

## نتایج اندازه گیری میدانهای الکترومغناطیسی در کارگاه های تولید شمش آلومینیوم

نیلوفر احمدی<sup>۱</sup> - علیرضا معصومی<sup>۲</sup>

**خلاصه :** در بخش نخست این مقاله منابع تولید کننده میدانهای الکترومغناطیس را در صنعت ذوب آلومینیوم توصیف کرده و نتایج تحقیقات بعمل آمده در تعدادی از کارخانجات دنیا را تشریح مینماید. نتایج حاصله حاکی از آن است که میزان تماس با میدانهای الکترومغناطیس در این صنایع خیلی کمتر از حد مجاز تماس شغلی است که توسط ACGIH و در حد ۶۰ میلی تسلا تعیین شده است. هرچند انتظار میرفت برای کارگرانی که در داخل سالنهای تولید و در مجاورت سلها (دیگهای) احیا آلومینیوم و در نزدیکی کندانکتورها و باس بارها کار میکنند بدلیل وجود شدت جریان قوی مقادیر اندازه گیری شده بالاتر باشد. اما عملاً چنین اتفاقی رخ نداد. در بخش دوم نتایج حاصل از سنجش میدانهای الکترومغناطیسی را در کارگاههای کارخانه ذوب آلومینیوم تشریح میگردد.

**کلمات کلیدی :** EMF، میدان الکترومغناطیسی پایا، صنایع ذوب آلومینیوم

### میدان الکترومغناطیسی چیست ؟

میدان الکترومغناطیس یا به اختصار EMF در نتیجه عبور جریان الکتریسیته از میان مواد رسانا پدید میآید. این رسانا میتواند شامل خطوط انتقال نیرو، اتصالات الکتریکی و یا باس بارها در سالنهای احیاء یک کارگاه ذوب آلومینیوم باشد. بزرگی EMF به شدت جریان برق (آمپراژ) بستگی دارد. اگر جریان برقی از رسانا عبور نکند و در واقع برق قطع باشد هیچ میدانی هم بوجود نخواهد آمد. بنابراین افزایش شدت میدان با افزایش شدت جریان رابطه مستقیم دارد. در کارگاههای ذوب آلومینیوم شدت جریانی که از دیگها (pots) عبور میکند آنقدر بالاست که میتواند EMF قدرتمندی در اطراف خط تولید ایجاد کرده و کارگران را تحت تاثیر قرار دهد. بزرگی این میدان با افزایش فاصله از منبع (به عنوان مثال باس بارها) کمتر میشود. EMF از بیشتر مواد میتواند عبور کند بنابراین ایجاد مانع و حفاظ برای آن کار بسیار مشکل و تقریباً غیرممکن است. شدت میدان الکترومغناطیسی با واحدی به نام تسلا یا گوس اندازه گیری میشود. (یک تسلا برابر است با ۱۰<sup>۴</sup> گوس). تسلا نسبت به گوس واحد جدیدتری است و تغییرات شار مغناطیسی را در واحد مساحت بیان میکند. تسلا از نام یک مهندس برق اهل کروواسی به نام نیکولا تسلا (۱۸۵۶-۱۹۴۳) گرفته شده که در زمینه جریان القایی (برق متناوب) و میدانهای الکترومغناطیسی تحقیق میکرد.

### انواع جریانهای برق و میدانهای حاصله :

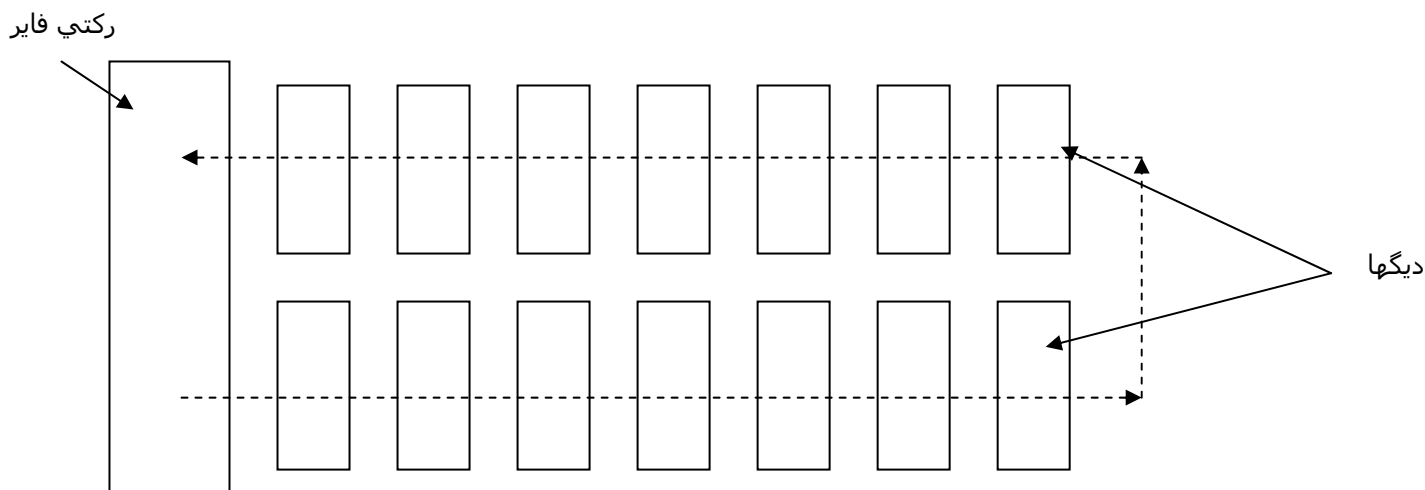
همانطوریکه میدانیم برای عبور الکتریسیته از درون رسانا دو نوع جریان وجود دارد: جریان متناوب (AC) و جریان مستقیم (DC). با توجه به نوع میدان الکترومغناطیسی حاصله، این دو جریان با هم متفاوت میباشند. مشخصه اصلی میدان مغناطیسی حاصل از جریان AC این است که جهت و شدت میدان بر حسب میزان فرکانس آن که ممکن است ۵۰ یا ۶۰ هرتز باشد، در هر ثانیه تغییر می نماید. EMF حاصل از برق AC در زمان القای جریان به کندانکتورها بوجود میآید. جریان DC دلیل صفر بودن فرکانس و نداشتن تغییرات در واحد زمان میدان الکترومغناطیسی استاتیکی (پایا) ایجاد میکند. این جریان قادر نیست جریان القایی در بدن بوجود آورد مگر آنکه افراد در میدان حرکت نمایند. برای درک بهتر تصور کنید که میدان حاصل از برق AC بصورت امواجی است که دائماً در حرکتند ولی میدان ناشی از برق DC امواجی ثابت و بی حرکت میباشند.

### اهمیت EMF در صنعت آلومینیوم :

<sup>۱</sup> کارشناس بهداشت حرفه ای مدیریت درمان تامین اجتماعی استان هرمزگان  
<sup>۲</sup> کارشناس بهداشت حرفه ای کارخانه تولید شمش آلومینیوم

عنصر آلومینیوم بدلیل میل ترکیبی شدیدی که با اکسیژن دارد در طبیعت بصورت فلز دیده نمیشود بلکه به شکل اکسید آلومینیوم ( آلومینا به فرمول  $Al_2O_3$  ) موجود میباشد و با روش الکترولیز حرارتی ( electro-thermal ) و با کمک کربن خالص ( آند و کاتد ) و کریولیت به عنوان الکترولیت در سللهایی تحت عنوان ( pot ) فلز آلومینیوم تقریباً خالص بدست می آید. این پروسه نیاز به مقادیر معتدلهایی از انرژی برق دارد که بایستی بصورت DC وارد خط تولید گردد . برای تامین برق مستقیم با شدت جریان بسیار بالا لازم است جریان برق متناوب AC قبل از ورود به خط تولید ( pot line ) توسط واحد رکتی فایر ( یکسو کننده ) به برق DC تبدیل شود و از داخل ردیف دیگها که بصورت سری قرار دارند عبور نماید .

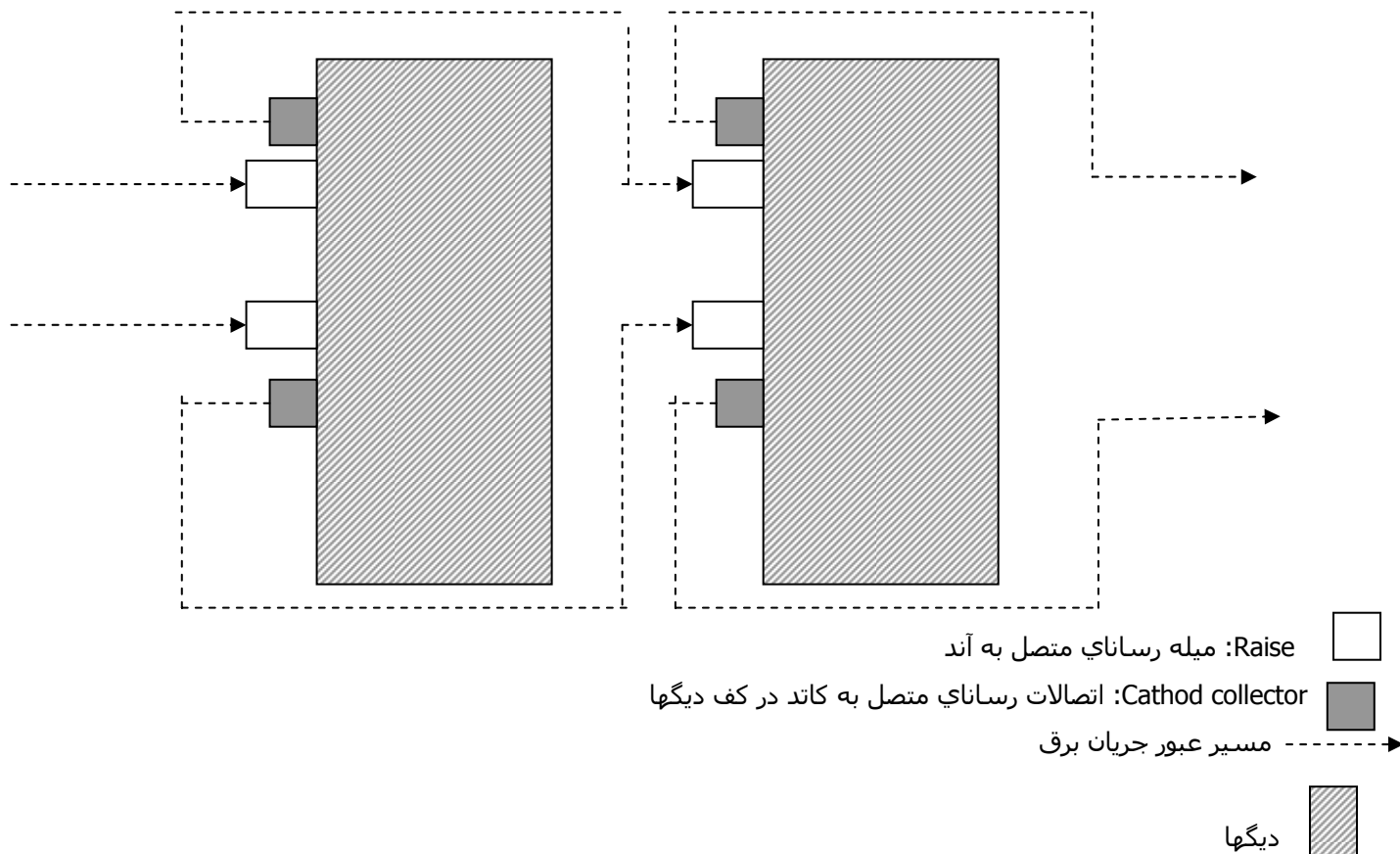
**شکل ۱ : برق AC توسط رکتی فایر به برق DC مبدل شده و بصورت سری از درون سللهای احیاء عبور میکند**



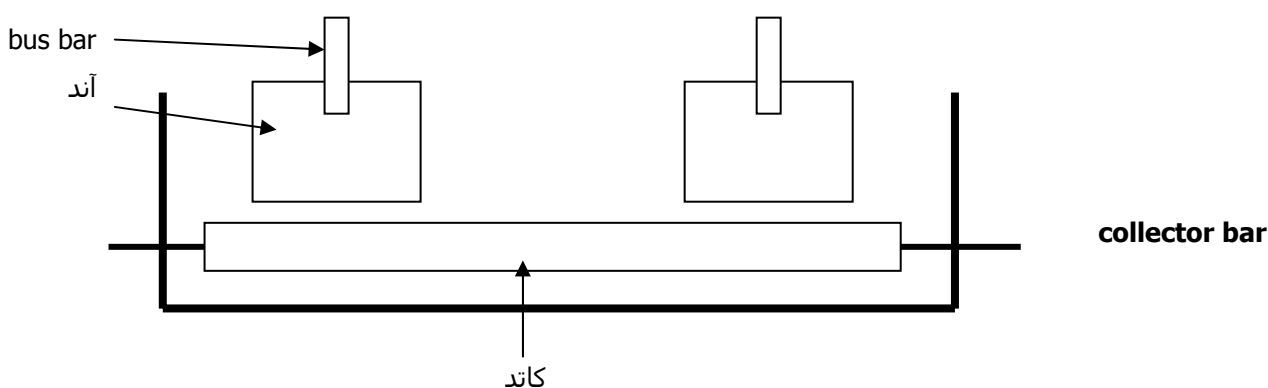
جریان پس از خروج از یک دیگ از طریق باس بار ( bus bar ) به آند دیگ بعدی منتقل میشود سپس جریان از آند عبور کرده وارد کریولیت مذاب و پودر آلومینا ( $Al_2O_3$ ) میشود . از آنجا به کاتد رسیده و سپس از طریق collector bar خارج شده و به آند دیگ بعدی منتقل میگردد.

بنابراین در طول مسیری که جریان از آن عبور میکند در قسمتهایی که رسانا وجود دارد یعنی ( میله های متصل به آند ها و باس بارها <sup>۴</sup> ) میدان الکترومغناطیسی پدید می آید.

**شکل ۲ : تصویر شماتیک خط تولید از بالا : مسیر عبور جریان برق از رکتی فایر به سمت دیگها میباشد**



شکل ۳: تصویر شماتیک مقطع عرضی جایگاه آند و کاتد در داخل یک دیگ



#### مقادیر استاندارد EMF:

حد تماس مجاز آستانه ( TLV- TWA ) برای میدانهای الکترومغناطیسی پایا ، توسط مجمع دولتی بهداشت حرفه ای آمریکا ACGIH بر حسب چگالی شار مغناطیسی تعیین شده که تقریباً همه کارگران میتوانند مکرراً و هر روز ( در طول یک شیفت کاری ۸ ساعته ) با آن در تماس باشند بدون آن که اثرات نامطلوبی بر سلامت آنها بگذارد .

حد تماس مجاز آستانه EMF برای کل بدن برابر با ۶۰ میلی تسلا و حداکثر ۶۰۰ میلی تسلا ( تماس ۸ ساعته در روز ) و مقدار سقف ( تماس لحظه ای ) آن ۲ تسلا تعیین شده .

مبنای تعیین حد آستانه مجاز برای تمام بدن حداقل میدان مغناطیسی پایایی است که در اثر اختلاف پتانسیل ۱ میلی ولت در آنورت یک انسان بالغ سالم ایجاد گردد . این میدان شدتی معادل ۶۰ میلی تسلا دارد .

#### اندازه گیری EMF در صنایع ذوب آلومینیوم:

اندازه گیری EMF به ۲ روش در صنعت ذوب آلومینیوم انجام شده است :

۱. اندازه گیری محیطی که میدان را در زمان و مکان مشخصی تعیین و تعریف میکند .

۲. دوزیمتری که حد تماس مجاز آستانه TWA را برای افراد در تماس با میدان و در یک کاری مشخص ، تعیین مینماید.

تا کنون در برخی از صنایع ذوب آلومینیوم در سراسر دنیا میدانهای الکترومغناطیسی اندازه گیری شده که اسامی این صنایع به شرح زیر میباشد : کارخانجات ذوب آلومینیوم استرالیا ، نروژ ، آلکان ( کانادا ) ، رینولدز لانگ ویو ( آمریکا ) ، کایزر تاکوما ( آلمان ) و

مجموعه صنعتی آلوماکس ( آمریکا ) شامل : ( Intalco - Mt. Holly - Lauranco - Eastanco ) و **در کار تحقیقی اخیر برای اولین**

**بار در ایران و در یکی از کارخانه های تولید شمش آلومینیوم** به لحاظ تفاوت در روشهای جمع آوری داده ها در صنایع فوق

نمیتوان مستقیماً نتایج را باهم مقایسه کرد اما میشود استنباطی کلی از نتایج حاصله بدست آورد.

### **آلومینیوم آلکان ( کانادا ) :**

این خط تولید با برق ۱۷۸ تا ۱۸۰ کیلو آمپر کار میکند . در این مجموعه دوزیمتری و TWA برای مشاغل مختلف سالنهای احیاء انجام

شد . شدت میدان DC با افزایش فاصله از BUS کمتر میشود .

### **آلومینیوم نروژ :**

در این صنعت نیز دوزیمتری و TWA انجام شد و تعیین گردید شدت میدان پایا در سالنهای احیاء بین ۲ تا ۱۰ میلی تسلا و شدت

میدان حاصل از برق AC بین ۱ تا ۵ میلی تسلا میباشد .

### **آلومینیوم استرالیا :**

برق مصرفی در این صنعت ۱۸۵ کیلو آمپر و تولید آلومینیوم با تکنولوژی Pechiney میباشد . اندازه گیری میدان در اطراف دیگهای

مختلفی صورت گرفت . شدت میدان بین ۲ تا حداکثر ۲۰ میلی تسلا اندازه گیری شد . بالاترین مقادیر مربوط به نزدیکترین فاصله از

Risers و Bus bar بود.

### **آلومینیوم رینولدز لانگ ویو ( آمریکا ) :**

برق مصرفی در این کارخانه در ۲ خط تولید ۶۸ و ۱۰۰ کیلو آمپر میباشد . در این مجموعه نیز دوزیمتری و سنجش TWA برای

مشاغل مختلف کارگاه احیاء بعمل آمد . با مقایسه مشاغل مشابه در خطوط تولید مشخص شد هرچه شدت جریان بالاتر رود شدت

میدان هم افزایش میابد .

### **آلومینیوم کایزر تا کوما ( آلمان ) :**

میزان برق مصرفی در دو خط تولید ۶۰ و ۹۰ کیلو آمپر میباشد . در این کارخانه دوزیمتری و TWA برای کارکنان مشاغل مختلف در

خط تولید اندازه گیری شد . همچنین اندازه گیری ها هم برای کارگران تعمیرات احیاء و هم خط تولید بطور جداگانه مقایسه شد

انتظار میرفت کارگران تعمیرات بدلیل فاصله بیشتر از منبع EMF یعنی باس بارها ، کمتر در معرض باشند .

### **مجموعه صنعتی آلوماکس ( آمریکا ) :**

شدت جریان برق مصرفی ۱۸۶ و ۲۰۵ کیلو آمپر میباشد . در کلیه کارگاههای ذوب این مجموعه و برای تمام رده های شغلی در

خطوط تولید ، دوزیمتری و TWA محاسبه شد . همانطوری که انتظار میرفت میزان تماس با EMF با افزایش ولتاژ بالاتر میرفت .

### **نتیجه گیری :**

میزان تماس افراد با EMF تحت تاثیر ۳ عامل عمده قرار میگیرد :

۱. شدت جریان برقی که از خط تولید عبور میکند .

۲. میزان مجاورت افراد با میدان

۳. مدت زمانی که افراد در میدان سپری میکنند .

کارگرانی که مدت بیشتری را در اطراف دیگها و باس بارها سپری میکنند طبعاً تماس بالاتری هم با میدان دارند . همچنین

هرچه شدت جریانی که از خط عبور میکند بالاتر باشد به همان نسبت شدت میدان حاصله از آن هم بیشتر خواهد بود . علی

رغم تفاوت در روشهای ارزیابی تماس با EMF میتوان چنین نتیجه گیری کرد که میزان تماس با EMF در صنایع ذوب آلومینیوم بطور

کلی خیلی کمتر از حد تماس پیشنهادی ACGIH یعنی ۶۰ میلی تسلا میباشد . این نتیجه از آنجا حاصل شده که در بالاترین

شدت جریان ( ۳۱۶ کیلو آمپر ) و طولانی ترین زمان تماس در میدان حاصل از این جریان ( ۸ ساعت ) مقدار TWA بدست آمده

تنها ۱۰ میلی تسلا بود و در هیچ موردی میزان TWA اندازه گیری شده از ۱۰ میلی تسلا فراتر نرفت .

## نتایج سنجش میدان الکترومغناطیسی

### روش کار :

اندازه گیری انجام شده در مجتمع ذوب آلومینیوم برخلاف سایر کارخانجات ذوب آلومینیوم که قبلاً شرح داده شد ، تنها بصورت محیطی بوده و میزان تماس کارکنان اندازه گیری نشده است . این سنجش با هدف تعیین HAZARD های محیط کار و در راستای استقرار سیستم HSE در مجتمع صورت گرفته است .

### وسيله سنجش :

از آنجا که نوع وسیله سنجش ( **HOLADY – HI- 3604** ) متناسب با میدانهای الکترومغناطیسی پایا ( میدان ناشی از جریانهای DC ) نبودناگزیر در خط تولید و اطراف دیگها فقط سنجش میدان الکتریکی صورت گرفت . ولیکن در زیر خطوط حامل جریان AC و DC در واحد رکتی فایر سنجش میدان مغناطیسی و الکتریکی بصورت توأم انجام شد.

### مقایسه با استانداردها :

۱- طبق حدود تماس شغلی عوامل بیماریزا منتشره از سوی وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی مقدار استاندارد مواجهه با میدان مغناطیسی در گستره فرکانسی ۳۰ کیلوهرتز و کمتر برابر با ۶۰ میلی تسلا معادل ۶۰۰ گوس در یک روز ( شیفت ۸ ساعته ) همچنین مقدار استاندارد مواجهه با میدان الکتریکی در فرکانسهای صفر تا ۱۰۰ هرتز حداکثر ۲۵ کیلوولت بر متر مربع در طول یک شیفت ۸ ساعته میباشد .  
حد تماس سقف ( تماس لحظه ای ) در گستره ۴ تا ۳۰ کیلوهرتز ۶۲۵ ولت بر متر مربع تعیین شده است.  
۲- شیفت کاری کارگران در زمان سنجش ۸ ساعت بوده است.

### نتیجه سنجش:

۱- **میدانهای مغناطیسی:** بلحاظ آن که شدت جریان برق عبوری از سالن احیاء آلومینیوم حدود ۱۵۰ کیلو آمپر میباشد و طبق گزارشهای سنجش از کارخانجات مشابه در سراسر دنیا در بالاترین شدت جریان ( ۳۱۶ کیلو آمپر ) و طولانی ترین زمان تماس در میدان حاصل از این جریان ( ۸ ساعت ) مقدار TWA بدست آمده تنها ۱۰ میلی تسلا بود ودر هیچ موردی میزان TWA اندازه گیری شده از ۱۰ میلی تسلا فراتر نرفت بنابراین انتظار میرود شدت میدان در مجاورت کوره های ذوب و احیاء آلومینیوم نیز کمتر از ۶۰ میلی تسلا باشد. ضمن اینکه در نزدیک باس بارها که حداکثر شدت میدان در آن نقطه میباشد کارگران بمدت طولانی ( ۸ ساعت و بیشتر ) توقف ندارند .

شدت میدان مغناطیسی تنها در ۳ نقطه در واحد رکتی فایر بالاتر از حد استاندارد ۶۰ میلی تسلا سنجش شد که کارگران در این نقاط توقف طولانی مدت ( ۸ ساعت و بیشتر ) طی یک شیفت ندارند :

۱- زیر خطوط جریان ۱۳۲ کیلو ولت: ۸۱/۸ میلی تسلا

۲- داخل اتاقک کنترل ترانس: ۱۲۰/۲ میلی تسلا

۳- زیر خطوط جریان DC ورودی به LINE : ۷۰/۹ میلی تسلا

۲- **میدانهای الکتریکی:** بالاترین شدت میدان الکتریکی در زیر خطوط انتقال برق AC به واحد رکتی فایر معادل ۷۸۰ ولت بر متر مربع سنجش شد که در فرکانس ۵۰ هرتز حد مجاز تماس با میدان الکتریکی ۲۵ کیلو ولت بر متر مربع میباشد که مقدار سنجش شده از حد مجاز بسیار کمتر است.

جدول ۱- شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی در واحد MCC - CONTROL ROOM

ردیف	محل ایستگاه	منبع	فاصله از منبع برحسب متر	شدت میدان الکتریکی برحسب ولت بر متر مربع	شدت میدان مغناطیسی بر حسب میلی تسلا
۱	اتاق رئیس کارگاه	پست برق ۲۳۰ کیلوولت AC -	30	1.04	سنجش نشده
۲	محل استقرار اپراتور تابلو کنترل خط	پست برق ۲۳۰ کیلوولت AC -	50	13.02	0.742
۳	محوطه رکتی فایر- زیر خطوط انتقال نیرو	پست برق ۲۳۰ کیلوولت AC -	15	470	سنجش نشده
۴	محوطه رکتی فایر- زیر خطوط انتقال نیرو	پست برق ۲۳۰ کیلوولت AC -	15	780	سنجش نشده
۵	محوطه رکتی فایر- زیر خطوط انتقال نیرو	پست برق ۲۳۰ کیلوولت AC -	15	164.6	سنجش نشده
۶	محل نشستن اپراتور	پست برق ۲۳۰ کیلوولت AC -	15	12	2.3
۷	بین دو تابلوی کنترل و قدرت رکتی فایر- انتهای اتاق	تابلوهای کنترل و قدرت	1.5	6	7
۸	بین دو تابلوی کنترل و قدرت رکتی فایر- وسط اتاق	تابلوهای کنترل و قدرت	1.5	6	5
۹	بین دو تابلوی کنترل و قدرت رکتی فایر- ابتدای اتاق	تابلوهای کنترل و قدرت	1.5	6.02	1.363
۱۰	ابتدای محوطه نزدیک در ورودی - زیر خطوط جریان DC ورودی به LINE	ترانس	5	19.99	19.98
۱۱	زیر خطوط جریان DC ورودی به LINE	ترانس	5	19.99	81.8
۱۲	وسط محوطه - زیر خطوط جریان DC ورودی به LINE	ترانس	5	145.5	19.99
۱۳	انتهای محوطه - زیر خطوط جریان DC ورودی به LINE	ترانس	5	109	19.99
۱۴	داخل اتاق کنترل ترانس	خطوط جریان DC	1	2.09	120.2
۱۵	زیر خطوط جریان ۱۳۲ کیلو ولت	خطوط جریان AC	15	270	70.9
۱۶	مقابل ترانس ۲۳۰ کیلوولت	خطوط جریان AC	15	199.9	15.2
۱۷	زیر خطوط جریان ۲۳۰ کیلو ولت	خطوط جریان AC	15	199.9	52.5
۱۸	بالای کانال عبور جریان ۲۰ کیلوولت	خطوط جریان داخل کانال	1	14.06	11.57
۱۹	بین دو تابلو ابتدای سالن	تابلو کنترل و کلید	1	0.83	1.057
۲۰	بین دو تابلو وسط سالن	تابلو کنترل و کلید	1	0.88	0.382
۲۱	بین دو تابلو انتهای سالن	تابلو کنترل و کلید	1	0.73	0.604
۲۲	بین دو تابلو انتهای سالن	تابلو کنترل و کلید	1	0.95	سنجش نشده
۲۳	نزدیکی تابلو	تابلو کنترل و کلید	0.1	0.52	3.88

10 6.2	میانگین شدت میدان الکتریکی ( ولت بر متر مربع)
24.21	میانگین شدت میدان مغناطیسی ( میلی تسلا)

جدول ۲- شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی در واحد برق و رکتی فایر

ردیف	محل ایستگاه	منبع	فاصله از منبع برحسب متر	شدت میدان الکتریکی برحسب ولت بر متر مربع	شدت میدان مغناطیسی بر حسب میلی تسلا
۱	مقابل تابلو MCC- سمت چپ اتاق	تابلو برق	0.1	18.03	24.6
۲	مقابل تابلو MCC - وسط	تابلو برق	0.1	11.81	17.81
۳	مقابل تابلو PLC	تابلو برق	0.1	0.61	28.3
۴	پشت تابلو PLC	تابلو برق	0.1	1.31	سنجش نشده
۵	پشت تابلو MCC- سمت چپ اتاق	تابلو برق	0.1	2.18	6.36
۶	پشت تابلو MCC - وسط	تابلو برق	0.1	256	32
۷	پشت تابلو MCC- سمت راست اتاق	تابلو برق	0.1	23.7	13.62
۸	مقابل کابل سمت راست اتاق	کابل برق DC	0.1	1.6	سنجش نشده
۹	مقابل کابل سمت چپ اتاق	کابل برق DC	0.1	133.7	سنجش نشده
۱۰	مقابل تابلو کنترل FTP1	کابل برق DC	1	1.12	سنجش نشده
۱۱	مقابل تابلو کنترل FTP2	کابل برق DC	1	0.97	سنجش نشده
۱۲	محل نشستن ایراتور	کابل برق DC	5	2.05	سنجش نشده
۱۳	پشت تابلو کنترل FTP1	کابل برق DC	1	2.82	سنجش نشده
۱۴	اتاق سرپرست شیفت	کابل برق DC	1	47.4	0.476
۱۵	محل نشستن سرپرست شیفت	کابل برق DC	3	3.06	سنجش نشده
۱۶	محل نشستن ایراتور	کابل برق DC	2	7.91	7.51
۱۷	مقابل تابلو MCC- سمت راست اتاق	تابلو برق	0.5	2.82	سنجش نشده
۱۸	مقابل تابلو MCC- وسط	تابلو برق	0.5	2.51	سنجش نشده
۱۹	مقابل تابلو MCC- سمت چپ اتاق	تابلو برق	0.5	0.54	سنجش نشده
۲۰	مقابل تابلو PLC	تابلو برق	0.5	2.71	سنجش نشده
۲۱	پشت تابلو PLC	تابلو برق	0.5	2.47	سنجش نشده
۲۲	پشت تابلو MCC- سمت چپ اتاق	تابلو برق	0.5	3.73	سنجش نشده
۲۳	پشت تابلو MCC - وسط	تابلو برق	0.5	0.52	سنجش نشده
۲۴	پشت تابلو MCC- سمت راست اتاق	تابلو برق	0.5	0.48	سنجش نشده
۲۵	مقابل کابل سمت راست اتاق	تابلو برق	0.5	3.7	سنجش نشده
۲۶	مقابل کابل سمت چپ اتاق	تابلو برق	0.5	19.99	سنجش نشده
	<b>میانگین شدت میدان الکتریکی ( ولت بر مترمربع )</b>				
				<b>21.3</b>	
	<b>میانگین شدت میدان مغناطیسی ( میلی تسلا )</b>				
				<b>16.3</b>	

جدول ۳- شدت میدان الکتریکی در سالنهای احیاء

شدت میدان الکتریکی برحسب ولت بر متر مربع	فاصله از منبع برحسب متر	منبع	محل ایستگاه	ردیف
112.4	2	BUS BAR- DC	پشت دیگ شماره ۳۰	A
280	0.5	BUS BAR- DC	پشت دیگ شماره ۳۰	
81	4.5	BUS BAR- DC	سمت راست دیگ شماره ۳۰	
81	4.5	BUS BAR- DC	سمت راست دیگ شماره ۳۰	
81	4.5	BUS BAR- DC	سمت چپ دیگ شماره ۳۰	
81	4.5	BUS BAR- DC	سمت چپ دیگ شماره ۳۰	
321	0.5	BUS BAR- DC	مقابل دیگ شماره ۳۰	B
151.3	2.5	BUS BAR- DC	مقابل دیگ شماره ۳۰	
151.3	2.5	BUS BAR- DC	مقابل دیگ شماره ۳۰	
14.7	5	BUS BAR- DC	مقابل دیگ شماره ۳۰	
163	0.5	BUS BAR- DC	مقابل دیگ شماره ۶۰	
29	2.5	BUS BAR- DC	مقابل دیگ شماره ۶۰	
4	2.5	BUS BAR- DC	مقابل دیگ شماره ۶۰	
4	5	BUS BAR- DC	مقابل دیگ شماره ۶۰	
4	4.5	BUS BAR- DC	سمت راست دیگ شماره ۶۰	
4	4.5	BUS BAR- DC	سمت چپ دیگ شماره ۶۰	
199	0.5	BUS BAR- DC	پشت دیگ شماره ۶۰	
100	2	BUS BAR- DC	پشت دیگ شماره ۶۰	
4	4.5	BUS BAR- DC	سمت چپ دیگ شماره ۶۰	
2.72	6	BUS BAR- DC	داخل کابین CRANE روی دیگ	A
1.94	6	BUS BAR- DC	داخل کابین CRANE سمت TAP	
2.64	6	BUS BAR- DC	داخل کابین CRANE سمت DUCT	
2.72	6	BUS BAR- DC	داخل کابین CRANE روی دیگ	
<b>81.5</b>	<b>میانگین شدت میدان الکتریکی ( ولت بر مترمربع )</b>			

منابع علمی:

حدود تماس مجاز شغلی - انتشارات وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی - ۱۳۸۱

International Commission on Non-Ionization Radiation . "Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields" Health Physics 66: 100-106 ( 1994)