع کشاورزی قرار داشتند.

اطلاعات کسب شده در این تحقیق نشان می‌دهد که در هیچ وضعیتی شدت میدان الکتریکی از حداقل مجاز تعیین شده براساس معیارهای کشور شوروی نیز تجاوز نمی‌کند. معیار تعیین شده در شوروی برای شدت میدان الکتریکی برای نقاط مختلف در جدول (۳) ارائه شده است.

محـــــل	شـدت میدان مجاز برحسب Kv/m
محلهائیکه کهدور از دسترس افراد باشد	۲۰
درمناطق کم جمعیت	۱۵
درمحل عبورخط انتقال از روی جاده	۱۰
در مناطق پرجمعیت	۱
درخانه های مسکونی	۰/۵

جدول (۳) ـ حداکثر شدت میدان الکتریکی مجاز برای محلهای مختلف

واضح است که ارتفاع خط از سطح زمین و شکل قرارگرفتن هادیها روی برجهای خط انتقال در میزان شدت میدان الکتریکی اطراف خط انتقال اهمیت زیادی دارد و معمولاً در طراحی خطوط انتقال این معیارها طوری انتخاب می‌شوند که حداکثر ایمنی را بوجود آورند.

۲ـ اثرات کرونا در محیط زیست:

کرونا پدیده‌ایکه در اثر یونیزه شدن هوای اطراف هادیهای برقدار تحت تأثیر شدت میدان الکتریکی حادث می‌شود در تمام خطوط فشارقوی و تحت هرگونه شرایط جوی بوجود می‌آید ولیکن در خطوط انتقال با ولتاژ خیلی بالا و هوای مرطوب این پدیده بارزتر است. ایجاد این پدیده باعث افزایش اتلاف خطوط و فرسایش هادیها و تجهیزات تعلیق خط می‌گردد لذا در طراحی خطوط سعی برکاهش این پدیده است.

برای ساکنان اطراف خطوط انتقال پدیده کرونا بصورت نویز (هیس) قابل شنیدن ظاهر می‌شود که برای خطوط انتقال ۴۰۰ کیلوولت شدت این نونیز به حداکثر ۵۳ دسی بل می‌رسد که حدی است مجاز برای شنوائی انسانها بخصوص در جوامع شهری و هیچگونه اثر سوء روی انسان ندارد. تولید ازن و اکسیدهای ازت که از نتایج بوجود آمدن پدیده کرونا در اطراف خطوط انتقال هستند بمناسبت پائین بودن بیش از حد درصد تولید آنها اثری روی انسان ندارد.

۳ـ اثرات میدان مغناطیسی روی موجودات زنده:

میدان مغناطیسی بوجود آمده در اطراف خطوط انتقال و توزیع در اثر عبور جریان از داخل هادیهای خط برعکس میدانهای الکتریکی بتمام اعضای داخلی بدن انسان و هر موجود زنده‌ای نفوذ می‌کند. بنابراین شانس اثرگذاری این میدان روی موجود زنده بیش از میدان الکتریکی است. ولیکن تا چه حدی از شدت میدان مغناطیسی می‌تواند برای انسان خطرناک باشد و حداکثر آن در اطراف خطوط انتقال نیرو و توزیع چقدر است، خود مورد سئوال است.

در یک فرکانس مشخص شدت میدان مغناطیسی در اطراف خطوط هوائی انتقال علاوه بر شدت جریان هادی خط به فاصله نقطه اندازه‌گیری تا مرکز هادی بستگی دارد.

براساس محاسبات انجام شده حداکثر شدت مغناطیسی برای هر هزار آمپر شدت جریان عبور داده شده از هادی معادل "۱۰ μT" میکروتسلا است.

البته باید توجه داشت که پیدایش میدانهای مغناطیسی در فرکانس پائین تنها محدود به اطراف خطوط انتقال و زیر این خطوط نیست بلکه هرجائیکه شدت جریانهای الکتریکی بالا وجود دارد باید منتظر وجود چنین میدانهائی باشیم.

در جداول زیر ماکزیمم شدت میدان مغناطیسی در اطراف خطوط هوائی انتقال پستها و تأسیسات صنعتی و برای وسائل برقی خانگی ارائه شده است.

شـــــــــرح	حداکثرشدت میدان	حداکثرشدت میدان در یك فاصله‌متوسط از محل ایجادمیدان
خطوط هوائی فشارقوی	۴۰ میکروتسلا	۲۰ـ۵ میکروتسلا
شینه‌های پستها درمحوطه‌باز	۵۰ میکروتسلا	۳۰ـ۱۰ میکروتسلا
ترانسفورماتورهای باجریان بالا	۱۰۰ میکروتسلا	۱۰۰ میکروتسلا
کلیدجریان مستقیم	۱۰۰۰ میکروتسلا	۲۰۰ میکروتسلا
دیژنکتور در محوطه باز	۱۵۰۰ میکروتسلا	۴۰۰ میکروتسلا

جدول (۴) ـ شدت میدان مغناطیسی در زیر خطوط انتقال و اطراف پستها و کلیدها

شـــــــــرح	حداکثرشدت میدان	حداکثرشدت میدان در فواصل مختلف ازمحل ایجاد میـــدان
کوره های القائی	۳۰ mT	۱۰۰ میکروتسلا درنیم متری
وسائل جوشکاری	۱۰ "	۲۰۰ میکروتسلا در ۲ متری
گیره های مغناطیسی	۱۰۰ "	۸۰ میکروتسلا درنیم متری

جدول (۵) ـ شدت میدان مغناطیسی در تأسیسات صنعتی

شـــــــــــرح	حداکثرشدت میدان	حداکثرشدت میدان در ۳۰ سانتی وسیله
لامپ	۱۰-۱ میکروتسلا	۰/۵ μT
خشک کن ماشین لباسشوئی	۱۰۰-۱ "	۲ "
تلویزیون رنگی	۵۰۰-۱۰۰ "	۱۶ "
مته برقی	۵۰۰-۱۰۰ "	۲۰ "
خوراک پز برقی	۱۰۰۰-۵۰۰"	۴۰ "
بخاری برقی با پنکه	۵۰۰-۱۰۰ "	۲۰ "

جدول (۶) ـ شدت میدان مغناطیسی اطراف وسائل برقی خانگی

لازم به ذکر است که میدانهای مغناطیسی و الکتریکی مولفه‌های ثابت جهان ما و قسمتی از محیط زیست انسانها را تشکیل می‌دهند بعبارت دیگر هر فردی از افراد بشر در جوامع شهری تحت تأثیر میدانهای مغناطیسی با شدت‌های مختلف قرار می‌گیرد که حد شدت آنرا می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

ـ میدان مغناطیسی زمینی که روی آن زندگی میکنیم ۴۰ میکروتسلا

ـ در منزل و اطراف وسائل برقی خانگی ۴۰ میکروتسلا

ـ در محوطه کارخانجات ۲۰۰ میکروتسلا حداکثر

– در زیر خطوط هوائی فشارقوی و پستها ۴۰۰ میکروتسلا

بهرحال آنچه درباره اثرات سوء بیولوژیک میدانهای مغناطیسی و الکتریکی روی موجودات زنده می‌توان گفت بصورت خلاصه زیر است.

۱ـ میدانهای الکتریکی از ۱۰ Kv/m می‌تواند روی انسان اثر سوء داشته باشد.

۲ـ میدان مغناطیسی تا حد ۵ میلی تسلا یا معادل ۵۰ گوس هیچ اثر سوئی روی انسان ندارد. بیش از این حد می‌تواند روی ترکیبات خون ـ حد رشد ـ سیستم عصبی ـ رفتار انسان اثر سوء داشته باشد که البته این موضوع نیز مسجل نیست.

۳ـ میدان مغناطیسی ایستا با شدت بیش از ۸ تسلا می‌تواند باعث افزایش رشد نوعی سلولهای توموری گردد. هرچند مدارک کافی برای اثبات این موضوع نیز هنوز در دست نیست.

۴ـ بررسی شدت میدانهای الکتریکی در اطراف خطوط انتقال نیرو در ایران:

باتوجه به مطالب اشاره شده در فوق بمنظور بررسی وضعیت میدان الکتریکی در اطراف خطوط انتقال نیرو در ایران با استفاده از روش ماکسول و روش مارکت منگل و با بکارگیری کامپیوتر شدت میدان الکتریکی در اطراف تعدادی از خطوط ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت شبکه ایران محاسبه گردید که نتایج حاصل بصورت نمونه در زیر ارائه می‌گردد.

۱ـ۴ـ خط ۲۳۰ کیلوولت تک مداره ـ مدار اول منجیل ـ تبریز: این خط، یک خط تک مداره افقی با ارتفاع هادیها در روی برج از سطح زمین ۲۰/۷۳ متر و ارتفاع سیمهای محافظ روی برج از سطح زمین ۲۷/۷۴ می‌باشد. فواصل هادیها از محور خط به ترتیب ۷/۵+، صفر . ۷/۵– فواصل سیمهای محافظ ۵+ و ۵– متر می‌باشد.

خروجی کامپیوتر شدت میدان الکتریکی برای فواصل افقی از محور خط تا ۱۰۰ متر و برای ارتفاع تا ۳۰ متر را نشان می‌دهد که با استفاده از این داده‌ها برای نمونه توزیع میدان برحسب فاصله از محور خط و در چند ارتفاع از سطح زمین در منحنی شماره (۱) ترسیم گردیده است.

حال باتوجه به نتیجه محاسبات و منحنی توزیع میدان چنین مشاهده می‌شود که تا ارتفاع ۲۰ و ۲۲ متر از سطح زمین بطور کلی شدت میدان پائین‌تر از Kv/m ۱۰ است و فقط در ارتفاع ۲۰ و ۲۲ متر در فاصله‌ای تا ۱۰ متر از محور خط شدت میدان از Kv/m ۱۰ تجاوز می‌کند یعنی در محدوده‌ای بشعاع ۲/۵ متر از فاز کناری خط.

با درنظرگرفتن حد مجاز تعیین شده براساس تحقیقات انستیوی لنینگراد مندرج در جدول شماره (۳) شدت میدان اطراف این خط در فاصله ۱۷ متری از محور خط به Kv/m ۱ و در فاصله ۲۲ متری از محور خط Kv/m ۰/۵ می‌رسد که حد مجاز برای واحدهای مسکونی است. بعبارت دیگر حریم اول برای این خط می‌تواند ۱۴/۵ متر باشد.

۲ـ۴ـ خط دو مداره ۲۳۰ کیلوولت رینگ شیراز: این خط، یک خط دو مداره عمودی است که ارتفاع هادیها از سطح زمین در روی برج در سه ردیف ۲۱/۲، ۲۷/۱۶ و ۲۳/۱۶ متر و ارتفاع سیمهای محـافظ از سطح زمین ۳۹/۶ متر می‌باشد. فواصل هادیها از محور خط به ترتیب ۶/۷+۴/۷ و ۵/۷ و ۴/۷– ، ۶/۷– و ۵/۷– و فواصل سیمهای محافظ از محور خط ۲/۳۵ و ۲/۳۵– متر می‌باشد.

نتایج محاسبات انجام شده و توزیع میدان الکتریکی در چند ارتفاع نمونه از سطح زمین به صورت منحنی شماره (۲) ارائه شده است.

همانگونه که مشهود است شدت میدان تا ارتفاع ۱۹ متر از سطح زمین و در فاصله تا ۱۰۰ متر از محور خط هرگز به Kv/m ۱۰ نمی‌رسد و تنها ارتفاع ۲۰ متر به بالا و در فاصله‌ای تا ۸ متر از محور خط شدت میدان الکتریکی از Kv/m ۱۰ تجاوز می‌کند.

با درنظرگرفتن حد مجاز براساس معیار متداول در شوروی شدت میدان در فاصله ۱۸ متری از محور خط به Kv/m ۱ می‌رسد و در فاصله ۲۴ متری از محور خط به Kv/m ۰/۵ بعبارت دیگر در فاصله ۱۱ متری از فاز کناری شدت میدان به حد مجاز برای مناطق پرجمعیت و در فاصله ۱۷ متری از فاز کناری به حد مجاز برای مناطق مسکونی می‌رسم.

۳ـ۴ـ خط تک مداره ۴۰۰ کیلوولت تیران ـ اراک: این خط یک خط تک مداره افقی است که ارتفاع هادیها روی برج از سطح زمین ۲۰ متر و ارتفاع سیمهای محافظ ۲۸/۵ متر می‌باشد. فواصل هادیها از محور خط به ترتیب ۱۰/۶+، صفر و ۱۰/۶– فواصل سیمهای محافظ از محور خط ۸/۷+ و ۸/۷– می‌باشد.

نتایج محاسبات انجام شده و توزیع میدان الکتریکی در اطراف این خط برای چند ارتفاع نمونه بصورت منحنی شماره (۳) ترسیم گردیده است.

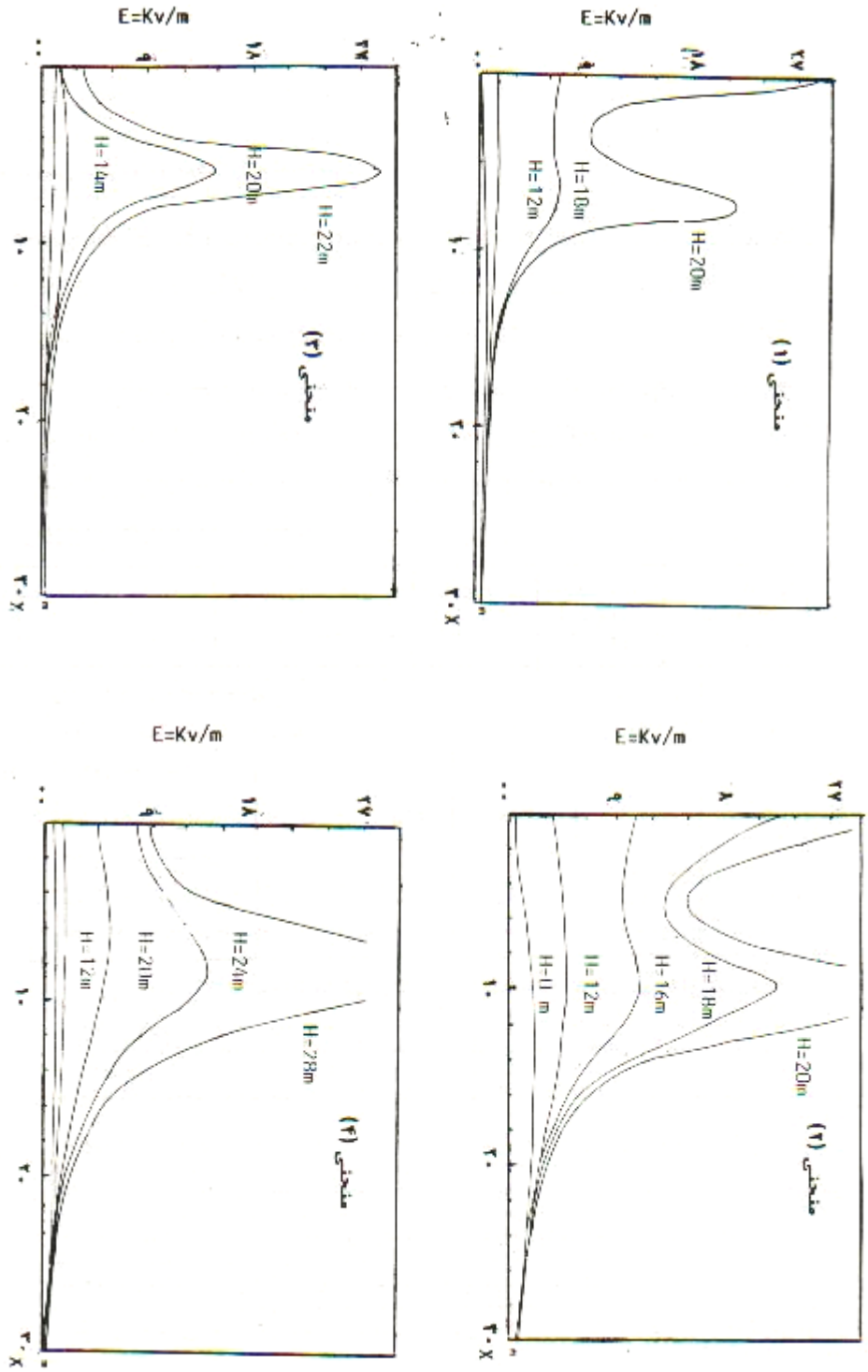
بهرحال براساس معیار متداول در شوروی شدت میدان الکتریکی در فاصله ۳۱ متری از محور خط به Kv/m ۱ و در فاصله ۴۳ متری از محور خط به Kv/m ۰/۵ می‌رسد. بعبارت دیگر براساس این نرم فاصله ۲۰ متری از فاز کناری منطقه مجاز برای نقاط پرجمعیت و فاصله ۳۲ متری از فاز کناری منطقه مجاز برای ساختمانهای مسکونی است.

۴ـ۴ـ خط دو مداره ۴۰۰ کیلوولت جلال ـ تهرانپارس: این خط یک خط دو مداره عمودی است که ارتفاع هادیها روی برج از سطح زمین در سه ردیف ۲۷ و ۳۶ و ۴۷ متر و ارتفاع سیمهای محافظ از سطح زمین ۵۷ متر می‌باشد. فواصل هادیها از محور خط ۸+۱۰+ ، ۸– ، ۱۰– ، ۸– و فواصل سیمهـای محافظ از محور خط ۶/۵+ و ۶/۵– متر می‌باشد.

نتایج محاسبات و توزیع میدان الکتریکی اطراف این خط برای چند ارتفاع نمونه بصورت منحنی شماره (۴) ارائه گردیده است.

همانطوریکه از نتایج محاسبات معلوم می‌گردد تا ارتفاع ۲۴ متری و فاصله ۱۰۰ متری از محور خط شدت میدان الکتریکی پائین‌تر از Kv/m ۱۰ است و از ارتفاع ۲۴ متری به بالا و تا فاصله ده متری از محور خط شدت میدان از Kv/m ۱۰ تجاوز می‌نماید.

براساس معیار متداول در شوروی شدت میدان الکتریکی در فاصله ۲۹ متری از محور خط به Kv/m ۱ و در فاصله ۳۳ متری محور خط به Kv/m ۰/۵ می‌رسد. بعبارت دیگر در این خط و با طراحی آن حد مجاز برای مناطق پرجمعیت در فاصله ۱۹ متری و برای واحدهای مسکونی ۲۳ متری از فاز کناری می‌باشد. همانطوریکه مشاهده می‌شود با تغییر طراحی خط از محور افقی به محور عمودی و افزایش ارتفاع پائین‌ترین هادی حد مجاز برای واحدهای مسکونی ۱۰ متر کاهش می‌یابد.



۵ـ بررسی سایر عوامل مؤثر در ایجاد حریم:

۱ـ۵ـ وزش باد: یکی دیگر از عوامل مؤثر در ایجاد حریم خطوط هوائی انتقال و توزیع نیرو دامنه نوسانات هادیها در اثر وزش باد است میزان این انحراف برای هر خط انتقال خود به پارامترهائی چون فاصله برجها، سرعت وزش باد، سطح بادگیر هادیها و غیره بستگی دارد.

دراینجا برای نمونه میزان انحراف هادی در اثر وزش باد برای چهار خط نمونه مشروحه در جدول شماره (۷) با درنظرگرفتن سرعت باد معادل ۴۵ m/s برای طوفان و ۲۰ m/s برای حالت یخبندان و برای اسپنهای حداقل، معادل و حداکثر معقول در مناطق شهری و روستائی محاسبه شده ذکر می‌گردد.

ردیف	نام خط	نوع هادی	اسپن معادل	انحراف در اسپن حداقل (۲۰۰ متر)	انحراف در اسپن معادل (متر)	انحراف در اسپن حداکثر (۴۰۰ متر)
۱	خط ۶۳ کیلوولت نمک آب رود- حسنکیف	لینکس	۲۴۰	۴/۷۳	۶/۸۰	۱۰/۶
۲	خط ۲۳۰ کیلوولت درخوزستان	دربك	۳۶۰	۲/۹۶	۹/۶	۱۱/۸
۳	خط ۴۰۰ کیلوولت جلال - شهیدسلیمی	کر لو	۳۶۵	۳/۶۷	۱۲/۲	۱۴/۷
۴	خط ۴۰۰ کیلوولت شیراز- امیدیه - اهواز	مارتین	۴۰۰	۳/۴۸	۱۳/۹	۱۳/۹

جدول (۷) ـ انحراف هادیها در اثر وزش باد شدید ۴۵ m/s در اسپن‌های مختلف

لازم به یادآوری است که استفاده از اسپن‌های طولانی تر از حدود ۴۰۰ متر در مناطق شهری و روستائی باتوجه به افزایش شکم هادی و کاهش حداقل فاصله مجاز از زمین و نتیجتاً انتخاب برجهای با ارتفاع زیاد برای رعایت استاندارد طراحی خط، گران شدن هزینه برجها و افزایش دامنه انحراف و کاهش قابلیت اطمینان خط در عمل صورت نمی‌گیرد. و این اسپانها در مناطق خارج از شهرها و عبور از دره‌ها و مناطق کوهستانی که عوامل نامبرده در آنها یعنی افزایش ارتفاع برج و سایر عوامل ناشی از آن ضرورتاً نباید رعایت گردد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نگاهی اجمالی به میزان انحراف هادیها در اسپن ۴۰۰ متری نشان می‌دهد که با اضافه کردن فواصل ایمنی در ولتاژهای فوق به این ارقام به ترتیب به اعدادی معادل ۱۲، ۱۶، ۲۰ متر می‌رسیم که در حد حریم درجه یک تعیین شده از طرف وزارت نیرو است. گرچه وزیدن بادی با سرعت ۴۵ m/s همزمان با انحراف هادیهای خط به ساختمانها و تأسیسات شهری نیز صدمه رسانده یا آنها را تخریب خواهد کرد. در هر صورت اگر بپذیریم که صدمه رسیدن به ساختمانها و تأسیسات نبایستی با خط برق گرفتگی و ایجاد حریق ناشی از اتصالی جریان برق توام گردد. لذا با قبول ارقام فوق که در حد حریم درجه اول این خطوط است ضرورتی برای رعایت حریم درجه (۲) وجود ندارد.

۲ـ۵ـ تخریب برج خطوط هوائی انتقال: عواملی که می‌تواند باعث تخریب برج انتقال گردد معمولاً بادهای شدید، سیل، سقوط بهمن و یا برخورد سنگ عظیم به پایه‌های برج و حرکت زمین می‌باشند که اتفاق چنین عواملی در شهرهای بزرگ بسیار کم خواهد بود بخصوص آنکه تخریب طوری انجام شود که برج از پائین‌ترین نقطه "در نزدیکی سطح زمین" قطع و بطول ارتفاع خود عمود بر محور خط ساقط شود و چنین استدلال گردد که شاید وجود حریم درجه دو برای این منظور بوده باشد. در برخورد با حریم خطوط انتقال این موضوع تا حدی در وحله اول قابل توجیه بنظر می‌رسد ولیکن برای خطوط ۲۰ کیلوولت که حریم درجه (۲) آن ۵ متر است قاعدتاً به حداقل ۱۰ تا ۱۲ متر حریم نیاز خواهد بود. باتوجه به این نکات ضمن بررسی مبانی فنی حریم خطوط به این نتیجه رسیدیم که می‌توان حریم را کاهش داد.

۶ـ نتیجه:

با توجه به مطالب گذشته و بررسیهائی که در مراکز تحقیقاتی جهان روی آثار سوء احتمالی میدانهای الکتریکی و مغناطیسی اطراف خطوط انتقال و توزیع نیرو بعمل آمده و محاسباتی که برای خطوط ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت ایران انجام شده است می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد:

ـ میدانهای الکتریکی با شدتی کمتر از ۱۰ کیلوولت بر متر روی موجودات زنده، ترکیب خون سیستم عصبی و روانی انسان هیچگونه اثر سوئی ندارد و این مطلب مورد تائید سازمان بهداشت جهانی نیز می‌باشد.

ـ میدان مغناطیسی تا حد ۵ میلی تسلا یا معادل ۵۰ گوس روی انسان اثر سوئی ندارد ولیکن در بعضی از بررسیهای انجام شده میدانهای مغناطیسی با شدت بیش از ۵ میلی تسلا می‌تواند روی سیستم‌های عصبی و ترکیبات خون اثرات سوء داشته باشد میدانهای مغناطیسی بیش از ۸ تسلا می‌تواند باعث افزایش رشد نوعی سلولهای توموری گردد، هرچند مدارک کافی برای اثبات این ادعا وجود ندارد.

ـ با توجه به معیارهای فوق و براساس محاسبات انجام شده روی خطوط انتقال ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت در ایران جز در شعاعی محدود در اطراف هادیها در بقیه نقاط اطراف این خطوط شدت میدان الکتریکی از ۱۰ کیلوولت بر متر کمتر است و شدت میدان مغناطیسی از ۴۰۰ میکروتسلا تجاوز نمی‌کند.

ـ با توجه به معیارهای منتج از تحقیقات انجام شده در انستیوی لنینگراد و مقایسه میدانهای الکتریکی محاسبه شده دراطراف خطوط انتقال نیرو در فاصله ۱۷ متری از فاز کناری ۲۳۰ کیلوولت و در فاصله ۲۰ متری از فاز کناری انتقال ۴۰۰ کیلوولت هیچ خطری برای انسان ساکن در خارج این حریم وجود ندارد. بنابراین باتوجه به این دو معیار می‌توان کلاً چنین نتیجه‌گیری کرد که حریمهای درجه یک تعیین شده برای خطوط توزیع و انتقال نیرو در ایران حریمهای منطقی و برای حفظ جان و سلامت انسانها رعایت آن الزامی است ولیکن حریم درجه (۲)، احتیاط بیش از حد و غیر ضروری است، بخصوص در شهر و روستاهای محل عبور خطوط انتقال نیرو می‌توان از حریم درجه دو صرفنظر کرد.

۷ـ مراجع:

۱ـ نکاتی در مورد میدانهای الکتریکی و مغناطیسی تولیدشده بوسیله سیستم های انتقال نیرو ـ محمدرضا طوسی پناه ـ مدیریت مهندسی و بررسیهای فنی ـ شرکت توانیر ـ ۱۳۶۲

۲ـ حریم از نظر فنی و حقوقی و قوانین مربوطه جلد اول، مرتضی سرمد چاپ درخشان سال ۱۳۵۴

۳ـ طراحی روش اقتصادی و اجرائی جهت حفاظت موجودات زنده در مناطق عبور خط انتقال پایان نامه کارشناسی الکتروتکنیک غلامرضا لاهیجی مجتمع آموزشی و پژوهشی شهید عباسپور ۱۳۶۶

4-CIGRE Transmission Line Open Conference, Group 22-Overhead lines, Sarajevo, Oct. 1989.

5-Extra High Voltage Transmission in Sweden Vattenfall, Swedish state power board, 1985.

6-Transmission Line Reference Book, 345 kv and above, second edition, Electric Power Research Institute.

7-Fifth International Symposium on High Voltage Engineering Technical University Braunschweig, F. R. G. 26. Aug. 1987.

8-Electra No.5, 94 (May, 1984), 110 (Jan. 1987), 124 (May 1989).

9-Electromagnetic Effects of Overhead Transmission Line Practical Problems, Safegards & Methods of Calculation IEEE PES Summer Meeting Cand; Jul. 1973.

10-A Survey of Methods for Calculating Transmission Line Conductor Surface Voltage Gradients. IEEE Trans. On Power Apparatus and System. Vol. PAS-98. No.6, N/ D. 1979.