

« بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ »

عنوان مقاله :

برق بعنوان آلاینده

نویسندگان :

کوروش مهدیزاده ، عضو باشگاه پژوهشگران جوان و دانشجوی برق دانشگاه آزاد اردبیل

لیلا مهدیزاده ، دانشجوی فیزیک دانشگاه تربیت آذر بايجان

آدرس :

اردبیل - خیابان سعدی - باغمیشه - کوچه ابو مسلم - پشت دبیرستان بهار - پلاک ۵۵

چکیده :

امروزه صنعت برق گونه ای با زندگی بشر در هم آمیخته که به سختی بتوان زندگی بدون برق را تصور کرد و لی این نیاز نباید هرگز انسان را از مضرات برق غافل کند .

در این مقاله ابتدا آلودگی میدانی تعریف و مضرات ناشی از آن بر روی محیط زندگی و موجودات زنده ذکر سپس برق بعنوان آلاینده میدانی در خطوط انتقال با میدانهای الکترومغناطیسی، مورد بررسی قرار گرفته است . ودر بخش بعدی مقاله از آلودگی هوا بعنوان تهدیدی جدی بر زندگی انسان یاد و نقش صنایع مختلف در آلودگی هوا بحث شده وسهم صنعت برق از میان این صنایع مشخص می گردد و در پایان هر بخش راهکارهایی جهت کاهش آلودگی هوا ناشی از صنعت برق پیشنهاد می گردد.

مقدمه:

یکی از مهمترین مسائل بشر امروزی بخصوص در جوامع پیشرفته و شهر های بزرگ ، مسئله آلودگی محیط زیست می باشد تعریف آلودگی محیط زیست چندان ساده نیست ولی شاید بتوان آنرا تنزل کیفیت محیط زیست از طریق افزودن ماده یا شکلی از انرژی نسبت به مقدار طبیعی آن ماده یا شکل انرژی دانست بطوریکه سلامت انسان را تهدید کند آلاینده های محیط زیست می توانند مواد شیمیایی مصنوعی یا شکلی از انرژی مثلا بصورت گرما یا صدا باشند . بطور کلی آلودگی های محیط زیست را می توان به چهار قسمت عمده تقسیم کرد : آلودگی میدانی ، آلودگی هوا ، آلودگی آب و آلودگی خاک . صنعت برق را می توان آلاینده ای دانست که نقش عمده ای در آلودگی هوا و فضای زندگی دارد .

اولین پیل الکتریکی در سال ۱۸۰۰ میلادی ساخته شد ولی این منبع برای برق رسانی قابل استفاده نبود تا اینکه در سال ۱۸۸۳ شبکه های برق رسانی در نیویورک و لندن شروع به کار کردند .از زمانی که خطوط انتقال نیرو و تأسیسات فشار قوی و پستها در مجاورت زندگی انسانها قرار گرفتند تحقیق و بررسی در مورد اثرات زیانبار میدانهای الکتریکی و مغناطیسی اطراف این تأسیسات بر محیط زیست توجه محافل علمی جهان را بخود جلب نمود.

در حدود یک و نیم قرن است که تولید الکتریسیته شروع شده و از پنجاه سال پیش بود که مقادیر مهمی از انرژی مغناطیسی و الکتریکی وارد محیط زندگی ما گردید و از همان زمان مسائلی راجع به حفظ محیطهای زیست که در معرض میدانهای الکترو مغناطیسی هستند قوت گرفت .

در چند دهه اخیر صنعت برق پیشرفت قابل توجهی داشت و به همین سبب استفاده از شبکه های با ولتاژ بالا و جریان های زیاد افزایش یافته است. این شبکه ها و خطوط انتقال در محیط اطراف خود میدانهای الکتریکی و مغناطیسی به وجود می آورند. به علت عدم وجود ضوابط منسجم و مشخص، حریم مجاز برای زندگی انسانها در اطراف تأسیسات فشار قوی و خطوط انتقال در کشورهای مختلف متفاوت می باشد و تا بحال نیز مقررات استاندارد شده بین المللی و ثابتی برای حریم فوق وضع نگردیده است خطوط هوایی از نظر فیزیکی بسته به ولتاژ و محل خود و همچنین شدت میدانهای ایجاد شده فضای مشخصی را اشغال میکند و چون گاهی خطوط فوق از داخل شهرها و از نزدیکی تأسیسات مختلف صنعتی می گذرند لازم است که فضای اشغالی به حد اقل برسد از طرف دیگر باید حریم خطوط طوری انتخاب شود که میدانهای الکتریکی و مغناطیسی حاصل، اثرات سوء مستقیم یا بیولوژیکی روی انسان نداشته باشند. با توجه به مطالب فوق باید یک حد مناسب برای حریم در نظر گرفته شود همین مسئله موجب انجام تحقیقات وسیعی در کشورهای مختلف شده است و در این راستا به بررسی اثرات بیولوژیکی میدانهای الکتریکی و مغناطیسی بر موجودات زنده پرداخته اند.

امروزه مشکل آلودگی هوا در مقیاسی جهانی مطرح شده است و کشورها در مجامع بین المللی در صدد چاره جویی برآمده اند. هم اکنون سهم نیروگاههای حرارتی در آلودگی هوا حدود ۳۰ درصد است و این در صورتی است که سهم بقیه صنایع بجز صنعت نفت ۳۵ درصد و سهم پتروشیمی و صنایع نفتی ۱۷ درصد و سهم وسایل نقلیه تنها ۱۳ درصد می باشد. در این مقاله ابتدا برق به عنوان آلاینده میدانی و سپس بعنوان آلاینده هوا مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

متن اصلی:

برق بعنوان آلاینده میدانی:

میدانهای الکترومغناطیسی

میدانهای الکترومغناطیسی امروزه بعنوان یک عامل مهم در محیط زیست وجود دارند به همین علت ترس از پیدایش امراض ناشناخته، دگر گونیهای ژنتیک، تغییر ترکیبات خون، تأثیر بر سیستمهای عصبی و ایجاد بیماریهای مزمن و لاعلاجی چون رشد سرطانی سلولها موجب نگرانی و انگیزه تحقیقاتی مراکز علمی جهان گردیده است. فقدان معیارهای علمی دقیق سبب گشته تا هر کشور بر اساس برداشت مسئولان از این مسائل و با در نظر گرفتن ضرایب ایمنی، ارقامی را برای حریم مطمئن انسانها در کنار خطوط انتقال تعیین کند. لازم به ذکر است که امواج الکترومغناطیسی به دو دسته تقسیم می شوند: دسته اول شامل امواجی مانند اشعه ایکس، گاما و .. که فرکانس آنها بیشتر از 10^{15} * ۳/۵ هرتز می باشد و تابش آنها موجب یونیزاسیون و پدیده ای بنام فتو الکتریک می شود و دسته دوم امواجی هستند که فرکانس آنها از دسته اول کمتر بوده و تابش کم یا پر انرژی آنها هیچ یونیزاسیونی را در پی نخواهد داشت. که از میان آنها می توان نور مرئی، امواج میکروویو، امواج تلویزیونی و امواج رادیویی را نام برد.

اثر میدان مغناطیسی بر محیط زیست

اثر میدان مغناطیسی در بدن موجود زنده بسته به فرکانس و شدت میدان و نیز نفوذ پذیری و قابلیت هدایت الکتریکی اجسام، متغیر است. میدانهای الکتریکی در بدن می توانند موجب حرکت بارهای الکتریکی شوند که طرز حرکت بارها نیز بستگی به ساختمان بدن دارد میدان مغناطیسی به وجود آمده در اطراف خطوط انتقال و توزیع در اثر عبور جریان از هادیهای خط برعکس میدانهای الکتریکی به تمام اعضای داخلی بدن انسان و هر موجود زنده ای نفوذ می کند اینکه چه حدی از شدت میدان الکتریکی می تواند برای انسان خطرناک باشد و حد اکثر آن در اطراف خطوط انتقال نیرو و توزیع چقدر است، خود مورد سؤال می باشد.

در یک فرکانس مشخص شدت میدان مغناطیسی در اطراف خطوط هوایی علاوه بر جریان خط به فاصله نقطه اندازه گیری تا مرکز هادی بستگی دارد. بر اساس محاسبات انجام شده حد اکثر شدت میدان مغناطیسی ۱۴ تسلا بر کیلو آمپر ($B = \mu I / 2 \pi R$) است البته باید توجه داشت که پیدایش میدانهای مغناطیسی در فرکانس پایین تنها محدود به اطراف خطوط انتقال و توزیع نیست بلکه در هر جایی که جریان الکتریکی باشد، باید وجود چنین میدانهایی را انتظار داشت.

القای الکترومغناطیسی در فرکانسهای قدرت در بدن افراد، کمتر مورد توجه بوده است. به دلیل پایین بودن سطح القا دقت عمل در باره این موضوع مستلزم در نظر گرفتن مسایل پیچیده ای مثل شکل بدن انسان و مقاومت پیچیده آن است که در سیستم فیزیولوژیکی موجود زنده تغییر می کند بخصوص مقاومت پوست و عدم تشابه بافتها روی مسیره های جریان اثر می گذارند. از قسمت های مختلف بدن انسان خون دارای کمترین مقدار مقاومت ویژه است سایر قسمت های بدن دارای مقاومتی به مراتب بیش از خون و بعضی حتی صد برابر بزرگتر از آن می باشند با وجود این می توان کل بدن را بعنوان یک حجم یکنواخت هادی الکتریسیته در نظر گرفت وقتی شخصی در مقابل میدان شدید قرار بگیرد جریان القایی موجب پاره شدن پوست می شود در این شرایط بدن مثل یک مقاومت الکتریکی ۷۰۰ اهمی عمل میکند که بزرگترین قسمت این مقاومت در دستها و پاها ی انسان است که در جدول زیر مشاهده می کنید:

درصد	قسمتهای
پخش مقاومت داخلی بدن	بدن
۳۷/۳	دستها
۹/۹	سینه
۱/۳	کمر

برای مقایسه جریان القایی الکترومغناطیسی با جریان القایی ناشی از میدان الکتریکی ، آزمایشها و محاسباتی صورت گرفته است که نتایج آنرا در زیر مشاهده می کنید :

شدت میدان الکتریکی ۱۰ کیلو ولت بر متر و قد شخص مورد آزمایش ۱۷۵ سانتی متر

قسمت بدن	محیط دایره ای مسیر عبور جریان (سانتی متر)	شدت جریان (میلی آمپر بر متر مربع)
گردن	۳۶	۴/۲
کمر	۹۱	۱/۹
قوزک پا	۲۳	۴۰

شدت میدان مغناطیسی ۰/۰۵ میلی تسلا ، قد شخص ۱۷۵ سانتی متر

قسمت بدن	محیط دایره ای مسیر عبور جریان (سانتی متر)	شدت جریان (میلی آمپر بر متر مربع)
سینه	۱۰۷	۰/۱۶
سر	۵۷	۰/۰۸۶

چنان که از نتایج بالا مشاهده می شود بیشترین جریان القایی ناشی از میدان مغناطیسی در سینه است که کمتر از ۰/۱ جریان القای الکتریکی در کمر می باشد . در مجموع با توجه به دلایل زیر القای مغناطیسی نسبت به القای الکتریکی اهمیت کمتری دارد .

الف- شدت جریان ناشی از القای مغناطیسی در بدن انسان کمتر از ۰/۱ مقداری است که به توسط میدان الکتریکی القا می شود .

ب- شدت جریان القایی مغناطیسی در پیرامون بدن انسان بیشترین مقدار و جریان ناشی از میدان الکتریکی کمترین مقدار را دارد .

پ - میدانهای مغناطیسی باعث جریان های تخلیه با مقدارهای پیک زیاد نمی شوند اما برای میدان الکتریکی این امکان وجود دارد .

اثر میدان الکتریکی بر محیط زیست

چنانچه گفته شد اثرات الکتریکی نسبت به اثرات مغناطیسی اهمیت بیشتری دارند و از طرف دیگر به دلیل رسانا بودن لایه خارجی پوست قسمتهای داخلی بدن انسان در مقابل میدانهای الکتریکی محفوظ است بعبارت دیگر میدانهای الکتریکی فقط می تواند اثرات خارجی روی بدن

بگذارد که اکثرا به صورت حرارت یا سوختگی سطحی و گاهی هم بر حسب شدت جریان ناشی از میدان الکتریکی که خود در فرکانس مشخص به ولتاژ خط انتقال بستگی دارد و به صورت سوختگی عمیق ظاهر میگردد البته باید متذکر شد که در اثر عبور جریان برق ناشی از قرار گرفتن فرد در میدان الکتریکی شک ایجاد شده در فرد می تواند تا حد مرگ خطرناک باشد.

گزارشهای مربوط به اثر میدان الکترومغناطیسی بر محیط زیست و سلولهای زنده :

از حدود چهل سال پیش پژوهشهای پیاپی در مورد زیانبار بودن یا نبودن امواج الکترومغناطیسی بر روی سلامت انسان به عمل آمده است که نتایج آن ذیلا تشریح می شود :

۱- خطر ابتلا به سرطان مغز استخوان برای مهندسان مخابرات و کسانی که با امواج رادیویی سروکار دارند ۲/۶ برابر بیشتر از اشخاص معمولی است .

۲- اشخاصی که در برابر تشعشعات غیر یونیزه هستند در مقایسه با اشخاصی که در معرض چنین امواجی نیستند هفت برابر بیشتر دچار سرطان خون ، چهار برابر بیشتر دچار اختلالات غده تیروئید می شوند و برای اشخاص بین ۲۰ تا ۲۹ ساله امکان ابتلا به سرطان ۵/۵ برابر بیشتر است.

۳- خطر ابتلا به سرطان برای بچه هایی که منازل آنها نزدیک به سیمهای انتقال جریان است پنج برابر بیشتر از بچه های دیگر است

۴- در زنان بار داری که در زمستان از تشکهای آبی یا پتوهای برقی استفاده می کنند امکان سقط جنین وجود دارد .

۵- میدانهای خطوط فشار قوی دارای فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز مانع ایجاد گلبولهای سفید خون شده در نتیجه بدن در مقابله با بیماریها ضعیف می گردد .

۶- امکان سقط جنین در زنان بارداری که اپراتور کامپیوتر هستند دو برابر بیشتر از زنان بار دار دیگر است این نتیجه از یک آزمایش روی ۱۵۹۳ نفر بدست آمده است .

۷- ...

از طرف دیگر محققان در تلاش برای بررسی اثر میدانهای الکتریکی و مغناطیسی بر روی سلول زنده به زیست شناسی متوسل شده اند تحقیقات وسیع در این زمینه نشان می دهد که غشاء سلول نسبت به میدانهای کم فرکانس حساس است این فرکانسها برخی از مکانیسمهای زیست - شیمیایی مانند مبادله پتاسیم و کلسیم از طریق غشاء سلولی را تغییر می دهند نکته مهم و خطرناکتر این است که به نظر می رسد این امواج موجب بی نظمی در ساخت DNA و انتقال خصوصیتهای ارثی از کروموزمهای سلول به اسید ریبونوکلیک (RNA) می گردند .

با توجه به مطالب گفته شده و بررسی هایی که در مراکز تحقیقاتی جهان روی آثار سوء احتمالی میدانهای الکتریکی و مغناطیسی اطراف خطوط انتقال و توزیع نیرو بعمل آمده است و در نظر گرفتن محتاطانه ترین نتایجی که تا کنون بدست آمده می توان گفت که : میدانهای الکتریکی

با شدت کمتر از ده کیلو ولت بر متر روی موجودات زنده ، ترکیب خون ، سیستم عصبی و روانی انسان هیچگونه اثر سوئی ندارند . میدان مغناطیسی تا حد ۰/۷۶ میلی تسلا روی انسان اثر سوئی ندارد و در بعضی از بررسی های انجام شده مشخص گردیده که میدانهای مغناطیسی با شدت بیش از ۵ میلی تسلا می تواند روی سیستمهای عصبی و ترکیبات خون اثر سوء داشته باشد، بر اساس محاسبات انجام شده روی خطوط انتقال ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولتی در ایران ، (جز در شعاعی محدود) در اطراف هادیها در سایر نقاط، شدت میدان الکتریکی از ده کیلو ولت بر متر کمتر است و شدت میدان مغناطیسی از ۰/۴ میلی تسلا تجاوز نمی کند . بنابر این در صورت رعایت حریمهای قانونی فعلی می توان گفت که خطوط فشار قوی در ایران اثرات سوء بیولوژیکی روی موجودات زنده که در مجاورت آنها هستند ندارند .

برق آلاینده هوا

امروزه مشکل آلودگی هوا در قیاسی جهانی مطرح شده است و کشور ها در مجامع بین المللی در صدد چاره جویی برآمده اند اما مسئله آلودگی هوا چه ارتباطی به صنعت برق دارد؟

جدول آلاینده های محیط

منابع	دوده	دی اکسید گوگرد	اکسید نیتروژن
نیروگاهها	۲۴	۶۹	۳۳
صنعتی	۶	۸	۱۰
مراکز صنعتی	۴۷	۱۳	۲
وسایل نقلیه	۹	۵	۵۰
سایر عوامل	۱۰	-	-

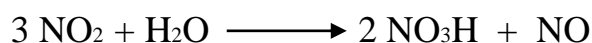
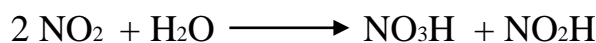
آنچه از این جدول بر می آید سهم عمده نیروگاهها در آلودگی هوا است . این آلودگیها سبب اختلالات زیستی در موجودات زنده می شوند . مثلا اکسید گوگرد در انسان ایجاد خفگی ، آبریزش بینی و چشم ، تنگی نفس و آسم و سرطان ریه و در گیاهان موجب خرابی محصولات و کاهش رشد آنها می شود و نیز در مواد موجب خوردگی می گردد . یکی از جالبترین و در عین حال مهمترین موضوعاتی که امروزه در محافل علمی توجه دانشمندان را به خود جلب کرده ، اثر گلخانه ای می باشد.

جو زمین از گازهایی که بیشتر آنها نیتروژن و اکسیژن هستند و بعضی گازهای دیگر مانند دی اکسید کربن و بخار آب تشکیل شده است حال اگر کره زمین را مثل گلخانه ای بزرگ در نظر بگیریم گازهایی مانند دی اکسید کربن همانند حفاظهای این گلخانه بوده و نقش حفظ کننده دما را بازی می کنند. اگر گاز دی اکسید کربن وجود نداشت دمای زمین ۴۰ درجه سانتی گراد پایین تر از دمای کنونی بود از اینجا اهمیت گاز دی اکسید کربن در توازن دمای زمین مشخص می شود و علت این پدیده آن است که گاز دی اکسید کربن موجود در هوا مقدار معینی از اشعه مادون قرمزی را که از سطح کره زمین رها می گردد را جذب می کند افزایش میزان گاز دی اکسید کربن موجب جذب بیشتر این اشعه شده اجازه نمی دهد که به فضای خارجی راه یابند به همین سبب فضای کره زمین مثل یک گلخانه بتدریج گرمتر می شود. مهمترین منبع تولید دی اکسید کربن احتراق ذغال و دیگر ترکیبات کربن دار است و مهمترین مرکز استفاده از اینگونه ترکیبات نیروگاههای حرارتی می باشند. نیروگاههای حرارتی و در نتیجه صنعت برق مهمترین عامل تشدید اثر گلخانه ای هستند زیرا این مراکز سوختههای کربن دار را در مقادیر بسیار زیاد مصرف می کنند و از سوختن هر تن کربن تقریباً ۴ تن دی اکسید کربن تولید می شود:



در صنعت الکترونیک مقادیر زیادی از کلروفلوئوروکربن را بعنوان حلال، در فرآیند تولید مدارهای مجتمع مصرف می کنند. اینها مواد سرد کننده ای هستند که در ساختمان دستگاههای تهویه مطبوع و یخچالها بکار می روند. ترکیبات کلروفلوئوروکربن (CFC) ترکیباتی پایدارند از اینرو به سرعت تجزیه نمی شوند و وقتی در هوا رها شوند در اثر جابجایی هوا بالا و بالاتر می روند تا در نواحی قطبی به لایه اوزون برسند در آنجا بر اثر تابش فرابنفش نور خورشید به اجزای واکنش پذیری (رادیکالی) تجزیه می شوند این اجزا با اوزون موجود در جو واکنش می دهند و موجب از بین رفتن لایه اوزون می گردند و از بین رفتن این لایه موجب راهیابی امواج فرابنفش و در نتیجه باعث ایجاد و تشدید سرطانهای پوستی می شود بطوریکه می توان گفت یک درصد کاهش این لایه خطر ابتلا به سرطان پوست را ۳ تا ۵ درصد افزایش می دهد.

اکسیدهای نیتروژن از اجزای جدایی ناپذیر محصولات احتراق سوختههای فسیلی می باشند که تحت فشار و دمای زیاد ایجاد می شوند مثلاً NO_2 به همراه هیدروکربنها و نور خورشید موجب پیدایش دوده از O_3 به طریق فتوشیمیایی می گردد.



یک دیگ بخار به ظرفیت ۱۷۰ تن در ساعت قابلیت ایجاد ۲/۲ تن اکسید نیتروژن را به طور روزانه دارد پس یکی از مهمترین و مناسبترین محیطهای ایجاد اکسید های نیتروژن اتاق احتراق نیروگاهها می باشد و اکسید های نیتروژن هم موجب تخریب لایه اوزون می گردند . مطابق روشهای قدیمی دو راه برای حذف یا کاهش صدور گازهای مضر از نیروگاهها وجود دارد و تلاشها بر این دو محور استوار است . روش اول ایجاد و مصرف سوختی است که دارای زوائد کمتری باشد در این روش تلاش بر روی تغییر و تبدیل سوخت به روشی مناسب انجام می پذیرد بخش عمده ای از این فعالیتها بر روی ذغال سنگ متمرکز است زیرا این ماده سوختنی که قادر به ایجاد CO_2 و NO_x در مقادیر بسیار زیاد است بیشترین آسیب را به جو می زند بنابراین این تلاش می شود که این ماده را به صورتی تمیز تر در آورند یا آنرا به سوخت مایع یا گاز مبدل سازند این تلاش اکنون به نتیجه رسیده است بطوریکه نیروگاههایی ساخته شده که قادر است ذغال سنگ را به گاز مبدل سازد ، یا قدرت جذب دی اکسید کربن را دارد ، یا می تواند نفت مصنوعی از ذغال سنگ استخراج کند .

در روش دوم اجازه می دهند که سوخت در حالت غیر تصفیه شده اش در اختیار نیروگاهها قرار بگیرد و بعد در خود نیروگاه از طریق ایجاد شرایط مناسب صدور گازها را کنترل می کنند و کاهش می دهند.

گفتیم که مهمترین عامل ایجاد مونوکسید کربن احتراق ناقص می باشد و احتراق ناقص نیز بر اثر کم بودن زمان احتراق ویا یا کم بودن اکسیژن می باشد پس باید زمان احتراق کافی و میزان اکسیژن به حد لازم باشد این امر ما را به بررسی و مطالعه شرایط سوخت و نیز طراحی بهتر اتاقهای احتراق خواهد کشاند .

همانطور که گفتیم اکسیدهای نیتروژن در دماهای خیلی بالا ایجاد می شوند و یکی از چنین محیطهایی اتاق احتراق نیروگاههاست. در این مکان از ترکیب اکسیژن و نیتروژن اکسید نیتروژن ایجاد می شود . پس بدین ترتیب عامل ایجاد اکسید نیتروژن دمای بالا و وجود اکسیژن و نیتروژن است پس می بایست برای کاهش تولید گاز اکسید نیتروژن به نحوی دمای بالا در اتاقهای احتراق را کاهش داد و لی این یک نتیجه مضر خواهد داشت زیرا دیدیم که شرط عدم ایجاد گاز مونوکسید کربن احتراق کامل است و برای احتراق کامل حرارت زیادی لازم است فلذا کاهش میزان تولید اکسیدهای نیتروژن موجب افزایش تولید مونوکسید کربن خواهد شد و بالعکس . همین مسئله عمده ترین مشکل کنترل گازهای سوخته شده می باشد برای کاهش آلودگی می توان اقدامات زیر را انجام داد :

افزایش میزان اکسیژن در داخل کوره ، انتخاب بهینه ابعاد اتاق حرارت ، ایجاد حالت تقارن برای شعله . با این وجود باز هم گازهای اکسید نیتروژن به وجود می آیند که می توان از روشهای زیر جهت کاهش تولید بهره گرفت :

۱- برگرداندن گازهای تولید شده به داخل کوره : این عمل موجب انتقال دمای گازها به کوره شده و تا حدی نیاز ایجاد دماهای بالا در داخل کوره را کاهش می دهد .

۲- احتراق دو مرحله ای سوخت : با این روش احتراق ناقص سوخت در دمایی پایین در ناحیه اول انجام می گیرد که منجر به کاهش تولید اکسیدهای نیتروژن می شود و در ناحیه دوم محصولات احتراق قبلی به کمک هوای خالص ورودی و سوخت دوباره به طور کامل و باز در دمای کم سوزانده می شود این عمل هم موجب کاهش مونوکسید کربن می شود .

۳- کاهش زمان توقف در ناحیه احتراق : در این روش سوخت و هوا را با سرعت زیاد از مناطق احتراق می گذرانند و عمل احتراق را در طول بیشتری انجام می دهند بدین ترتیب سوخت کاملاً می سوزد و نیاز به ایجاد دمای موضعی هم از بین می رود .

۴- کاهش اکسیدهای نیتروژن به روش شیمیایی : در این روش با استفاده از آمونیاک اکسید های نیتروژن را از طریق تجزیه شیمیایی و در حضور گرما از بین می برند که حاصل ، بخار آب و نیتروژن سه اتمی است .

باید به این نکته نیز توجه کرد که آلودگی هوا و گرم شدن محیط زیست موجب تقاضای بیشتر انرژی برق جهت استفاده از دستگاههای تهویه مطبوع و خنک کنند شده و تولید انرژی برق نیز خود باعث افزایش آلودگی هوا خواهد شد بطوریکه اگر بشر در این چرخه بیافتد راه بازگشتی نخواهد بود .

کلیه این مشکلات دانشمندان را به فکر استفاده از نیروگاههای بادی ، آبی ، زمین گرمایی ، جذر و مد و استفاده از نیروگاههای هسته ای با وجود خطرات ذاتی انداخته است .

منابع:

- 1.Sander; J.Brinkmann ; B.Kuhne;laboratory Studies on animals and human Beings Exposed to 50 Hz Electric and Magnetic Fields.
- 2.J.H. Bernhardt; H.J.Haubrich; G. Newi;N. Krause;K.H.Schneider:Limit for Electric and Magnetic Fields in DIN VDE Standards Consideration for the range 0 to 10 KHz.
- 3.J.A.Bonnell ; B.J.Maddock ;Dr . J. Cabanes; C.Gary; R.Conty; P.Nicoline; Reserch on Biological Effects of Power FereqencyFields.
4. ENEL Reserch on Biological Effects of 50 HZ EMF Transmission & Distribution.
- 5.CIGRE,Sc.22. Transmission Lines open conference. Sarajevo.

۶- مجله برق - نشریه علمی و فنی برق - وزارت نیرو - سازمان برق ایران .