



سازمان انرژی اتمی ایران

امور حفاظت در برابر اشعه  
مرکز نظام ایمنی هسته ای کشور

## قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و میکروویو

تصویب کننده ( نام و امضاء )	تایید کننده ( نام و امضاء )	تهیه کنندگان ( نام و امضاء )
•	•	•
وضعیت کنترل		تاریخ تهیه
		۱۳۸۶
تاریخ اجراء	شماره شناسه :	
۱۳۸۶	INRARP6CP07	
شماره بازنگری :	شماره شناسه :	
صفر		

قواعد کار با پرتو در مراکز کار یا پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ب
		کل صفحات : ۴۸

شماره صفحه

عنوان

۱	۱- هدف
۱	۲- حیطه کاربرد
۱	۳- تعاریف
۶	۴- حدود پرتوگیری
۷	۴-۱-۴- حدود پرتوگیری پرتوکاران میدان های رادیویی و مایکروویو (شامل کارکنان در معرض پرتوگیری رادیویی و مایکروویو)
۷	۴-۱-۱-۴- حدود کمیت های پایه - آهنگ ویژه جذب انرژی (SAR)
۷	۴-۱-۲- حدود شدت میدان
۹	۴-۱-۲-۱- پیشینه پرتوگیری
۹	۴-۱-۳- حدود پرتوگیری برای میدان های پالسی رادیویی و مایکروویو
۱۰	۴-۱-۴- حدود جریان تماسی یا القایی
۱۱	۴-۲- حدود پرتوگیری مردم
۱۲	۴-۱-۲-۴- حدود کمیت های پایه - آهنگ ویژه جذب انرژی (SAR)
۱۲	۴-۲-۳- حدود شدت میدان
۱۳	۴-۱-۳-۲- پیشینه پرتوگیری
۱۳	۴-۲-۴- حدود پرتوگیری برای میدان های پالسی RF
۱۴	۴-۲-۵- حدود جریان تماسی یا القایی
۱۶	۵- مسئولیت ها
۱۶	۵-۱- وظایف شخص قانونی
۱۶	۵-۲- وظایف مسئول فیزیک بهداشت
۱۷	۵-۳- وظایف شخص مسئول کار با دستگاه
۱۷	۵-۴- وظایف کارکنان با دستگاه های پرتوساز
۱۷	۶- اندازه گیری میدان های رادیویی و مایکروویو و محاسبات مربوط به پردازش نتایج
۱۸	۶-۱- اندازه گیری میدان - متوسط گیری فضایی
۱۹	۶-۲- تعیین متوسط زمانی مقادیر اندازه گیری شده
۲۱	۶-۳- اندازه گیری جریان های القایی و تماسی
۲۱	۷- نصب علائم هشدار و خطر
۲۱	۷-۱- نصب علائم هشدار و خطر در نواحی مختلف
۲۱	۷-۲- نصب علائم هشدار یا خطر روی دستگاه ها
۲۲	۸- استقرار و نصب تجهیزات رادیویی و مایکروویو
۲۲	۸-۱- اصول اساسی
۲۳	۸-۲- الزامات عمومی در محل کار
۲۳	۸-۳- الزامات مربوط به حفاظت مردم
۲۴	۸-۴- الزامات گرم کننده های رادیویی و مایکروویو
۲۴	۸-۵- الزامات فرهای مایکروویو (OVENS)

ج	صفحه :	شماره شناسه :	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۴۸	کل صفحات :	INRARP6CP07	

۲۵	۶-۸- الزامات رادار و سیستم های ارتباطی
۲۵	۷-۸- الزامات وسایل پزشکی و تداخل الکترومغناطیسی
۲۶	۹- بازرسی از مراکز کار با منابع تولید پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۲۶	۹-۱- ثبت نتایج و ارایه توصیه ها
۲۷	پیوست ۱ - تخمین مقدار آهنگ جذب انرژی و حدود آن
۲۸	۱-الف- حدود آهنگ جذب انرژی برای پرتوکاران میدان های رادیویی ( شاغلین )
۲۹	۱-ب- حدود آهنگ جذب انرژی برای مردم
۳۰	پیوست ۲ - تعیین ناحیه های میدان دور یا نزدیک و تخمین مقادیر شدت میدان یا چگالی توان
۳۰	۲- الف - نواحی میدان دور و نزدیک
۳۱	۲-الف- ۱ تعیین شدت میدان نزدیک و میدان دور برای آنتن های کوچک
۳۱	۲-الف- ۲ تعیین شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی در نواحی میدان نزدیک و میدان دور برای آنتن های بزرگ
۳۵	۲-الف- ۳ منابع مولد میدان های ناشی
۳۵	۲-ب- مدولاسیون پالسی
۳۶	۲-ج- آنتن های جاروب کننده (گردان)
۳۷	۲-د- چند مثال برای تخمین مقادیر شدت میدان
۴۰	پیوست ۳ - اندازه گیری پرتوهای رادیویی و مایکروویو و ارزیابی نتایج اندازه گیری
۴۰	۳-الف- اندازه گیری شدت میدان الکتریکی یا شدت میدان مغناطیسی یا چگالی توان
۴۰	۳-الف- ۱- ویژگی های اصلی دستگاه اندازه گیری
۴۱	۳-الف- ۲ - میانگین گیری فضایی
۴۲	۳-ب- اندازه گیری جریان های تماسی و القایی
۴۲	۳-ب- ۱ - اندازه گیری جریان تماسی
۴۲	۳-ب- ۲ - اندازه گیری جریان القایی
۴۴	پیوست ۴- انواع علائم هشدار و خطر
۴۵	پیوست ۵- پرتو X
۴۶	پیوست ۶- مثال هایی از بررسی نتایج اندازه گیری شاغلین
۴۷	پیوست ۷- روش های کالیبره کردن دستگاه های اندازه گیری پرتوهای مایکروویو و رادیویی
۴۷	۷-الف- روش میدان در فضای آزاد
۴۷	۷-ب- روش کالیبره کردن با موجبر
۴۷	۷-ج- روش پروب استاندارد
۴۸	پیوست ۸- مراجع

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ۱
		کل صفحات : ۴۸

### ۱- هدف

این مدرک به منظور آگاهی از قواعد کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو براساس قانون حفاظت در برابر اشعه ایران و آیین نامه اجرایی آن و استاندارد ملی ایران " پرتوهای غیریونساز - حدود پرتوگیری " با کد مصوب ۸۵۶۷، تهیه و تنظیم شده است.

### ۲- حیطة کاربرد

مراکز کار با پرتوهای مایکروویو و رادیویی می باشد.

### ۳- تعاریف

آنتن : وسیله ای برای ارسال یا دریافت امواج رادیویی است.

آهنگ جذب انرژی (SAR) : آهنگ انرژی رادیویی جذب شده در واحد جرم بافت است.

فرمول ریاضی SAR به صورت زیر است :

$$SAR = \frac{d}{dt} \left[ \frac{dW}{dm} \right] = \frac{d}{dt} \left[ \frac{dW}{\rho dV} \right] \quad (1)$$

که در آن :

$W$  = انرژی جذب شده در بافت بر حسب ژول (J) ؛

$m$  = جرم بافت بر حسب کیلوگرم (Kg) ؛

$\rho$  = چگالی بافت بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب  $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$  ؛

$t$  = زمان بر حسب ثانیه و

$V$  = حجم بافت بر حسب مترمکعب  $(m^3)$  است.

یکای SAR وات بر کیلوگرم  $\left(\frac{W}{Kg}\right)$  است.

فرمول دیگری نیز برای SAR به کار می رود که به صورت زیر است :

$$SAR = \sigma \frac{E^2}{\rho} \quad (2)$$

که در آن :

$\sigma$  = هدایت الکتریکی بافت بر حسب زیمنس بر متر ؛

$E$  = شدت موثر میدان الکتریکی در بافت بر حسب ولت بر متر  $\left(\frac{V}{m}\right)$  و

$\rho$  = چگالی جرمی بافت بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب  $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$  است.

اتصال زمین : زمین یا یک سطح فلزی که با زمین در تماس است یا با یک هادی دیگر به زمین وصل شده است.

شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ۲
قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات : ۴۸

SI : دستگاه بین المللی واحدها (یکها) است .

ایمنی : عدم بروز اثرات خطرناک شناخته شده ناشی از پرتوگیری رادیویی است .

بهره ی آنتن : برای آنتن هایی که ارسال جهت دار انجام می دهند تعریف می شود و میزان افزایش توان ارسالی یا دریافتی در جهت معین را نسبت به یک آنتن استاندارد (که ارسال آن همه جهته است) ، مشخص می کند . بهره ی آنتن نسبت دو توان است و به صورت یک عدد یا برحسب دسی بل تعیین می شود .

پرتو الکترومغناطیسی : انتشار میدان های الکتریکی و مغناطیسی متغیر با زمان در فضا با سرعت نور است .

پرتو ایکس (X) : تابش الکترومغناطیسی که طول موج آن بین  $10^{-10}$  تا  $10^{-8}$  نانومتر باشد .

پرتو نشتی : هر تابشی که به صورت ناخواسته یا تصادفی از سطح بیرونی یک دستگاه خارج شود .

پرتو رادیویی و مایکروویو: پرتوهای الکترومغناطیسی یا فرکانس  $3000$  کیلوهرتز الی  $300$  گیگا هرتز پرتوهای رادیویی خوانده می شوند. بخشی از این پرتوها که فرکانس آن ها بین  $300$  مگاهرتز و  $300$  گیگاهرتز است پرتوهای مایکروویو نیز نامیده می شوند.

پرتوکاران میدان های رادیویی : مستخدم یا شخصی که با آموزش ، آگاهی و تجربه ای کافی صلاحیت کار با دستگاه های رادیویی را ضمن حفاظت از خود در برابر پرتوهای رادیویی دارد . این افراد در ناحیه ی تحت نظارت یا کنترل شده کار می کنند.

تابش الکترومغناطیسی : انتقال یا ارسال انرژی به فضا توسط امواج الکترومغناطیسی است .

تداخل الکترومغناطیسی : اختلال در عملکرد یک سیستم یا یک دستگاه یا قسمتی از آنها به علت تاثیر پرتوهای الکترومغناطیسی بر آنها است .

جریان القایی : جریانی که به واسطه قرار گرفتن در معرض میدان رادیویی در بدن شخص القا می شود .

جریان تماسی : جریانی که از مدار الکترونیکی با امپدانس معادل امپدانس بدن انسان که در میدان رادیویی بین یک شی ء فلزی غیر متصل به زمین و زمین ، می گذرد .

چگالی توان : توان تابیده شده به یک کره ی کوچک تقسیم بر مساحت دایره عظیمه ی کره می باشد و یکای آن در دستگاه بین المللی یکاها وات بر متر مربع می باشد .

دستگاه رادیویی : وسیله ای که انرژی رادیویی را ارسال کند یا به کار برد .

۳	صفحه :	شماره شناسه : INRARP6CP07	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۴۸	کل صفحات :		

شخص صلاحیت دار : شخصی که دانش ، آموزش و تجربه ی کافی برای کار یا بازرسی از میدان های رادیویی و مایکروویو و یا تعمیر دستگاه های تولید کننده آن را دارد .

شخص مسئول : شخصی که از نظر قانون حفاظت در برابر اشعه مجوز کاربرد منابع پرتو به نحو صحیح و با رعایت مقررات حفاظت در برابر اشعه را دارد .

شدت موثر میدان الکتریکی : جذر میانگین مربع شدت میدان الکتریکی در مدت زمان t است و یکای آن در دستگاه بین المللی یکاها نیوتن بر کولن یا ولت بر متر است .

$$E_{eff} = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t E^2(t') dt'} \quad (3)$$

که در آن :

E = شدت میدان الکتریکی برحسب ولت بر متر ؛ و

t = مدت زمان برحسب ثانیه است .

شدت موثر میدان مغناطیسی : جذر میانگین مربع شدت میدان مغناطیسی در مدت زمان t است و یکای آن در سیستم بین المللی یکاها آمپر بر متر است .

$$H_{eff} = \sqrt{\frac{1}{t} \int_0^t H^2(t') dt'} \quad (4)$$

که در آن :

H = شدت میدان مغناطیسی برحسب آمپر بر متر ؛ و

t = مدت زمان برحسب ثانیه است .

شدت میدان الکتریکی : اندازه بردار الکتریکی میدان الکترومغناطیسی است که بنا به تعریف با نیروی وارد بر واحد بار الکتریکی در نقطه ی موردنظر از میدان برابر است و یکای آن در سیستم بین المللی یکاها نیوتن بر کولن یا ولت بر متر است .  
شدت میدان مغناطیسی : اندازه بردار مغناطیسی میدان الکترومغناطیسی است و مقدار آن از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$H = \frac{B}{\mu} \quad (5)$$

که در آن :

B = چگالی شار مغناطیسی برحسب تسلا و

$\mu$  = تراوایی مغناطیسی محیط برحسب تسلا متر بر آمپر است .

شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ۴
قواعد کار با پرتو در مراکز کار یا پرتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات : ۴۸

ضریب اشغال : در یک قطار پالس متناوب ، نسبت عرض پالس به پریود پالس است . از نظر ریاضی ضریب اشغال با حاصل ضرب عرض پالس در فرکانس تکرار پالس برابر است .

طول موج : مسافتی که موج در مدت یک دوره ی تناوب پیشروی می کند .

علامت هشدار : یک نمایشگر نوری مانند چراغ چشمک زن یا هر علامتی که روشن بودن دستگاه های رادیویی را نشان می دهد .

فرستنده و گیرنده : دستگاهی که هم به عنوان فرستنده و هم به عنوان گیرنده کار می کند و قطعات تشکیل دهنده ی آن به هر دو منظور عمل می کنند .

فرکانس : تعداد دوره های موج الکترومغناطیسی متناوب در هر ثانیه است . یکای فرکانس هرتز (Hz) است .

فرکانس رادیویی و مایکروویو : فرکانسهایی در طیف الکترومغناطیسی که بین ۳۰۰ کیلوهرتز و ۳۰۰ گیگاهرتز قرار دارند.

قانون و مقررات: منظور قانون حفاظت در برابر اشعه و آیین نامه ی اجرایی آن و دستورالعمل های مربوطه است.

قفل داخلی : یک قطعه یا یک مجموعه قطعه که در صورت فعال شدن آن ، ارسال موج از منابع رادیویی یا مایکروویو (مانند مگنترون در فرهای مایکروویو و یا فرستنده های رادیویی) قطع می شود .

کارکنان در معرض پرتوگیری رادیویی یا مایکروویو : اشخاصی که در طول کار روزانه در معرض تابش پرتو رادیویی یا مایکروویو قرار می گیرند . (محل کار این افراد ممکن است در نزدیکی دستگاه رادیویی باشد ولی خودشان مستقیماً با دستگاه کار نکنند) .

مایکروویو : امواج رادیویی که فرکانس آنها بین ۳۰۰ مگاهرتز و ۳۰۰ گیگاهرتز است .

مردم : تمام افرادی که با پرتوهای رادیویی یا مایکروویو کار نمی کنند و یا علی رغم کار با این پرتوها در ناحیه ی کنترل

شده یا تحت نظارت کار نمی کنند . (زنان باردار ، افراد سالخورده ، کودکان ، افراد ناتوان و بیمار نیز در همین دسته اند) .

مسئول فیزیک بهداشت : شخصی که برای حصول اطمینان از ایمنی کارکنان در میدان های رادیویی تعیین شده است .

مقدار موثر : جذر میانگین مربع کمیت در بازه ی زمانی معین است .

موج مدوله شده : یک موج الکترومغناطیسی که به صورت پالسی در آمده است و یا دامنه ، فرکانس یا فاز آن تغییر داده شده

است ، چنین موجی دارای مدولاسیون پالس ، یا مدولاسیون دامنه یا فرکانس یا فاز است

موج مسطح (تخت) : موج الکترومغناطیسی که در آن بردار میدان الکتریکی بر بردار میدان مغناطیسی عمود است و هر دو

بردار بر راستای انتشار عمود می باشند . این موج در ناحیه ی میدان دور آنتن وجود دارد .

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۵ کل صفحات : ۴۸
---	---------------------------	---------------------------

میانگین آهنگ جذب انرژی در چشم : منظور میانگین جذب انرژی در کره ی چشم است .

میدان الکتریکی : محیط اطراف یک بار الکتریکی است .

میدان مغناطیسی : ناحیه اطراف یک بار در حال حرکت که در هر نقطه به طور کمی براساس نیروی وارد بر بار مثبت آزمون در حال حرکت تعریف می شود . میدان مغناطیسی فقط به بارهای متحرک نیرو وارد می کند و نیز بارهای الکتریکی زمانی میدان مغناطیسی تولید می کنند که در حال حرکت باشند .

ناحیه تحت نظارت : به هر ناحیه ای که تحت کنترل نباشد لیکن شرایط پرتوگیری شغلی در آن تحت نظارت باشد ، اطلاق می گردد. در این ناحیه معمولاً نیاز به اجرای مقررات ایمنی و اقدامات حفاظتی ویژه نیست .

ناحیه حضور محدود : ناحیه ای که پرتوکاران میدان های رادیویی یا مایکروویو می توانند برای مدت زمان مشخص از پیش تعیین شده ای در آن ناحیه حضور یابند . این ناحیه ، کنترل شده محسوب می شود .

ناحیه کنترل شده : ناحیه ای که پرتوگیری در آن ناحیه تحت کنترل است . در آن معیارهای حفاظتی ویژه و مقررات ایمنی جهت کنترل پرتوگیری در شرایط عادی کار یا جهت جلوگیری یا محدود کردن گستره پرتوگیری های بالقوه مورد نیاز باشد . کارکنان در آن ناحیه از وجود پرتوهای رادیویی در آن جا آگاهند . در این ناحیه گاهی و یا همیشه شدت پرتوهای رادیویی بیشتر از حدود تعیین شده در جدول ۳ و کمتر از حدود تعیین شده در جدول ۱ است و یا شدت جریان های القایی در بدن یا جریان های تماسی کمتر از مقادیر بند ۴-۱-۴ و بیشتر از مقادیر در بند ۴-۲-۴ است .

ناحیه ممنوعه : ناحیه ای که ورود به آن برای همه ممنوع است .

ناحیه میدان دور (موج تخت) : ناحیه ای است که در آن فرمول زیر بین شدت میدان الکتریکی، شدت میدان مغناطیسی و چگالی توان (S و H، E) برقرار است :

$$S = \frac{E^2}{120\pi} = 120\pi H^2 \quad (۶)$$

که در آن :

E = شدت میدان الکتریکی برحسب ولت بر متر ؛

H = شدت میدان مغناطیسی برحسب آمپر بر متر و

S = چگالی توان برحسب وات بر متر مربع است .

در میدان دور ، میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی و راستای انتشار دو به دو بر هم عمودند (رجوع شود به پیوست ۲).

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۶
		کل صفحات : ۴۸

ناحیه میدان نزدیک : نزدیک ترین ناحیه ی اطراف آنتن و یا هر تابش کننده که در آن میدان های الکتریکی و مغناطیسی دارای رفتار موج مسطح نیستند و تغییرات آنها از یک نقطه به نقطه مجاور بسیار شدید است . ناحیه میدان نزدیک به دو زیر ناحیه ، میدان نزدیک راکتیو و میدان نزدیک تابشی تقسیم می شود (رجوع شود به پیوست ۲).

ناحیه میدان نزدیک تابشی : ناحیه بین میدان نزدیک راکتیو و میدان دور که در آن میدان تابشی بر میدان راکتیو غالب است اما هنوز رفتار موج مسطح را ندارد (رجوع شود به پیوست ۲).

ناحیه میدان نزدیک راکتیو : ناحیه بسیار نزدیک به آنتن یا دیگر وسایل تابش کننده و بیشترین مقدار یا تقریباً همه ی انرژی ذخیره شده ، در این ناحیه قرار دارد (رجوع شود به پیوست ۲).

#### ۴- حدود پرتوگیری

استقرار تاسیسات و تجهیزات تولید کننده ی پرتوهای مایکروویو و رادیویی باید به گونه ای باشد که حدود پرتوگیری شغلی و حدود پرتوگیری مردم براساس استاندارد ملی ایران با عنوان " پرتوهای غیر یونساز- حدود پرتوگیری " با کد مصوب ۸۵۶۷ رعایت شود.

حدود پایه ، برای جریان های داخل بدن که در اثر القاء یا تماس با اشیاء فلزی دارای انرژی به وجود می آیند داده می شود ، و یا برای آهنگ جذب انرژی (SAR) از میدان های الکترومغناطیسی رادیویی و مایکروویو تعیین می شود . اندازه گیری مستقیم مقدار SAR تنها در شرایط آزمایشگاهی امکان پذیر است لذا حدود پرتوگیری برای شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی تخریب نشده و نیز چگالی توان داده شده است . این حدود به گونه ای هستند که با رعایت آنها مقادیر SAR در بدن یا جریان القایی داخل بدن از حدود تعیین شده برای آنها تجاوز نکند .

برای حصول اطمینان از عدم بروز اثرات ناخواسته در پرتوکاران میدان های رادیویی و نیز کارکنان در معرض پرتوهای رادیویی و مایکروویو حدود به گونه ای تعیین شده است که تقریباً ۱/۱- مقادیری باشد که بر اساس مطالعات و بررسی های علمی جهت بروز اثرات ناخواسته تعیین شده است . برای حدود مردم یک فاکتور ایمنی اضافه (بین ۲ تا ۵) نیز برای رسیدن به حدود پایین تر در نظر گرفته شده است . علل در نظر گرفتن حدود پرتوگیری کمتر برای مردم نسبت به کارکنان در معرض پرتوگیری مایکروویو و رادیویی به شرح زیر است :

- پرتوگیری مردم می تواند ۲۴ ساعت در روز و ۷ روز در هفته روی دهد در حالی که کارکنان در معرض پرتوگیری رادیویی

و مایکروویو ، ۵ روز در هفته و روزی حداکثر ۸ ساعت در این میدان ها کار می کنند .

- برخی افراد ممکن است نسبت به پرتوگیری از پرتوهای رادیویی آسیب پذیرتر و حساس تر باشند .

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۷
		کل صفحات : ۴۸

برای بررسی امکان تجاوز از حدود پرتوگیری عوامل زیر در نظر گرفته می شود :

- الف - نواحی که شخص در آن قرار می گیرد .
- ب - مدت واقعی پرتوگیری و متوسط زمانی پرتوگیری (شامل زمان های روشن و خاموش بودن دستگاه رادیویی ، جهت پرتو ، زمان جاروب ، ضریب اشغال در میدان های پالسی و ...)
- ج - پرتوگیری تمام بدن یا پرتوگیری جزئی
- د - ناهمسانگرد بودن میدان حاصل از پرتودهی به معنی متوسط گیری فضایی

#### ۱-۴- حدود پرتوگیری پرتوکاران میدان های رادیویی و مایکروویو (شامل کارکنان در معرض پرتوگیری رادیویی و مایکروویو)

این حدود باید برای کارکنانی که به عنوان پرتوکاران میدان های رادیویی و مایکروویو طبقه بندی شده اند رعایت شود.

#### ۱-۴-۱- حدود کمیت های پایه - آهنگ ویژه جذب انرژی (SAR)

مقدار SAR معیاری است که آهنگ جذب انرژی در بدن را مشخص می کند . نظر به این که در حال حاضر روش ساده ای برای اندازه گیری و یا تعیین SAR وجود ندارد رعایت حدود این کمیت با اندازه گیری مقدار واقعی آن ممکن نیست. لذا حدود شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی و چگالی توان به گونه ای تنظیم شده است که با رعایت آن ها رعایت حدود SAR تضمین می شود. روش های تعیین SAR و حدود این کمیت برای کارکنان در معرض پرتوگیری رادیویی و مایکروویو در پیوست ۱ آمده است .

#### ۱-۴-۲- حدود شدت میدان

- الف - کارکنان در معرض پرتوگیری رادیویی یا مایکروویو نباید در مکان هایی قرار گیرند که شدت مؤثر میدان الکتریکی یا شدت مؤثر میدان مغناطیسی یا چگالی توان ، با توجه به فرکانس میدان ، از حدود داده شده در جدول ۱ بیشتر است .
- مقادیر متوسط شدت مؤثر میدان در سطح مقطعی معادل سطح مقطع بدن انسان ، باید با حدود داده شده در جدول ۱ مقایسه شود و ضمناً متوسط گیری زمانی باید با توجه به جدول ۱ صورت گیرد .
- ب - چنانچه شخص در محلی قرار گیرد که میدان هایی با فرکانس های مختلف و مربوط به سطرهای متفاوت جدول ۱ در آن محل وجود دارد ، باید فرمول زیر برقرار باشد :

$$\sum_{f=300\text{KHZ}}^{300\text{GHZ}} R_f \leq 1 \quad (7)$$

شماره شناسه: INRARP6CP07	صفحه: ۸
قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات: ۴۸

که در آن:

$f$  = فرکانس هایی است که اندازه گیری شدت میدان در آن فرکانس ها انجام شده است.

$$R_f = \left( \frac{\text{مقدار اندازه گیری شده شدت میدان در فرکانس } f}{\text{حد شدت میدان در فرکانس } f} \right)^2 \quad (8)$$

و یا اگر چگالی توان اندازه گیری می شود:

$$R_f = \frac{\text{مقدار اندازه گیری شده چگالی توان در فرکانس } f}{\text{حد چگالی توان در فرکانس } f} \quad (9)$$

جدول ۱ - حدود پرتوگیری شغلی در میدان های رادیویی و مایکروویو

محدوده فرکانس (f)	شدت موثر میدان الکتریکی به ولت بر متر	شدت موثر میدان مغناطیسی به آمپر بر متر	چگالی توان موج تخت به وات بر متر مربع	زمان متوسط گیری به دقیقه
۰.۳-۱ (MHz)	۶۱۰	$\frac{1/6}{f}$	-	۶
۱-۱۰ (MHz)	$\frac{610}{f}$	$\frac{1/6}{f}$	-	۶
۱۰-۴۰۰ (MHz)	۶۱	۰.۱۱۶	۱۰	۶
۴۰۰-۲۰۰۰ (MHz)	$3\sqrt{f}$	$0.1008\sqrt{f}$	$\frac{f}{40}$	۶
۲-۳۰۰ (GHz)	۱۳۷	۰.۱۳۶	۵۰	$\frac{68}{f^{1/05}}$

\* حدود چگالی توان برای فرکانس های بیشتر از ۱۰۰ MHz به کار می رود.

\* در هر سطر جدول ۱ یکای فرکانس (f) در فرمول ها همان یکای به کار رفته در آن سطر است.

در میدان دور، بین شدت میدان الکتریکی، شدت میدان مغناطیسی و چگالی توان رابطه ساده ای وجود دارد (پیوست ۲). بنابراین با داشتن هر یک از این کمیت ها دو کمیت دیگر محاسبه می شود. در میدان نزدیک باید میدان های الکتریکی و مغناطیسی هر دو اندازه گیری شوند زیرا رابطه ساده ریاضی بین آنها برقرار نیست. روش اندازه گیری شدت میدان های رادیویی و مایکروویو در پیوست ۳ آمده است.

نمونه هایی از نحوه بررسی نتایج اندازه گیری شدت میدان الکتریکی، شدت میدان مغناطیسی و چگالی توان در پیوست ۶ آمده است.

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ۹
		کل صفحات : ۴۸

#### ۱-۲-۱-۴- پیشینه‌ی پرتوگیری

در فرکانس‌های کمتر از ۱۵ گیگاهرتز در صورتی که مدت پرتوگیری کمتر از ۰/۱ ساعت (۶ دقیقه) باشد، پرتوگیری لحظه‌ای بیشتر از حدود تعیین شده در جدول ۱ مجاز است. برای اشخاصی که در میدان‌های مایکروویو و رادیویی کار می‌کنند ممکن است به دلیل اهداف کاری، لازم باشد که در دوره‌های زمانی کوتاهی پرتوگیری بیشتر از حد مربوطه داشته باشند. در این صورت مدت زمان پرتوگیری باید کاملاً تحت کنترل باشد و میانگین شدت موثر میدان یا چگالی توان در ۶ دقیقه (فرمول‌های ۱۶ و ۱۷) باید کمتر از حدود جدول ۱ باشد.

در این گونه موارد حداقل زمان پرتوگیری، یک دقیقه فرض می‌شود.

#### ۱-۳-۱-۴- حدود پرتوگیری در میدان‌های پالسی رادیویی و مایکروویو:

- در عین حالی که میانگین چگالی توان موج‌های پالسی باید کمتر از حدود مشخص شده در جدول ۱ باشد، ماکزیمم شدت میدان الکتریکی نباید از ۱۰۰ کیلوولت بر متر تجاوز کند نحوه‌ی محاسبه‌ی میانگین چگالی توان میدان‌های پالسی در پیوست ۲- ب آمده است.

- هنگام پرتوگیری در میدان‌های رادیویی با عرض پالس کمتر از ۱۰۰ میلی ثانیه، حداکثر چگالی توان از هر پالس باید به گونه‌ای باشد که انرژی هر پالس در شرایط زیر صدق کند:

الف - چگالی انرژی یک پالس منفرد نباید بیشتر از یک پنجم پیشینه چگالی انرژی مجاز در پریود زمانی ۰/۱ ساعت (۶ دقیقه) باشد. یعنی حد چگالی انرژی هر پالس با فرمول زیر به دست می‌آید:

$$W_p = \frac{W_L T_a}{5T} \quad (10)$$

که در آن:

$$W_p = \text{حد چگالی توان پیشینه برای یک پالس منفرد برحسب وات بر مترمربع} \left( \frac{W}{m^2} \right);$$

$$W_L = \text{چگالی توان موج پیوسته براساس جدول ۱ برحسب وات بر مترمربع} \left( \frac{W}{m^2} \right);$$

$$T = \text{پهنای پالس برحسب ثانیه و}$$

$$T_a = \text{زمان متوسط گیری طبق جدول ۱ برحسب ثانیه است. حداکثر ۵ پالس می‌تواند در این زمان بگنجد.}$$

ب - اگر بیشتر از ۵ پالس در زمان متوسط گیری واقع شود و یا اگر پهنای پالس بیشتر از ۱۰۰ میلی ثانیه باشد، متوسط

گیری زمانی معمولی (مطابق جدول ۱) اعمال می‌شود، مگر آن که چگالی انرژی دریافتی در هر ۱۰۰ میلی ثانیه در فرمول

زیر صدق کند:

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRAR6CP07	صفحه : ۱۰ کل صفحات : ۴۸
---	--------------------------	----------------------------

$$\sum W_p T = \frac{W_L T_a}{5} \quad (11)$$

که در آن :

$$W_p = \text{حد چگالی توان بیشینه برای یک پالس منفرد برحسب وات بر مترمربع} \left(\frac{W}{m^2}\right) ;$$

$$W_L = \text{چگالی توان موج پیوسته براساس جدول ۱ برحسب وات بر مترمربع} \left(\frac{W}{m^2}\right) ;$$

T = پهنای پالس برحسب ثانیه و

T<sub>a</sub> = زمان متوسط گیری طبق جدول ۱ برحسب ثانیه است.

#### ۴-۱-۴- حدود جریان تماسی یا القایی

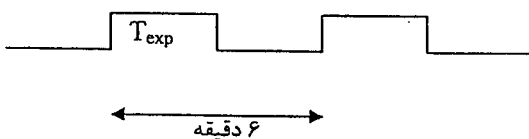
حدود جریان های تماسی یا القایی به منظور پیشگیری از بروز شوک ناشی از امواج رادیویی و سوختگی حاصل از آن تعیین می شود.

- در محدوده ی فرکانسی ۳۰۰ کیلوهرتز الی ۱۱۰ مگاهرتز مقدار موثر جریان القایی در بدن کارکنان در معرض پرتوگیری رادیویی در مدت ۶ دقیقه ، که ناشی از امواج الکترومغناطیسی است و در اثر تماس با اشیا فلزی نیست باید کمتر از ۴۰ میلی آمپر باشد .

- در محدوده ی فرکانسی ۳۰۰ کیلوهرتز الی ۱۱۰ مگاهرتز مقدار موثر جریان تماسی در بدن کارکنان در معرض پرتوگیری رادیویی در مدت ۶ دقیقه ، که در اثر تماس کارکنان با اشیا موجود در میدان های رادیویی و مایکروویو بین بدن شخص و آن شیء برقرار می شود در بدترین شرایط (وقتی که امیدانس شیء و بدن شخص مساوی است) باید کمتر از ۴۰ میلی آمپر باشد. روش اندازه گیری این جریان ها در پیوست ۳ آمده است .

جریان های تماسی نزدیک به حد ممکن است احساس شوند . (حس گرم شدن یا سوزش و ...) اما برای ایجاد درد و یا آسیب (مانند سوختگی) کافی نیستند .

چنانچه شخص در بخشی از ۶ دقیقه پرتوگیری کند(شکل ۱) ، حد میانگین مربع جریان های تماسی یا القایی قابل افزایش است و از فرمول ۱۲ محاسبه می شود :



شکل ۱- پرتوگیری در بخشی از ۶ دقیقه

صفحه : ۱۱	شماره شناسه : INRARP6CP07	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو
کل صفحات : ۴۸		

$$I_{av}^2 = I_{im}^2 \times \frac{6}{T_{exp}} \quad (12)$$

که در آن :

$I_{av}$  = میانگین مجذور شدت جریان ؛

$I_{im}$  = حد شدت جریان تماسی یا القایی و

$T_{exp}$  = مدت زمان پرتوگیری به دقیقه در دوره ۶ دقیقه ای است .

حداکثر جریان های تماسی یا القایی در فرکانس های ۳۰۰ KHZ الی ۱۱۰ MHZ ، برای پرتوگیری در بخشی از ۶ دقیقه در جدول ۲ آمده است .

جدول ۲ - حدود جریان های تماسی یا القایی در محدوده فرکانس ۳۰۰ KHZ الی ۱۱۰ MHZ برای پرتوکاران میدان های رادیویی در بخشی از ۶ دقیقه

مدت پرتوگیری در هر ۶ دقیقه به دقیقه	میانگین جریان موثر القایی یا تماسی در هر پا به میلی آمپر
۶	۴۰
۵	۴۴
۴	۴۹
۳	۵۶/۵
۲	۶۹/۲
۱	۹۸
۰/۵	۱۳۸/۵
کمتر از ۰/۵	۱۳۸/۵

در صورتی که در اثر تماس با اشیاء باردار جرقه زده شود و تخلیه ناگهانی بار صورت گیرد، رعایت حدود فوق ، حفاظت کافی برای جلوگیری از وقوع شوک یا سوختگی به شمار نمی رود .

#### ۲-۴- حدود پرتوگیری مردم

این حدود باید برای کارکنانی که به عنوان پرتوکاران میدان رادیویی و مایکروویو طبقه بندی نشده اند و نیز عموم مردم رعایت شود .

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۱۲
		کل صفحات : ۴۸

#### ۴-۲-۱- حدود کمیت های پایه - آهنگ ویژه جذب انرژی (SAR)

مقدار SAR معیاری است که آهنگ جذب انرژی در بدن را مشخص می کند. نظر به این که در حال حاضر روش ساده‌ای برای اندازه‌گیری و یا تعیین SAR وجود ندارد رعایت حدود این کمیت با اندازه‌گیری مقدار واقعی آن ممکن نیست. لذا حدود شدت میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی و چگالی توان به گونه‌ای تنظیم شده‌است که با رعایت آن‌ها رعایت حدود SAR تضمین می‌شود. روش های تعیین SAR و حدود آن برای مردم در پیوست ۱ آمده است.

#### ۴-۲-۲- حدود شدت میدان

مردم نباید در مکان هایی قرار گیرند که شدت موثر میدان الکتریکی یا شدت موثر میدان مغناطیسی یا چگالی توان ، با توجه به فرکانس میدان ، از حدود داده شده در جدول ۳ بیشتر است .

مقادیر متوسط شدت موثر میدان در سطح مقطعی معادل سطح مقطع بدن انسان ، باید با حدود داده شده در جدول ۳ مقایسه شود و ضمناً متوسط گیری زمانی باید با توجه به جدول ۳ صورت گیرد .

چنانچه شخص در محلی قرار گیرد که میدان هایی با فرکانس های مختلف و مربوط به سطرهای متفاوت جدول ۳ در آن محل وجود دارد ، باید فرمول زیر برقرار باشد :

$$\sum_{300\text{KHZ}}^{300\text{GHZ}} R_f \leq 1$$

همان شماره (۷)

که در آن :

$f$  = فرکانس هایی است که اندازه گیری شدت میدان در آن فرکانس ها انجام شده است .

و

$$R_f = \left( \frac{\text{مقدار اندازه گیری شده شدت میدان در فرکانس } f}{\text{حد شدت میدان در فرکانس } f} \right)^2 \quad \text{همان شماره (۸)}$$

و یا اگر چگالی میدان اندازه گیری می شود :

$$R_f = \frac{\text{مقدار اندازه گیری شده چگالی توان در فرکانس } f}{\text{حد چگالی توان در فرکانس } f} \quad \text{همان شماره (۹)}$$

۱۳	صفحه :	شماره شناسه : INRRARP6CP07	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۴۸	کل صفحات :		

جدول ۳ - حدود پرتوگیری مردم در میدان های رادیویی و مایکروویو

محدوده فرکانس (f)	شدت موثر میدان الکتریکی به ولت بر متر	شدت موثر میدان منطاطیسی به آمپر بر متر	چگالی توان موج تخت به وات بر متر مربع	زمان متوسط گیری به دقیقه
۰/۳ - ۱ (MHz)	۸۷	$\frac{0.73}{f}$	-	۶
۱ - ۱۰ (MHz)	$\frac{87}{\sqrt{f}}$	$\frac{0.73}{f}$	-	۶
۱۰ - ۴۰۰ (MHz)	۲۸	۰/۰۷۳	۲	۶
۴۰۰ - ۲۰۰۰ (MHz)	$۱/۳۷۵ \sqrt{f}$	$۰/۰۰۳۷ \sqrt{f}$	$\frac{f}{200}$	۶
۲ - ۳۰۰ (GHz)	۶۱	۰/۱۶	۱۰	$\frac{68}{f^{1/05}}$

• حدود چگالی توان برای فرکانس های بالاتر از ۱۰۰ MHz به کار می رود .

\* در هر سطر جدول ۳ یکای فرکانس (f) در فرمول ها همان یکای به کار رفته در آن سطر است.

#### ۱-۲-۲-۴- پیشینه ی پرتوگیری

در فرکانس های کمتر از ۱۵ گیگاهرتز در صورتی که مدت پرتوگیری کمتر از ۰/۱ ساعت (۶ دقیقه) باشد، پرتوگیری بیشتر از حدود تعیین شده در جدول ۳ مجاز است . برای پرتوگیری مردم استفاده از این نکته معمولاً عملی نیست زیرا معمولاً نمی توان زمان استقرار افراد در میدان های بالاتر از حد را تخمین زد . البته چنانچه منبع پرتو به گونه ای عمل کند که مثلاً در هر ده دقیقه دو دقیقه تابش کند ، این امر برای مردم نیز قابل استفاده است . در این صورت مدت زمان پرتوگیری باید کاملاً تحت کنترل باشد و میانگین شدت موثر میدان یا چگالی توان در ۶ دقیقه (فرمول های ۱۶ و ۱۷) باید کمتر از حدود جدول ۳ باشد.

در این گونه موارد حداقل زمان پرتوگیری ، یک دقیقه فرض می شود .

#### ۳-۲-۴- حدود پرتوگیری برای میدان های پالسی مایکروویو و رادیویی :

۱ - در عین حالی که میانگین چگالی توان موج های پالسی باید کمتر از حدود مشخص شده در جدول ۳ باشد ، ماکزیمم

شدت میدان الکتریکی نباید از ۱۰۰ کیلوولت بر متر تجاوز کند (نحوه ی محاسبه ی میانگین چگالی توان میدان های پالسی در

پیوست ۲-ب آمده است).

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه: INRARP6CP07	صفحه: ۱۴
		کل صفحات: ۴۸

۲- هنگام پرتوگیری در میدان های رادیویی با عرض پالس کمتر از ۱۰۰ میلی ثانیه ، حداکثر چگالی توان از هر پالس باید به گونه ای باشد که انرژی هر پالس در شرایط زیر صدق کند :

الف - چگالی انرژی یک پالس منفرد نباید بیشتر از یک پنجم بیشینه چگالی انرژی مجاز در پریود زمانی ۰/۱ ساعت (۶ دقیقه) باشد . یعنی حد چگالی انرژی هر پالس با فرمول زیر به دست می آید :

$$W_p = \frac{W_L T_a}{5T} \quad \text{همان شماره (۱۰)}$$

که در آن :

$$W_p = \text{حد چگالی توان بیشینه برای یک پالس منفرد برحسب وات بر مترمربع} \left(\frac{W}{m^2}\right) ;$$

$$W_L = \text{چگالی توان موج پیوسته براساس جدول ۳ برحسب وات بر مترمربع} \left(\frac{W}{m^2}\right) ;$$

$$T = \text{پهنای پالس برحسب ثانیه و}$$

$$T_a = \text{زمان متوسط گیری طبق جدول ۳ برحسب ثانیه است. حداکثر ۵ پالس می تواند در این زمان بگنجد .}$$

ب - اگر بیشتر از ۵ پالس در زمان متوسط گیری واقع شود و یا اگر پهنای پالس بیشتر از ۱۰۰ میلی ثانیه باشد ، متوسط گیری زمانی معمولی (مطابق جدول ۳) اعمال می شود ، مگر آن که چگالی انرژی دریافتی در هر ۱۰۰ میلی ثانیه در فرمول زیر صدق کند :

$$\sum W_p T = \frac{W_L T_a}{5} \quad \text{همان شماره (۱۱)}$$

که در آن :

$$W_p = \text{حد چگالی توان بیشینه برای یک پالس منفرد برحسب وات بر مترمربع} \left(\frac{W}{m^2}\right) ;$$

$$W_L = \text{چگالی توان موج پیوسته براساس جدول ۳ برحسب وات بر مترمربع} \left(\frac{W}{m^2}\right) ;$$

$$T = \text{پهنای پالس برحسب ثانیه و}$$

$$T_a = \text{زمان متوسط گیری طبق جدول ۳ برحسب ثانیه است.}$$

#### ۴-۲-۴- حدود جریان تماسی یا القایی

حدود جریان های تماسی یا القایی به منظور پیشگیری از بروز شوک ناشی از امواج رادیویی و سوختگی حاصل از آن تعیین می شود

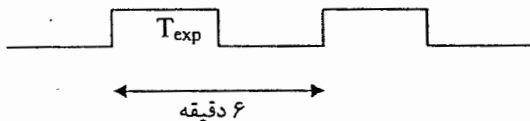
شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۱۵
قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات : ۴۸

- در محدوده ی فرکانسی ۳۰۰ کیلوهرتز الی ۱۱۰ مگاهرتز مقدار موثر جریان القایی در بدن مردم در میدان های مایکروویو و رادیویی در مدت ۶ دقیقه ، که ناشی از امواج الکترومغناطیسی است و در اثر تماس با اشیا فلزی نیست باید کمتر از ۲۰ میلی آمپر باشد.

- در محدوده ی فرکانسی ۳۰۰ کیلوهرتز الی ۱۱۰ مگاهرتز مقدار موثر جریان تماسی در بدن مردم در میدان های مایکروویو و رادیویی در مدت ۶ دقیقه ، که در اثر تماس هر فرد با اشیا موجود در میدان های فوق بین بدن شخص و آن شیء برقرار می شود در بدترین شرایط (وقتی که امپدانس شیء و بدن شخص مساوی است) باید کمتر از ۲۰ میلی آمپر باشد. روش اندازه گیری این جریان ها در پیوست ۳ آمده است .

جریان های تماسی نزدیک به حد ممکن است احساس شوند . (حس گرم شدن یا سوزش و ...) اما برای ایجاد درد و یا آسیب (مانند سوختگی) کافی نیستند .

- چنانچه شخص در بخشی از ۶ دقیقه پرتوگیری کند ، حد میانگین مربع جریان های تماسی یا القایی قابل افزایش است و از رابطه زیر محاسبه می شود :



همان شکل ۱- پرتوگیری در بخشی از ۶ دقیقه

همان شماره (۱۲)

$$I_{av}^2 = I_{im}^2 \times \frac{6}{T_{exp}}$$

که در آن :

$I_{av}$  = میانگین مجذور شدت جریان ؛

$I_{im}$  = حد شدت جریان تماسی یا القایی و

$T_{exp}$  = مدت زمان پرتوگیری به دقیقه در دوره ۶ دقیقه ای است .

حداکثر جریان های تماسی یا القایی در فرکانس های ۳۰۰ کیلوهرتز الی ۱۱۰ مگاهرتز ، برای پرتوگیری در بخشی از ۶ دقیقه در جدول ۴ آمده است .

در صورتی که در اثر تماس با اشیا باردار ، جرقه زده شود و تخلیه ناگهانی بار صورت گیرد، رعایت حدود فوق ، حفاظت کافی برای جلوگیری از وقوع شوک یا سوختگی به شمار نمی رود .

شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ۱۶
قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات : ۴۸

جدول ۴ - حدود جریان های تماسی یا القایی در محدوده فرکانس ۳۰۰ کیلوهرتز الی ۱۱۰ مگاهرتز برای مردم در بخشی از ۶ دقیقه

مدت پرتوگیری در هر ۶ دقیقه به دقیقه	میانگین جریان موثر القایی یا تماسی در هر پا به میلی آمپر (mA)
۶	۲۰
۵	۲۲
۴	۲۴/۵
۳	۲۸/۳
۲	۳۴/۶
۱	۴۹
۰/۵	۶۹/۳
کمتر از ۰/۵	۶۹/۳

#### ۵- مسئولیت ها

در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو باید مسئولیت ها و وظایف هر یک از کارکنان مشخص و مدون باشد.

#### ۵-۱- وظایف شخص قانونی

- دریافت مجوزهای کار با پرتو و یا کاربرد دستگاه های رادیویی؛
- اجرای قانون ، مقررات ، استانداردها ، آیین نامه ها و دستورالعمل های حفاظت در برابر اشعه ؛
- تامین تجهیزات ، امکانات و شرایط لازم جهت اجرای قانون و مقررات و برنامه ریزی آموزش پرتوکاران قبل از آغاز به کار با پرتو .
- با در نظر گرفتن وسعت مرکز و تعداد دستگاه های مستقر در آن ، شخص قانونی می تواند برخی از وظایف اجرایی خود را به افراد دیگری نظیر " مسئول کار با دستگاه " و " مسئول فیزیک بهداشت " واگذار نماید .

#### ۵-۲- وظایف مسئول فیزیک بهداشت

- انجام بازرسی های دوره ای از قسمت های کار با دستگاه های پرتوساز ، ثبت نتایج حاصله و ارائه به واحد قانونی در صورت لزوم ؛
- بررسی نتایج اندازه گیری و اتخاذ روش های مناسب جهت به حداقل رساندن پرتوگیری کارکنان ؛

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۱۷
		کل صفحات : ۴۸

- تعیین نواحی تحت نظارت و کنترل شده و حضور محدود و نصب علامت های هشدار و یا خطر مناسب جهت ممانعت از ورود افراد متفرقه به آنها؛
- برنامه ریزی انجام آزمایشات و معاینات پزشکی پرتوکاران و نظارت بر انجام آنها و ثبت نتایج در پرونده پزشکی آنان؛
- برنامه ریزی جهت انجام اقدامات لازم در صورت وقوع سانحه ، ثبت سوانح به وقوع پیوسته ، تهیه گزارش سانحه ، ارسال آن به واحد قانونی و پیش بینی اقدام لازم جهت جلوگیری از تکرار سانحه و
- اندازه گیری پرتوهای رادیویی و مایکروویو در اطراف دستگاه ها یا تجهیزات تعمیر یا تعویض شده و کنترل زیر حد بودن مقادیر این پرتوها .

#### ۳-۵- وظایف شخص مسئول کار با دستگاه

- نظارت و کنترل برنامه کاری افرادی که با یک دستگاه کار می کنند ؛
- پیش بینی خطرات بالقوه دستگاه و تهیه دستورالعمل ها و تجهیزات مورد نیاز جهت جلوگیری از وقوع این خطرات و
- تهیه دستورالعمل های کار با دستگاه به زبان فارسی و نظارت بر اجرای آن .

#### ۴-۵- وظایف کارکنان با دستگاه های پرتوساز

- همکاری در اجرای قانون و مقررات حفاظت در برابر اشعه؛
- توجه به خطرات بالقوه دستگاهی که به کار با آن اشتغال دارند . به ویژه درک اهمیت قفل های داخلی ( اینترلاک ) و خطراتی که غیرفعال کردن آنها به دنبال دارد و توجه به علامت های هشدار و خطر نصب شده؛
- اطلاع دادن عیوب دستگاه پرتوساز به مسئول تعمیرات و خودداری از تعمیر دستگاه؛
- آگاهی از روش ایمن و صحیح کار با دستگاه و به کار بستن آن و
- اطلاع از برنامه اورژانس و اجرای آن در صورت وقوع سانحه .

#### ۶- اندازه گیری میدان های رادیویی و مایکروویو و محاسبات مربوط به پردازش نتایج

- هدف از اندازه گیری پرتوهای رادیویی و مایکروویو یک دستگاه یا یک مجموعه ، بررسی رعایت حدود پرتوگیری مردم ، و کارکنان است. همچنین تعیین مرزهای منطقه کنترل شده و تحت نظارت و ممنوعه با اندازه گیری این پرتوها انجام می شود .
- در اندازه گیری پرتوهای مایکروویو و رادیویی موارد زیر باید رعایت شود :
- اندازه گیری پرتوهای مایکروویو و رادیویی باید به وسیله اشخاص صلاحیت دار صورت گیرد .

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ۱۸
		کل صفحات : ۴۸

- پس از نصب دستگاه‌های رادیویی جدیدی که بالقوه می‌توانند پرتوهای قویتر از حدود تعیین شده در جدول ۳ ایجاد کنند و قبل از شروع روال عادی کار آنها اندازه‌گیری پرتوهای مایکروویو و رادیویی باید انجام شود.

- پس از تعمیر، افزایش در توان تشعشع و یا تغییر شرایط کار دستگاه‌های پرتوساز یا حفاظ‌های موجود که ممکن است سبب شود مقادیر میدان بیش از حدود تعیین شده در جدول ۳ باشد، باید اندازه‌گیری انجام شود.

- در مواقعی که دستگاه بد کار می‌کند و ممکن است باعث افزایش مقادیر میدان، جریان‌های القایی در بدن و یا جریان‌های تماسی شود؛ اندازه‌گیری باید صورت گیرد.

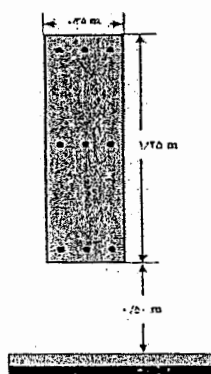
- اندازه‌گیری در اطراف دستگاه‌هایی که تولید میدان یا جریان القایی و تماسی در بدن می‌کنند باید به صورت دوره‌ای با حداقل پریود ممکن تکرار شود.

- دستگاه(های) اندازه‌گیری مورد استفاده باید برای اندازه‌گیری مورد نظر مناسب باشد یعنی قادر به اندازه‌گیری در فرکانس دستگاه مورد نظر باشد و بتواند شدت میدان یا چگالی توان موجود را اندازه‌گیری کند. همچنین بهتر است که روش‌های اندازه‌گیری که در پیوست ۳ آمده است به کار برده شود. دستگاه‌های اندازه‌گیری باید کالیبره باشند (روش‌های کالیبره کردن دستگاه‌های اندازه‌گیری پرتوهای رادیویی و مایکروویو در پیوست ۷ آمده است). این کار باید مطابق با دستورالعمل دستگاه و یا حداقل هر سال یک بار صورت گیرد. همچنین قبل از استفاده در بازرسی‌ها، کارایی آنها باید با مقایسه با یک دستگاه دیگر که کالیبره است تایید شود.

- در هر اندازه‌گیری، مشخصات کامل میدان (از قبیل فرکانس، شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی و یا چگالی توان و نیز جریان‌های القایی و تماسی بدن) در هر محل کاری جهت انطباق کامل با حدود باید ثبت شود.

#### ۶-۱- اندازه‌گیری میدان - متوسط‌گیری فضایی

هنگام اندازه‌گیری میدان جهت بررسی مطابقت با حدود مشخص شده در جدول‌های ۱ و ۳ باید فاصله حسگرها (پروب‌ها) از شخص یا هر سطحی حداقل ۲۰ سانتی‌متر باشد. برای بدست آوردن مقادیر متوسط فضایی میدان، مقادیر میدان (شامل مقدار ماکزیمم) در نقاط مختلف (۹ نقطه یا بیشتر) سطحی با عرض ۰/۳۵ متر و ارتفاع ۱/۲۵ متر عمود بر سطح زمین به فاصله تقریباً ۰/۵ متر بالای آن، اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲ - نقاط مختلف اندازه‌گیری میدان باید در سطح

مستطیل قرار گیرد.

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ۱۹
		کل صفحات : ۴۸

بهتر است نقاط اندازه گیری به طور یکنواخت و دلخواه در ناحیه اندازه گیری در نظر گرفته شود. در میدان یکنواخت (میدان دور برای آنتن ها)، اندازه گیری در یک نقطه کافی است زیرا مقادیر سایر اندازه گیری ها مشابه خواهد بود. برای اطلاعات بیشتر در مورد اندازه گیری میدان ها و متوسط گیری فضایی به پیوست ۳ مراجعه شود. مقادیر میانگین فضایی از فرمول های زیر بدست می آید:

$$E = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

$$H = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (14)$$

$$W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i \quad (15)$$

که در آن ها:

$n$  = تعداد محل های اندازه گیری؛

$E_i$  = شدت میدان الکتریکی در  $i$  امین محل؛

$H_i$  = شدت میدان مغناطیسی در  $i$  امین محل و

$W_i$  = چگالی توان در  $i$  امین محل است.

۶-۲- تعیین متوسط زمانی مقادیر اندازه گیری شده

در محدوده‌ی فرکانسی ۰/۳ الی ۱۵۰۰۰ مگاهرتز در اندازه گیری شدت میدان الکتریکی یا مغناطیسی یا چگالی توان، یک اندازه گیری کافی است، مگر اینکه مقدار کمیت مورد اندازه گیری در مدت ۶ دقیقه به طور قابل ملاحظه (بیش از ۲۰٪) تغییر کند. در این حالت، مقدار متوسط کمیت مورد نظر، باید با داشتن نتیجه چندین اندازه گیری بدست آید. وسایل اندازه گیری خاصی که مقادیر میانگین در ۶ دقیقه را تعیین می کند ساخته شده است لیکن چنانچه این وسایل در دسترس نباشد باید میانگین کمیت در ۶ دقیقه به روش زیر تعیین شود:

الف - برای بدست آوردن میانگین شدت موثر میدان الکتریکی ( $E$ ) و شدت موثر میدان مغناطیسی ( $H$ ) از فرمول های ۱۶

و ۱۷ استفاده می شود:

۲۰	صفحه :	INRARP6CP07	شماره شناسه :	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۴۸	کل صفحات :			

$$E = \left[ \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n E_i^2 \Delta t_i \right]^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

$$H = \left[ \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n H_i^2 \Delta t_i \right]^{\frac{1}{2}} \quad (17)$$

که در آن ها :

$E_i$  و  $H_i$  = شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی اندازه گیری شده در آ آمین دوره زمانی ؛

$\Delta t_i$  = مدت زمانی که شدت میدان مساوی  $E_i$  یا  $H_i$  است و

$n$  = تعداد دوره های زمانی در مدت ۶ دقیقه است .

ب - برای بدست آوردن چگالی توان متوسط ( $W$ ) از فرمول زیر استفاده می شود :

$$W = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n W_i \Delta t_i \quad (18)$$

که در آن :

$W_i$  = چگالی توان اندازه گیری شده در آ آمین دوره زمانی ؛

$\Delta t_i$  = مدت زمانی که چگالی توان مساوی  $W_i$  است و

$n$  = تعداد دوره های زمانی در مدت ۶ دقیقه است .

در تمام فرمول های قبلی ، رابطه زیر باید برقرار باشد :

$$\sum_{i=1}^n \Delta t_i = 6 \text{ min} \quad (19)$$

برای میدان های پالسی ،  $E_i$  و  $H_i$  مقادیر موثر آنها و  $W_i$  میانگین چگالی توان در مدت زمان  $\Delta t_i$  می باشد .

اگر مقادیر ماکزیمم اندازه گیری شده اند ، مقدار موثر یا متوسط باید محاسبه شود .

در فرکانس های بیشتر از ۱۵ گیگاهرتز زمان متوسط گیری ۶ دقیقه نیست بلکه باید از فرمول ۲۰ محاسبه شود .

$$t = \frac{68}{f^{1/05}} \quad (20)$$

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ۲۱
		کل صفحات : ۴۸

### ۳-۶- اندازه گیری جریان های القایی و تماسی

در شرایط خاص در حالی که شدت میدان های الکتریکی ، که عامل اصلی ایجاد جریان های القایی است ، کمتر از حدود ذکر شده در جدول های ۱ و ۳ هستند ، جریان های القایی ممکن است بیشتر از حدود ذکر شده در بندهای ۴-۱-۴ و ۴-۲-۴ شود . این امر ممکن است حتی در شرایطی که شدت میدان الکتریکی ۲۵٪ حد میدان الکتریکی است روی دهد .

اندازه گیری جریان های تماسی در شرایطی که شخص ناچار است در میدان رادیویی قوی با اشیاء فلزی تماس برقرار کند ، الزامی است . برای اندازه گیری جریان تماسی از مدار الکتریکی خاصی که امپدانس خروجی آن با امپدانس بدن انسان یکی است استفاده می شود .

برای اطلاعات بیشتر به پیوست ۳ مراجعه شود .

### ۷-۱- نصب علائم هشدار و خطر

علائم هشدار یا خطر باید روی دستگاه های رادیویی و نیز در مرزهای نواحی تحت نظارت، کنترل شده ، حضور محدود و یا ممنوعه نصب شود.

### ۷-۱-۱- نصب علائم هشدار و خطر در نواحی مختلف :

- علامت "هشدار" باید در ورودی تمام ناحیه های تحت نظارت یا کنترل شده و نیز تمام ناحیه هایی که شدت پرتوهای رادیویی از مقدار تعیین شده در جدول ۳ تجاوز می کند ولی از مقادیر تعیین شده در جدول ۱ کمتر است ؛ نصب شود . فقط کارکنان تعیین شده برای کار در این نواحی ، مجازند که وارد این نواحی شوند . ورود به این نواحی برای سایرین مجاز نیست .  
- علامت "خطر" باید در ورودی ناحیه های حضور محدود و نیز در مکان هایی نصب شود که در آن شدت پرتوهای رادیویی و مایکروویو از مقداری که در جدول ۱ تعیین شده است بیشتر است . عبارت « خطر پرتوگیری رادیویی - وارد نشوید » نیز باید در کنار علامت خطر فوق نصب شود .

در مواردی که قرار گرفتن در یک میدان رادیویی دارای محدودیت زمانی است در کنار علامت "خطر" باید عبارت حداکثر مدت زمان استقرار در میدان نیز مشخص شود .

- علائم نصب شده در ورودی نواحی باید کاملاً واضح بوده و کاملاً در معرض دید باشد .

### ۷-۲- نصب علائم هشدار یا خطر روی دستگاه ها :

برای نصب علائم هشدار یا خطر روی دستگاه ها موارد زیر باید رعایت شود :

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ۲۲
		کل صفحات : ۴۸

- علامت "احتیاط" باید روی هر دستگاه رادیویی در هر شرایطی چسبانده شود.

- علامت "هشدار" باید روی هر دستگاه رادیویی در حال ساخت یا در حال استفاده در صنعت ، تحقیقات یا پزشکی که شدت پرتوی آن بالقوه بیشتر از حدود تعیین شده در جدول ۳ ، ولی کمتر از مقادیر مشخص شده در جدول ۱ ، است چسبانده شود . این علامت باید روی هر دستگاهی که به علت کاربرد غلط یا اشکال در عملکرد ممکن است با تولید پرتوهای رادیویی به افراد آسیب برساند ، چسبانده شود .

- علامت خطر باید روی هر دستگاه رادیویی در حال ساخت یا در حال استفاده در صنعت ، پژوهش یا پزشکی که شدت پرتوی آن بالقوه بیشتر از مقادیر تعیین شده در جدول ۱ ، است نصب شود همچنین حتی اگر مقادیر فوق کمتر از حدود تعیین شده در جدول ۱ ، است ولی به علت کاربرد غلط دستگاه یا اشکال در عملکرد آن احتمال آسیب جدی یا مرگ برای افراد ایجاد کند ، باید روی دستگاه نصب شود .  
اطلاعات بیشتر در مورد علائم هشدار و خطر در پیوست ۴ آمده است.

#### ۸- استقرار و نصب تجهیزات رادیویی و مایکروویو

به منظور اعمال مقررات حفاظت در برابر اشعه در مراکز استقرار دستگاه‌های رادیویی ، لازم است اقدامات زیر صورت گیرد:

##### ۸-۱ : اصول اساسی

- ناحیه‌های تحت نظارت ، کنترل شده ، ممنوعه و حضور محدود تعیین و علامت گذاری شود.
- شدت میدان یا چگالی توان در نقاط مختلف ناحیه های کنترل شده مشخص و ثبت شود. در این ناحیه ها شدت میدان و چگالی توان نباید از حدود داده شده در جدول ۱ بیشتر شود و نیز مقادیر جریان های تماسی و القایی نباید از حدود داده شده در بند ۴-۱-۴ بیشتر شود.
- شدت میدان یا چگالی توان در نقاط مختلف ناحیه های حضور محدود مشخص و ثبت شود و با توجه به آن مدت زمان مجاز حضور هر فرد در آن نواحی مشخص گردد.
- شدت میدان یا چگالی توان در نقاط مختلف ناحیه های تحت نظارت مشخص و ثبت شود. مقادیر شدت میدان و چگالی توان در این ناحیه نباید از حدود داده شده در جدول ۳ بیشتر شود. همچنین مقادیر جریان های تماسی و القایی نباید از حدود داده شده در بند ۴-۲-۴ بیشتر شود.

۲۳	صفحه :	شماره شناسه :	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۴۸	کل صفحات :	INRARP6CP07	

### ۲-۸- الزامات عمومی در محل کار

-- علایم هشدار دهنده تعیین شده در بخش ۷ مبنی بر وجود میدان رادیویی باید طبق توصیه های بخش فوق در محل های مناسب نصب گردد .

- نواحی اطراف دستگاه های رادیویی پر قدرت که در آنها احتمال پرتوگیری مردم وجود دارد باید فنس کشی شود و در صورت استفاده از فنس فلزی حدود جریان های تماسی تعیین شده در بندهای ۴-۱-۴ و ۴-۲-۴ باید رعایت شود .

- هنگام استقرار یک دستگاه رادیویی باید پرتوهای رادیویی ناشی از سایر دستگاه های رادیویی مستقر در نواحی مجاور نیز در نظر گرفته شود .

- وسایل و اشیاء فلزی غیرضروری باید از مجاورت دستگاه های رادیویی دور شوند زیرا این اشیاء می توانند سبب تقویت میدان در برخی نقاط محیط شوند .

- از قرار گرفتن وسایل الکتریکی قابل انفجار ، در نواحی که شدت پرتوهای رادیویی به حدی است که احتمال انفجار این وسایل می باشد ، جلوگیری شود . سیم های رابط و کلاهک های انفجاری ممکن است با گرفتن انرژی میدان رادیویی سبب انفجار شوند .

حساسیت کلاهک های این گونه وسایل به امواج رادیویی ، فرکانس ، پلاریزاسیون ، شدت میدان و نیز نوع طراحی دستگاه و حفاظ های طراحی شده جهت کاهش حساسیت آن به میدان های رادیویی بستگی دارد . شدت میدانی که ممکن است خطرناک باشد ، به فرکانس بستگی دارد : هرچه فرکانس موج رادیویی کمتر باشد ، احتمال خطر بیشتر می شود .

### ۳-۸- الزامات مربوط به حفاظت مردم

- به جز در موارد خاص ، مردم نباید در مکان هایی با سطوح پرتوگیری بالاتر از مقادیر مشخص شده در جدول ۳ حضور یابند .  
- در مبادی تمام مکان هایی که امکان تردد در آنها وجود دارد و نیز پرتوهای ناشی از دستگاه های رادیویی در شرایط عادی کار بیشتر از حدود تعیین شده در جدول ۳ است ، علایم هشداردهنده نصب شود .

- برای هر دستگاهی که پرتوهای اطراف آن ممکن است باعث شود در مکان های عمومی شدت پرتوهای رادیویی از حدود تعیین شده در جدول ۳ بیشتر شود باید پس از نصب ، یا موقعی که دستگاه بد کار می کند و یا پس از هر تعمیر ، اندازه گیری پرتو انجام شود و رعایت حدود تعیین شده در جدول ۳ تایید شود .

شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۲۴
قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات : ۴۸

#### ۴-۸- الزامات گرم کننده های رادیویی و مایکروویو

وسایل گرم کننده رادیویی و مایکروویو انرژی این امواج را به گرما تبدیل می کنند. این وسایل توسط الکتروود ، کویل یا آنتن ، در مواد میدان مایکروویو و رادیویی تولید می کنند و سبب گرم شدن آنها می شوند. در عین حال در اطراف این وسایل میدان های پراکنده نیز تولید می شود. این وسایل در تحقیقات علمی ، پزشکی و فرآیندهای صنعتی به کار می روند. دستگاه های دیاترمی ، فر مایکروویو ، هیترهای الکتروودی رادیویی نمونه هایی از گرم کننده های مایکروویو و رادیویی هستند .

موارد زیر باید در مورد این تجهیزات رعایت شود :

- در صورت تابش موج به سمت نواحی اشغال شده توسط مردم باید کنترل شود که پرتوگیری مردم از حدود ذکر شده در جدول ۳ کمتر باشد .

- در صورتی که مقادیر میدان در محل استقرار افراد از حدود آنها ( بسته به نوع پرتوگیری ممکن است حدود مردم و یا حدود پرتوگیری شغلی باشد) بیشتر شود باید اقدامات حفاظتی مانند استفاده از حفاظ برای کاهش سطح پرتوگیری و رعایت حدود میدان صورت گیرد .

- در اطراف گرم کننده های مایکروویو و رادیویی در نقاطی که مقادیر میدان از حدود پرتوگیری مردم مطابق جدول ۳ بیشتر است باید علائم هشداردهنده مناسب نصب شود و از ورود افراد متفرقه (غیر مسئول در ارتباط با آن دستگاه) به محل ممنوعت شود .

- برای کنترل پرتوگیری اپراتور دستگاه بهتر است علاوه بر اندازه گیری میدان های الکتریکی و مغناطیسی ، جریان القایی در بدن هم اندازه گیری شود .

#### ۵-۸- الزامات فرهای مایکروویو (OVENS)

- هرگونه سرویس یا تنظیم فرهای مایکروویو باید توسط شخص صلاحیت دار انجام شود که ضمناً در زمینه حفاظت در برابر پرتوهای مایکروویو و رادیویی نیز آموزش دیده است . این فرد باید گواهینامه ای دوره ای آموزشی مزبور را داشته باشد ؛  
- هنگام تعمیر یا سرویس باید دقت شود که حفاظ اطراف در فر و جلوی آن آسیب نبیند زیرا در این صورت پرتو نشستی فر افزایش می یابد؛

- قبل از برداشتن پوشش فلزی بیرونی فر باید دوشاخه فر از پریز خارج شود ؛

- قبل از تعمیر فر باید خازن های ولتاژ بالا به نحو مناسب تخلیه شود ؛

- هرگز نباید قفل های داخلی (interlock) از کار انداخته شود ؛

شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۲۵
قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات : ۴۸

- در کلیه مراکز تولید یا تعمیر فرهای مایکروویو باید تجهیزات اندازه‌گیری پرتوهای مایکروویو فر موجود باشد؛  
 -- پس از تنظیم یا تعمیر فرهای مایکروویو باید چگالی توان پرتوهای مایکروویو اطراف فر طبق دستورالعمل مربوطه اندازه‌گیری شود و نتایج حاصل ثبت گردد و  
 - قبل از کاربرد فر باید اطمینان حاصل شود که مقادیر اندازه‌گیری شده کمتر از حد پرتوگیری مردم در فرکانس کار فر است.

#### ۶-۸- الزامات رادار و سیستم های ارتباطی و مخابراتی

- حتی الامکان آنتن ها باید به گونه ای نصب شوند که پرتوی آنها مستقیماً به سمت مناطق مسکونی تایش نشود . اما در صورتی که امواج به سمت نواحی مسکونی گسیل می شود باید کنترل شود که مقادیر میدان از حدود تعیین شده در جدول ۳ بیشتر نشود .  
 - در صورت امکان برای کاهش میانگین شدت میدان از آنتن های گردان استفاده شود و نیز توان ارسالی روی آنتن محدود گردد .

- هنگام نصب تجهیزات مخابراتی و قبل از عملیاتی شدن آنها باید :

- ناحیه ی کنترل شده مشخص و علامت گذاری شود . این ناحیه ممکن است در محل تردد مردم نیز قرار گیرد.
- ناحیه ممنوعه تعیین و علامت گذاری شود . این ناحیه ممکن است در محل تردد مردم نیز قرار گیرد
- از قفل های داخلی و موانع مناسب جهت جلوگیری از ورود مردم به ناحیه های تحت کنترل و ممنوعه استفاده شود .

#### ۷-۸- الزامات وسایل پزشکی و تداخل الکترومغناطیسی

دستگاه‌های رادیویی مورد استفاده در پزشکی بهتر است در اتاق‌ها یا بخش‌هایی که به نحو مناسب طراحی می‌شوند ، مورد استفاده قرار گیرند زیرا تداخل امواج الکترومغناطیسی ناشی از وسایلی مانند دیاترمی موج کوتاه و یا تجهیزات الکتروسرجیکال در عملکرد سایر تجهیزات پزشکی مانند الکتروکاردیوگراف ، الکتروانسفالوگراف ، ضربان ساز مصنوعی قلب و غیره اختلال ایجاد می‌کند . وسایل دیگری مانند فرستنده های رادیویی یا تلویزیونی ، رادارها ، تجهیزات مخابراتی ، واکی تاکی و بی سیم نیز می‌تواند این اختلالات را ایجاد کند . برای جلوگیری از بروز این اختلالات باید از حفاظ های مناسب استفاده شود یا آن که محل قرار دادن این گونه وسایل دور از منابع تولید امواج رادیویی باشد . اخیراً طراحی ضربان سازهای قلب (pacemaker) به نحوی بهبود یافته است که کمتر تحت تاثیر امواج الکترومغناطیسی قرار می‌گیرند . در طراحی سایر وسایل پزشکی نیز سعی بر آن است که اثر تداخل امواج الکترومغناطیسی رادیویی در آنها به حداقل برسد .

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه: INRRARP6CP07	صفحه: ۲۶
		کل صفحات: ۴۸

#### ۹- بازرسی از مراکز کار با منابع تولید پرتوهای رادیویی و میکروویو

- پس از نصب و استقرار دستگاه‌های رادیویی لازم است مسئول فیزیک بهداشت طبق یک برنامه‌ی مدون از قسمت‌های تحت نظارت و کنترل شده بازرسی کند؛

- در اغلب بازرسی‌هایی که از مراکز کار با دستگاه‌های رادیویی و مایکروویو انجام می‌شود، لازم است که پرتوهای رادیویی موجود در محیط اندازه‌گیری شود؛

- علاوه بر اندازه‌گیری پرتوهای رادیویی و مایکروویو در هر بازرسی از دستگاه یا مجموعه مولد پرتوهای رادیویی و مایکروویو، صحت عملکرد تمام قفل‌های داخلی باید تست شود و کنترل شود که در حال کار باشند. ضمناً نصب صحیح و خوانا بودن علائم هشدار و یا خطر و برجسب‌ها باید کنترل شود و

- عموماً در مراکز کاربرد دستگاه‌های رادیویی و مایکروویو پرتوان لازم است که وجود پرتوی ایکس در نزدیکی دستگاه بررسی شود. توضیحات بیشتر در این مورد در پیوست ۵ آمده است.

#### ۹-۱- ثبت نتایج و ارائه توصیه‌ها

در هر اندازه‌گیری یا بازرسی اطلاعات و نتایج زیر باید ثبت و نگهداری شود:

- تاریخ اندازه‌گیری، نام و سازمان متبوع بازرسی‌کننده یا شخصی که اندازه‌گیری را انجام می‌دهد، مدل و شماره سریال و تاریخ کالیبراسیون دستگاه مورد استفاده در اندازه‌گیری؛

- تعداد و نوع و مشخصات دستگاه‌های پرتوساز در ناحیه مورد بررسی، محل‌های اندازه‌گیری نسبت به دستگاه‌های رادیویی، نتایج اندازه‌گیری یا بازرسی؛

- سایر اطلاعاتی که می‌تواند مفید باشد مانند نقشه محل استقرار تاسیسات عکس، بروشور دستگاه‌ها و ...

پس از بررسی نتایج حاصل از بازرسی لازم است اقدامات زیر صورت گیرد:

- ارائه‌ی توصیه‌های ایمنی شامل تغییرات لازم در مرزهای ناحیه‌های کنترل شده، حضور محدود یا تحت نظارت و یا تغییرات لازم در حفاظ‌گذاری، تغییر محل استقرار دستگاه‌ها اصلاح روش کار با دستگاه توسط شخص مسئول کار با دستگاه براساس نتایج اندازه‌گیری و

- در صورت نیاز به اقدامات اصلاحی، لازم است زمان بازرسی یا ارزیابی مجدد برای بررسی اعمال و تاثیر اقدامات فوق تعیین شود.

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۲۷
		کل صفحات : ۴۸

### پیوست ۱ - تخمین مقدار آهنگ جذب انرژی و حدود آن

ارزیابی دقیق و روشن آهنگ جذب انرژی برای بررسی مطابقت با حدود آن الزامی است. قابل ذکر است که بین شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی داخل بدن، یا بین آهنگ جذب انرژی و شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی خارج از بدن رابطه ی ساده ای برقرار نیست.

تعیین آهنگ جذب انرژی برای انسان هنگام پرتوگیری در میدان نزدیک بسیار دشوار است و تنها با استفاده از شبیه سازی بدن انسان در شرایط آزمایشگاهی امکان پذیر است به این منظور هم روش محاسباتی و هم روش اندازه گیری وجود دارد. در استفاده از هر یک از این روش ها دقت تعیین نتیجه باید قابل قبول باشد. روش های محاسباتی پیچیده برای محاسبه آهنگ جذب انرژی موجود است که معمولاً برای استفاده در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو مناسب نیست. نرم افزارهایی نیز برای تخمین آهنگ جذب انرژی در میدان های رادیویی و مایکروویو نوشته شده است و قابل استفاده است. روش های خاصی نیز برای اندازه گیری آهنگ جذب انرژی موجود است که از بین آنها دو روش متداول تر است البته این روش ها برای حیوانات آزمایشگاهی و مدل مصنوعی بدن انسان (فانتوم) قابل استفاده است. در روش اول، با استفاده از دماسنج، افزایش دمای فانتوم در اثر جذب انرژی از میدان رادیویی اندازه گیری می شود و سپس با استفاده از فرمول زیر، آهنگ جذب انرژی محاسبه می شود.

$$SAR = \frac{C\Delta T}{\Delta t} \quad (21)$$

که در آن:

$\Delta T$  = تغییر دمای فانتوم به درجه ی سلسیوس؛

$\Delta t$  = مدت زمان تغییر دما به ثانیه و

$C$  = ظرفیت گرمایی ویژه ی ماده ی تشکیل دهنده ی فانتوم به ژول بر کیلوگرم درجه ی سلسیوس است.

این روش در صورتی که تغییرات دما نسبت به زمان خطی است، مناسب است. به عبارت دیگر این روش برای اندازه گیری آهنگ جذب انرژی موضعی، در میدان های قوی مناسب است یعنی در شرایطی که با پرتوگیری، تغییردمای بافت چندان تحت تاثیر مبادله ی گرما با محیط نیست و اثر پرتوگیری خیلی بیشتر است. در روش دوم با استفاده از یک پروب میدان الکتریکی داخل فانتوم اندازه گیری می شود و سپس با استفاده از فرمول زیر آهنگ جذب انرژی محاسبه می شود:

$$SAR = \sigma \frac{E^2}{\rho} \quad \text{همان معادله (۲)}$$

شماره شناسه: INRARP6CP07	صفحه: ۲۸
قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات: ۴۸

که در آن:

$$\sigma = \text{هدایت بافت برحسب زیمنس بر متر؛}$$

$$E = \text{شدت موثر میدان الکتریکی در بافت برحسب ولت بر متر و}$$

$$\rho = \text{چگالی جرمی برحسب کیلوگرم بر متر مکعب است.}$$

این روش برای اندازه گیری آهنگ جذب انرژی در جزء کوچکی از بدن مناسب است همچنین برای اندازه گیری آهنگ جذب انرژی های کم به کار می رود یعنی شرایطی که در اثر جذب انرژی از میدان، تغییر دمای قابل اندازه گیری در بافت روی ندهد. تجهیزات اندازه گیری آهنگ جذب انرژی با این روش متشکل از یک پروب اندازه گیری میدان داخل فانتوم و یک سیستم کامپیوتری جهت قرار دادن پروب در محل دقیق مورد نظر است.

#### ۱- الف - حدود آهنگ جذب انرژی برای پرتوکاران میدانهای رادیویی

در فرکانس های بین ۳۰۰ کیلوهرتز و ۱۰ گیگاهرتز، آهنگ جذب انرژی نباید از حدود تعیین شده برای آن بیشتر شود. یعنی مقادیر چگالی توان و شدت میدان باید به گونه ای باشد که حد آهنگ جذب انرژی رعایت شود. برای مواردی که فاصله شخص از منبع پرتو کمتر از ۰/۲ متر است، بهتر است آهنگ جذب انرژی تعیین شود. چنانچه در مواردی تعیین آهنگ جذب انرژی از لحاظ فنی غیرممکن باشد، اندازه گیری شدت میدان و یا چگالی توان کفایت می کند. حد آهنگ جذب انرژی برای پرتوکاران میدانهای رادیویی مطابق جدول ۵ است.

جدول ۵ - حد آهنگ جذب انرژی برای پرتوکاران میدان های مایکروویو و رادیویی

شرایط	حدود SAR (W/Kg)
میانگین SAR تمام جرم بدن	۰/۴
میانگین SAR برای هر گرم از سر و گردن	۸
میانگین SAR برای هر ۱۰ گرم از دست ها و پاها	۲۰

بهتر است در صورت امکان کنترل شود که مقدار متوسط آهنگ جذب انرژی برای چشم ها از ۰/۴ وات بر کیلوگرم تجاوز نکند. این توصیه تا هنگامی که دانشمندان اطلاعات علمی و مستدل کافی جدیدی در مورد اثرات پرتوگیری رادیویی بر روی چشم ارایه کنند معتبر می باشد.

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۲۹
		کل صفحات : ۴۸

#### ۱- ب - حدود آهنگ جذب انرژی برای مردم

در فرکانس های بین ۳۰۰ کیلوهرتز و ۱۰ گیگا هرتز ، آهنگ جذب انرژی نباید از حدود تعیین شده برای آن بیشتر شود یعنی مقادیر چگالی توان و شدت میدان باید به گونه ای باشد که حد آهنگ جذب انرژی رعایت شود .

برای مواردی که فاصله شخص از منبع پرتو کمتر از ۰/۲ متر است ، بهتر است آهنگ جذب انرژی تعیین شود . چنانچه در مواردی تعیین آهنگ جذب انرژی از لحاظ فنی غیرممکن باشد ، اندازه گیری شدت میدان و یا چگالی توان کفایت می کند . حدود آهنگ جذب انرژی برای پرتوگیری مردم مطابق جدول ۶ است .

جدول ۶ - حدود آهنگ جذب انرژی در پرتوگیری مردم در میدان های مایکروویو و رادیویی

شرایط	حدود SAR (W/Kg)
میانگین SAR تمام جرم بدن	۰/۰۸
میانگین SAR برای هر گرم از سر و گردن	۱/۶
میانگین SAR برای هر ۱۰ گرم از دست ها و پاها	۴

بهتر است در صورت امکان کنترل شود که مقدار متوسط آهنگ جذب انرژی برای چشم ها از ۰/۲ وات بر کیلوگرم تجاوز نکند . این توصیه تا هنگامی که دانشمندان اطلاعات علمی و مستدل کافی جدیدی در مورد اثرات پرتوگیری امواج رادیویی بر روی چشم ارایه کنند معتبر می باشد .

۳۰	صفحه :	شماره شناسه : INRRARP6CP07	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۴۸	کل صفحات :		

پیوست ۲ - تعیین ناحیه‌های میدان دور یا نزدیک و تخمین مقادیر شدت میدان یا چگالی توان

در تخمین مقادیر شدت میدان‌های الکتریکی یا مغناطیسی یا چگالی توان چند عامل مؤثر است. این عوامل عبارتند از:

- قرار گرفتن در ناحیه میدان دور یا ناحیه میدان نزدیک

- استفاده از مدولاسیون پالسی یا عدم استفاده از آن

- استفاده از آنتن ثابت یا آنتن گردان

در ادامه‌ی این مبحث تاثیر هر یک از این عوامل در محاسبات بررسی می‌شود.

۲- الف - نواحی میدان دور و نزدیک

دستگاه‌های رادیویی ممکن است ویژگی‌های کاملاً متفاوتی داشته باشند.

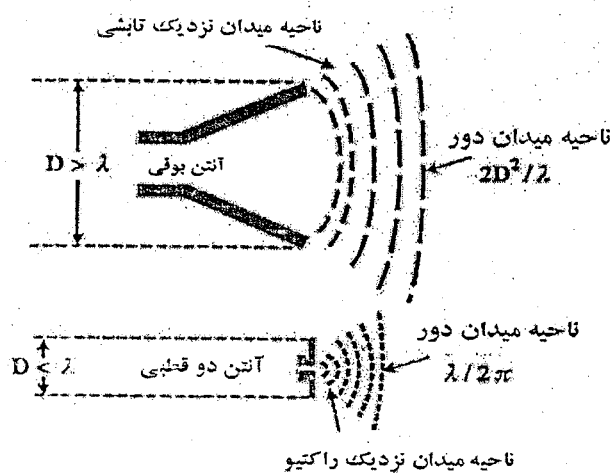
به منظور ارزیابی پرتوگیری اشخاص و حفاظت در مقابل پرتوگیری‌های خطرناک دستگاه‌های رادیویی به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند:

الف - آنتن‌های کوچک، به معنای آنتن‌هایی که ابعاد آنها کمتر از طول موج ( $\lambda$ ) پرتو تابشی است.

ب - آنتن‌های بزرگ، به معنای آنتن‌هایی که ابعاد آنها بیشتر از طول موج ( $\lambda$ ) پرتو تابشی است.

ج - منابعی که تولید میدان‌های ناشی می‌کنند، مانند گرم‌کننده‌های دی‌الکتریک رادیویی، گرم‌کننده‌های القایی رادیویی، اجزای رادار (به جز آنتن).

فضای اطراف یک آنتن معمولاً به دو ناحیه تقسیم می‌شود: ناحیه میدان نزدیک و ناحیه میدان دور (شکل ۳).



شکل ۳- میدان دور و میدان نزدیک در اطراف آنتن

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ۳۱ کل صفحات : ۴۸
---	----------------------------	----------------------------

ناحیه میدان نزدیک خود به دو منطقه تقسیم می شود که عبارتند از : ناحیه میدان نزدیک راکتیو (reactive) و ناحیه میدان نزدیک تابشی (radiating). درست در کنار آنتن ناحیه‌ای که در آن میدان القایی (reactive) وجود دارد به عنوان ناحیه میدان نزدیک راکتیو شناخته می شود. قسمت اعظم انرژی الکترومغناطیسی در این ناحیه تابش نمی شود بلکه ذخیره می شود. در فواصل خیلی کم از آنتن میدان نزدیک راکتیو به طور قابل ملاحظه ای با افزایش فاصله کاهش می یابد. در فواصل کمی بیشتر میدان نزدیک تابشی غالب است. در ناحیه میدان نزدیک تابشی، انرژی منتشر می شود. در این ناحیه موج تخت وجود ندارد.

بعد از میدان نزدیک تابشی، ناحیه میدان دور قرار دارد که در آن شدت میدان با عکس فاصله تغییر می کند.

## ۲- الف- ۱ - تعیین شدت میدان نزدیک و میدان دور برای آنتن های کوچک

آنتنی که بزرگترین بعد آن از طول موج تابشی کوچکتر باشد به عنوان آنتن کوچک شناخته می شود. رزوناتورهای دوقطبی (resonant dipoles)، آنتن های yagi و log-periodic مثال هایی از این نوع آنتن هستند. شعاع میدان نزدیک راکتیو آنتن های کوچک، از کنار آنتن از فرمول زیر به دست می آید:

$$R_s = \frac{\lambda}{2\pi} \quad (22)$$

که در آن:

$R_s$  = شعاع ناحیه‌ی میدان نزدیک راکتیو و

$\lambda$  = طول موج تابشی است.

فرمول کلی برای تخمین شدت میدان در ناحیه میدان نزدیک آنتن های کوچک وجود ندارد. البته برای برخی از آنها مانند آنتن های دیپل یا مونوپل فرمول های خاصی وجود دارد. لذا به طور کلی برای اغلب آنتن های کوچک، تخمین پرتوگیری (در ناحیه میدان نزدیک) با استفاده از محاسبات بسیار پیچیده است. اندازه گیری در این ناحیه تنها روش عملی برای تعیین شرایط پرتوگیری است.

## ۲- الف- ۲ - تعیین شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی در نواحی میدان نزدیک و میدان دور برای آنتن های

بزرگ

آنتن هایی که بزرگترین بعد آنها از طول موج تابش آنها بزرگتر است به عنوان آنتن های بزرگ شناخته می شوند. مثال هایی از این نوع آنتن عبارتند از : آنتن های بوقی، آنتن های بشقابی و ...

۳۲	صفحه :	شماره شناسه : INRARP6CP07	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۴۸	کل صفحات :		

در این نوع آنتن ها ، ناحیه میدان نزدیک متشکل از دو ناحیه است . ابتدا ناحیه میدان نزدیک راکتیو است که شعاع آن از فرمول ۲۲ به دست می آید و به دنبال آن ناحیه میدان نزدیک تابشی قرار دارد . در میدان نزدیک تابشی ، شدت میدان لزوماً با فاصله از آنتن کاهش نمی یابد . و ممکن است به صورت نوسانی رفتار کند .

برای آنتن های بزرگ ، شعاع ناحیه میدان نزدیک نسبت به آنتن از فرمول زیر تخمین زده می شود :

$$R_f = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (23)$$

که در آن :

$R_f$  = فاصله ای که میدان دور از آن جا شروع می شود ؛

$D$  = بزرگترین بعد آنتن و

$\lambda$  = طول موج تابشی است .

در این فاصله ، بیشترین اختلاف فاز امواج الکترومغناطیسی که از نقاط مختلف روی آنتن می آیند ۲۲/۵ درجه است .

در عمل شعاع میدان نزدیک آنتن های بزرگ (مثلاً آنتن های بشقابی) ، به جای فرمول ۲۳ از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$R_f = 0.5 \frac{D^2}{\lambda} \quad (24)$$

که در آن :

$R_f$  = فاصله ای که میدان دور از آن جا شروع می شود ؛

$D$  = بزرگترین بعد آنتن و

$\lambda$  = طول موج تابشی است .

بیشترین مقدار چگالی توان آنتن های بوقی و آنتن های بشقابی برای فواصل کمتر از  $R_f$  یا در ناحیه میدان نزدیک با فرمول

زیر تخمین زده می شود :

$$W_m = 4 \frac{P_T}{A} \quad (25)$$

که در آن :

$W_m$  = بیشترین مقدار چگالی توان برحسب وات بر مترمربع ؛

$P_T$  = توان خالص ارسال شده روی آنتن برحسب وات و

$A$  = مساحت فیزیکی دهانه (aperture) آنتن برحسب مترمربع است .

۳۳	صفحه :	INRARP6CP07	شماره شناسه :	قواعد کار با پرتو دز مراکز کار با
۴۸	کل صفحات :			پرتوهای رادیویی و مایکروویو

تقریباً در انتهای ناحیه میدان نزدیک تابشی و در میدان دور ، فرمول های زیر بین شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی و چگالی توان برقرار است :

$$\frac{E}{H} = \eta \quad (26)$$

$$W = \frac{E^2}{\eta} = H^2 \eta \quad (27)$$

که در آن ها :

$$E = \text{شدت میدان الکتریکی به ولت بر متر } \left(\frac{V}{m}\right) ;$$

$$H = \text{شدت میدان مغناطیسی به آمپر بر متر } \left(\frac{A}{m}\right) ;$$

$$W = \text{چگالی توان به وات بر مترمربع } \left(\frac{W}{m^2}\right) \text{ و}$$

$\eta =$  امپدانس مشخصه محیط است .  $\eta$  برای فضای آزاد مساوی ۳۷۷ اهم است .

در ناحیه میدان نزدیک ، چگالی توان ( $W$ ) روی محور باریکه اصلی با فرمول زیر محاسبه می شود :

$$W = \frac{P_T G}{(4\pi r^2)} \quad (28)$$

که در آن :

$$r = \text{فاصله از آنتن به متر} ;$$

$$P_T = \text{توان ارسال شده روی آنتن به وات و}$$

$$G = \text{بهره ی آنتن است .}$$

از فرمول ۲۸ می توان برای تخمین چگالی توان در فاصله های بیشتر از  $R_F$  (فرمول ۲۳ یا ۲۴) استفاده کرد . برای فواصل تقریباً مساوی  $R_F$  در میدان دور ، مقدار به دست آمده برای چگالی توان کمی بیشتر از مقدار واقعی چگالی توان است . البته تفاوت آن با مقدار واقعی از ۰/۸ دسی بل یا ۲۰٪ مقدار واقعی بیشتر نیست .

بهره آنتن با معادله زیر به ابعاد آنتن مرتبط می شود :

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} \quad (29)$$

که در آن :

$$A_e = \text{سطح موثر آنتن} ; \quad \varepsilon A = A_e$$

۲۴	صفحه :	شماره شناسه : INRARP6CP07	قواعد کار با پرتو در مراکز کار یا پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۴۸	کل صفحات :		

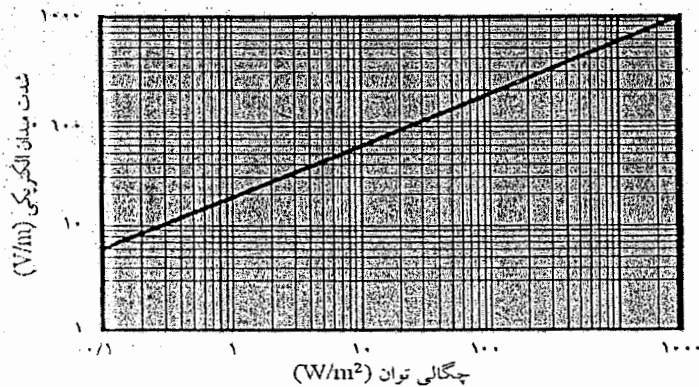
A = مساحت دهانه فیزیکی آنتن به متر مربع ؛

$\epsilon$  = بازده آنتن (معمولاً  $0.15 < \epsilon < 0.75$ ) [antenna efficiency] و

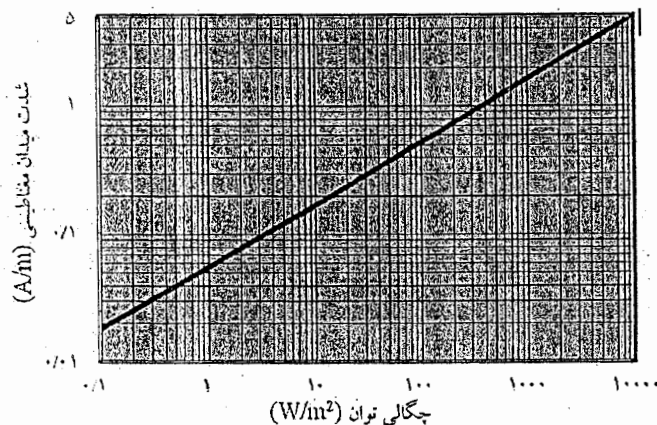
$\lambda$  = طول موج به متر است .

برای تعیین شدت میدان الکتریکی و شدت میدان مغناطیسی و چگالی توان در میدان دور می توان از فرمول های (۲۷ و ۲۸) استفاده کرد .

منحنی های شکل (۴) شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی را در خلاء یا تقریباً هوا برحسب چگالی توان نشان داده است .



شکل ۴- منحنی های شدت میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی بر حسب چگالی توان



معادلات (۲۶ الی ۲۸) برای تخمین چگالی توان و شدت میدان در ناحیه میدان دور در بدترین شرایط در جایی که بیشترین بهره توان اعمال شده است ، به کار می رود . اغلب امکان پیش بینی ماکزیمم شدت میدان درون و اطراف سایت ممکن نیست . زیرا میدان های رادیویی و مایکروویو می توانند جذب ، منعکس یا پراشیده شوند ، لذا تنها راه تعیین مقدار واقعی آنها ، اندازه گیری است .

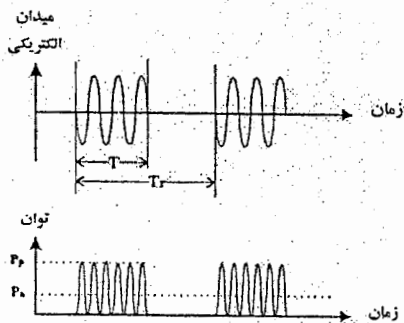
۳۵	صفحه :	INRARP6CP07	شماره شناسه :	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با
۴۸	کل صفحات :			پرتوهای رادیویی و مایکروویو

## ۲-الف-۳ - منابع مولد میدان های نشتی

در مورد پرتوهای نشتی اطراف دستگاه های رادیویی ، هیچ روشی برای تخمین شدت میدان و یا نوع میدان نزدیک وجود ندارد .

## ۲-ب- مدولاسیون پالسی

یک موج با مدولاسیون پالسی در شکل (۵) ، نشان داده شده است .



شکل ۵- موج با مدولاسیون پالسی

اغلب امواج تابشی رادار ها مانند شکل ۵ است .

ضریب اشغال (duty factor) به صورت زیر قابل محاسبه است :

$$F = \frac{T}{T_r} = T \cdot f_p \quad (30)$$

که در آن :

$F_p$  = فرکانس تکرار پالس؛

$T$  = عرض پالس به ثانیه و

$T_r$  = دوره یا پریود پالس ها به ثانیه است .

فرکانس تکرار پالس برابر است با :

$$f_p = \frac{1}{T_r} \quad (31)$$

توان متوسط ،  $P_a$  ، برای یک موج پالسی با فرمول زیر محاسبه می شود :

$$P_a = P_p F \quad (32)$$

که در آن :

$P_p$  = ماکزیمم توان به وات و

$F$  = ضریب اشغال است .

۳۶	صفحه :	شماره شناسه : INRARP6CP07	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۴۸	کل صفحات :		

همچنین چگالی توان متوسط ،  $W_a$  ، از فرمول زیر به دست می آید :

$$W_a = W_p F \quad (33)$$

که در آن :

$W_p$  = ماکزیمم چگالی توان به وات بر متر مربع و  
 $F$  = فاکتور اشغال است .

۲- ج - آنتن های جاروب کننده (گردان)

برای تخمین چگالی توان موثر یک آنتن گردان از یک نقطه ثابت ، چگالی توان موثر آنتن از همان نقطه در شرایطی که آنتن ثابت است اندازه گیری می شود و سپس از فرمول ۳۴ استفاده می شود .

$$W_m = KW_s \quad (34)$$

که در آن :

$W_m$  = چگالی توان موثر برای آنتن متحرک بر حسب وات بر مترمربع ؛

$K$  = ضریب کاهش مربوط به گردش آنتن و

$W_s$  = چگالی توان اندازه گیری شده روی محور بیم برای آنتن ثابت در فاصله مورد نظر بر حسب وات بر مترمربع است .  
 ضریب  $K$  در ناحیه میدان نزدیک از فرمول زیر به دست می آید .

$$K = \frac{a}{R_\Phi} \quad (35)$$

و

$$R_\Phi = r\Phi \quad (36)$$

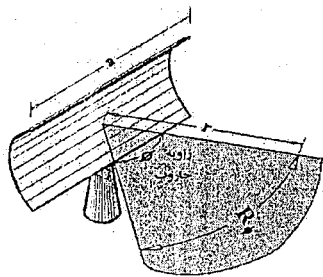
که در آن ها :

$a$  = بعدی از آنتن که در صفحه جاروب قرار دارد به متر ؛

$r$  = فاصله از آنتن ؛

$R_\Phi$  = محیط قطاع جاروب شده توسط آنتن در فاصله مشخص ( $r$ ) بر حسب متر و

$\Phi$  = زاویه جاروب به رادیان است ( شکل ۶) .



شکل ۶- آنتن گردان

شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۳۷
قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات : ۴۸

ضریب K در ناحیه میدان دور از فرمول زیر به دست می‌آید :

(۳۷)

$$K = \frac{\text{پهنای باریکه } 3\text{dB}}{\text{زاویه ی چاروب}}$$

۲-د- چند مثال از تخمین مقادیر شدت میدان

مثال ۱: محاسبه کمترین فاصله ای که پرتوگیری ها کمتر از حد است .

یک آنتن سهمی گون با قطر ۰/۵ متر ، فرکانس ۱۲۰۰ مگاهرتز با  $P_T \cdot G = 50 \cdot W$  در ناحیه ای که مردم در آن تردد می کنند ، نصب می شود . کمترین فاصله از آنتن برای اینکه پرتوگیری کمتر از حدود پرتوگیری مردم باشد چقدر است ؟ حد چگالی توان برای مردم از جدول ۳ به دست می‌آید.

$$W_{\text{limit}} = \frac{f}{200} = \frac{1200}{200} = 6 \frac{W}{m^2}$$

با استفاده از فرمول ۲۸ و قرار دادن  $W_{\text{limit}}$  به جای W، کمترین فاصله از آنتن برای این که پرتوگیری کمتر از حدود پرتوگیری مردم باشد به دست می‌آید.

$$r_{\text{min}} = \left[ \frac{P_T \cdot G}{(4\pi W_{\text{limit}})} \right]^{0.5} = \left[ \frac{50}{4 \cdot 3.14 \cdot 6} \right]^{0.5} = 0.814m$$

برای اطمینان از اینکه فاصله فوق در ناحیه میدان دور است به صورت زیر عمل می شود :

ابتدا طول موج تعیین می شود .

$$\lambda = \frac{300}{f} = \frac{300}{1200} = 0.25m$$

از آنجایی که بعد آنتن از طول موج بیشتر است ، آنتن بزرگ محسوب می شود ، بنابراین شروع ناحیه میدان دور با استفاده از معادله ۲۴ به صورت زیر به دست می‌آید :

$$R_f = \frac{0.5D^2}{\lambda} = \frac{0.5(0.5)^2}{0.25} = 0.5m$$

۰/۸۱۴ متر از ۰/۵ متر بیشتر است لذا  $r_{\text{min}}$  در ناحیه میدان دور آنتن قرار می گیرد ، بنابراین محاسبات معتبر است . لذا مردم نباید در فاصله کمتر از ۰/۸۱۴ متر از این آنتن قرار گیرند .

مثال ۲ : حداکثر چگالی توان در مقابل آنتن یک رادار در ناحیه میدان نزدیک با مشخصات زیر تقریباً چقدر است ؟

۳۸	صفحه :	INRARP6CP07	شماره شناسه :	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۴۸	کل صفحات :			

فرکانس رادار  $f = 10 \text{ GHz}$   
 حداکثر توان فرستنده  $P_p = 1 \text{ MW}$   
 عرض پالس  $T = 3 \mu\text{s}$   
 فرکانس تکرار پالس  $f_p = 40 \text{ Hz}$   
 قطر آنتن  $D = 5 \text{ m}$

مراحل محاسبه ی حداکثر چگالی توان به شرح زیر است :

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{f} = 0.03 \text{ m}$$

با استفاده از معادله ی ۲۴:

$$R_f = \frac{0.5 D^2}{\lambda} = 417 \text{ m}$$

فاصله شروع میدان، دور

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 19.63 \text{ m}^2$$

مساحت فیزیکی دهانه آنتن

با استفاده از معادله ی ۳۰:

$$F = T f_p = 1/2 \times 10^{-3}$$

ضریب اشغال

با استفاده از معادله ی ۳۲:

$$P_a = P_p F = 1/2 \text{ KW}$$

میانگین توان منتقل شده به آنتن

۱/۲ کیلووات همان توان ارسالی روی آنتن یا  $P_T$  است.

با استفاده از معادله ی ۲۵:

$$W_m = \frac{4 P_T}{A} = 244/5 \frac{W}{m^2}$$

حداکثر چگالی توان در میدان نزدیک آنتن

باید از پرتوگیری افراد در میدان نزدیک این آنتن ممانعت شود یا زمان قرار گرفتن شخص در این میدان محدود شود، زیرا

چگالی توان به دست آمده از حد پرتوگیری مردم در این فرکانس یعنی  $10 \frac{W}{m^2}$  و نیز حد پرتوگیری شغلی یعنی  $50 \frac{W}{m^2}$

بیشتر است.

مثال ۳: چگالی توان موثر را در فاصله ۱۰ و ۳۰ متری از یک آنتن گردان با مشخصات زیر به دست آورید :

$$= 100 \frac{W}{m^2}$$

چگالی توان در فاصله ۱۰ متری آنتن در حالی که آنتن ثابت است.

$$= 20 \frac{W}{m^2}$$

چگالی توان در ۳۰ متری آنتن، در حالی که آنتن ثابت است.

$$20 \text{ m}$$

فاصله شروع میدان دور

$$\Phi = 2\pi = 360^\circ$$

رادیان زاویه گردش آنتن

ارتفاع ۱۰/۱۶ سانتی متر و پهنای ۲ متر: (a و b) ابعاد دهانه آنتن

۳۹	صفحه :	INRARP6CP07	شماره شناسه :	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو
۴۸	کل صفحات :			

$1/23^\circ$  افقی و  $25^\circ$  عمودی : پهنای بیم

محاسبات :

۱- فاصله ۱۰ متری در ناحیه میدان نزدیک است ، در این مکان :

با استفاده از معادله ی ۳۶ :

$$R_{\Phi} = 2\pi \times 10m$$

محیط قطاع جاروب شده

با استفاده از معادله ی ۳۵ :

$$K = \frac{a}{R_{\Phi}} = \frac{2}{2\pi \times 10} = \frac{1}{10\pi}$$

ضریب کاهش مربوط به گردش آنتن

با استفاده از معادله ی ۳۴ :

$$W_m = KW_s = \frac{1}{10\pi} \times 100 = 3/2 \frac{W}{m^2}$$

چگالی موثر توان وقتی که آنتن می چرخد

۲- فاصله ۳۰ متری در ناحیه میدان دور است :

با استفاده از معادله ی ۳۷ :

$$K = \frac{2db \text{ پهنای بیم}}{\text{زاویه ی جاروب}} = \frac{1/23^\circ}{360^\circ}$$

با استفاده از معادله ی ۳۴ :

$$W_m = KW_s = \left(\frac{1/23}{360}\right)(20) = 0/07 \frac{W}{m^2}$$

چگالی موثر پرتو وقتی که آنتن می چرخد

شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۴۰
قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات : ۴۸

### پیوست ۳ - اندازه گیری پرتوهای رادیویی و مایکروویو و ارزیابی نتایج اندازه گیری

در اندازه گیری پرتوهای مایکروویو و رادیویی، بسته به شرایط میدان مورد اندازه گیری باید دستگاه اندازه گیری مناسب و صحیح انتخاب شود. همچنین هنگام اندازه گیری باید نکات ویژه ای رعایت شود. پس از اندازه گیری ارزیابی مقادیر صورت می گیرد و نتیجه گیری انجام می شود.

#### ۳- الف- اندازه گیری شدت میدان الکتریکی یا شدت میدان مغناطیسی یا چگالی توان

##### ۳- الف- ۱- ویژگی های اصلی دستگاه اندازه گیری

- محیط اطراف یک دستگاه رادیویی به دو ناحیه میدان نزدیک و میدان دور تقسیم می شود. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه به پیوست ۲ مراجعه شود. در بسیاری از بازرسی ها، شدت پرتو در ناحیه میدان نزدیک اندازه گیری می شود. در اندازه گیری میدان نزدیک یک آنتن یا در فواصل نزدیک نسبت به دستگاه رادیویی باید هر دو میدان الکتریکی و مغناطیسی را اندازه گیری کرد. چنانچه برای اندازه گیری میدان مغناطیسی در فرکانس های خاصی، دستگاه اندازه گیری موجود نباشد الزاماً باید به اندازه گیری شدت میدان الکتریکی اکتفا نمود. در میدان دور اندازه گیری یک کمیت از سه کمیت شدت میدان الکتریکی، شدت میدان مغناطیسی و یا چگالی توان کافی است.

- بسیاری از دستگاه های اندازه گیری برحسب چگالی توان مدرج شده اند اما در واقع یکی از کمیت های شدت میدان الکتریکی یا شدت میدان مغناطیسی را اندازه گیری می کنند. در میدان نزدیک چگالی توان برای ارزیابی میزان پرتوگیری قابل استفاده نیست بلکه در این شرایط باید با مراجعه به راهنمای دستگاه مورد استفاده، مقدار شدت میدان الکتریکی یا شدت میدان مغناطیسی تعیین شود.

- چنانچه محدوده ی فرکانسی دستگاه اندازه گیری، از پهنای فرکانسی میدان رادیویی مورد اندازه گیری کوچکتر باشد برای اندازه گیری میدان باید از چند دستگاه اندازه گیری استفاده شود به نحوی که اندازه گیری در تمام محدوده ی فرکانسی میدان انجام شود.

- گاهی پرتوهای تابش شده از چند دستگاه رادیویی همزمان در یک محیط وجود دارد و در این شرایط تعیین شدت میدان و چگالی توان در ارتباط با هر منبع کار دشواری است. لذا باید از دستگاه (یا دستگاه های) اندازه گیری استفاده شود که کل محدوده فرکانسی را پوشش دهد.

- اغلب، جهت بردارهای میدان های الکترومغناطیسی در میدان های رادیویی مورد بررسی مشخص نیست لذا باید از دستگاه اندازه گیری با آشکارساز سه جهته استفاده شود. چنانچه آشکارساز دستگاه اندازه گیری یک جهته باشد باید اندازه

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۴۱
		کل صفحات : ۴۸

گیری در سه جهت دو به دو عمود بر هم انجام شود و سپس با استفاده از محاسبات زیر شدت میدان یا چگالی توان در یک نقطه محاسبه گردد.

$$E = [E_1^2 + E_2^2 + E_3^2]^{\frac{1}{2}} \quad (38)$$

یا

$$H = [H_1^2 + H_2^2 + H_3^2]^{\frac{1}{2}} \quad (39)$$

یا

$$W = W_1 + W_r + W_f \quad (40)$$

که در آنها :

$E, H, W$  = شدت میدان الکتریکی کل ، شدت میدان مغناطیسی کل و چگالی توان کل و .

$E_i, H_i, W_i$  = مقدار شدت میدان الکتریکی یا شدت میدان مغناطیسی یا چگالی توان در هر جهت است .

- در اندازه گیری میدان های پالسی یا با مدولاسیون فرکانس یا دامنه ، باید دقت شود که دستگاه اندازه گیری انتخاب شده توانایی اندازه گیری چنین میدان هایی را داشته باشد .

- هر دستگاه اندازه گیری باید حداقل هر سال یکبار کالیبره شود (پیوست ۷) و صحت عملکرد آن نیز مرتب کنترل شود.

- به دلیل محدودیت های دستگاه های اندازه گیری ، اندازه گیری پرتوهای اطراف دستگاه های رادیویی با آنتن گردان باید در حالتی انجام شود که آنتن آنها ثابت شده است و آنگاه با استفاده از روش مطرح شده در پیوست ۲ شدت میدان در شرایطی که آنتن می چرخد محاسبه شود .

- برای اندازه گیری میدان نزدیک باید از دستگاه اندازه گیری مناسب برای این امر استفاده شود و ضمناً بسیار دقت شود که اشیاء و اشخاص حاضر در محیط سبب تخریب میدان موجود نشوند . مثلاً قرانت گر دستگاه اندازه گیری یا کسانی که در اندازه گیری حضور دارند می توانند سبب تخریب میدان و تغییر مقدار واقعی آن شوند .

### ۳- الف - ۲ - میانگین گیری فضایی

در بازرسی از میدان های رادیویی ، در مکان های تردد مردم ، بیشترین شدت میدان باید مشخص شود . حتی در میدان دور آنتن ها، شدت میدان در سطحی به اندازه ی سطح مقطع بدن انسان می تواند یکنواخت نباشد و در نقاط مختلف تفاوت هایی مشاهده شود زیرا انعکاسات از سطوح و زمین می تواند روی مقدار میدان تاثیر بگذارد ؛ لذا میانگین گیری فضایی در اغلب موارد باید انجام شود.

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و میکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۴۲
		کل صفحات : ۴۸

اغلب پرتوگیری افراد هنگام کار در میدان های رادیویی ، در میدان نزدیک و در جایی که میدان یکنواخت نیست روی می دهد . روش اندازه گیری و به دست آوردن میانگین فضایی شدت میدان در چنین شرایطی به شرح زیر است :

الف - در ناحیه استقرار هر فرد جایی که میدان در آنجا بیشینه است مشخص شود .

ب - مستطیلی با عرض ۰/۳۵ متر و ارتفاع ۱/۲۵ متر تقریباً در فاصله ی یک متر از سطح زمین در نظر گرفته شود به نحوی که نقطه ی به دست آمده در قسمت (الف) روی آن مستطیل قرار گیرد . در این مستطیل به جز نقطه ی فوق چند نقطه ی دیگر به صورت ماتریسی و تقریباً با فواصل یکسان از هم در نظر گرفته شود ( شکل ۲).

ج - شدت میدان در تمام نقاط در نظر گرفته شده در قسمت (ب) اندازه گیری شود .

د - میانگین فضایی شدت میدان ، با استفاده از اعداد به دست آمده در قسمت (ب) ، با فرمول زیر محاسبه شود .

$$F = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (40)$$

که در آن :

F = میانگین فضایی شدت میدان مورد اندازه گیری (E یا H) ؛

F<sub>i</sub> = شدت میدان در نقطه i ام (شکل ۲) و

n = تعداد نقاط اندازه گیری است .

### ۳-ب- اندازه گیری جریان های تماسی و القایی

در میدان نزدیک بهتر است علاوه بر اندازه گیری شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی، جریان های تماسی و القایی نیز اندازه گیری شود.

### ۳-ب-۱- اندازه گیری جریان تماسی

میدان های رادیویی می توانند در اجسام فلزی غیر متصل به زمین یا اجسام فلزی که اتصال ضعیفی به زمین دارند مانند ماشین ها ، واگن ها ، اتوبوس ها یا توری های فلزی ، پتانسیل الکتریکی متناوب ایجاد کند . در اثر تماس با این وسایل جریان الکتریکی با فرکانس رادیویی بین بدن شخص و زمین برقرار می شود . شدت جریان به شکل و اندازه شیء و فرکانس و شدت میدان و همینطور امپدانس بدن شخص بستگی دارد . امپدانس بدن شخص نیز به قد و وزن و ساختار بافت بدن او و نوع تماس او با شیء ( سطح تماس ، محل تماس ، خشک یا مرطوب بودن پوست) و نیز نوع کفشی که پوشیده است بستگی دارد . امپدانس بدن در فرکانس های مختلف میدان های رادیویی متفاوت است .

شماره شناسه : INRRARP6CP07	صفحه : ۴۳
قواعد کار با برتو در مراکز کار با برتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات : ۴۸

چنانچه جریان تماسی گذرنده از بدن شخص از حد معینی بیشتر باشد ، شخص این جریان را حس می کند و شدت جریان بیشتر می تواند دردناک باشد و سبب آسیب دیدن شخص (مثل سوختگی های موضعی ، اشکال در سیستم تنفس ، مشکلات قلبی) شود . در فرکانس های کمتر از ۱۰۰ کیلوهرتز حس کردن جریان به صورت حس سوزش و خارش در نوک انگشتان یا دست یا قسمتی است که با شیء تماس دارد . در فرکانس های بیشتر احساس گرما نیز روی می دهد . شدت آستانه جریان برای احساس درد در شرایط مختلف اندازه گیری شده است.

عبور جریان های تماسی کمتر از حدود مشخص شده در بند ۴-۱-۴ از بدن پرتوکاران میدان های رادیویی و مایکروویو ، ممکن است احساس شود ولی دردناک نیست . زنان به دلیل حساسیت بیشتر شدت جریان های کمتری را می توانند احساس کنند . معمولاً شدت جریان های کمتر از حدود مشخص شده در بند ۴-۱-۴ احساس نمی شود . برای تعیین حد شدت جریان برای کودکان از برون یابی نتایج بزرگسالان استفاده شده است .

برای ارزیابی جریان تماسی و مطابقت آن با حدود مشخص شده در بندهای ۴-۱-۴ و ۴-۲-۴ باید از دستگاه های مخصوص اندازه گیری این جریان ها که انواع تجاری آن موجود است ، استفاده شود .

برای تعیین شدت جریان تماسی ، مدارهای الکترونیکی خاصی که امیدانس آنها مساوی امیدانس بدن انسان است ، با اشیاء رسانایی که در میدان رادیویی دارای انرژی پتانسیل شده اند و به زمین وصل نیستند ، تماس داده می شوند .

### ۳- ب - ۲ - اندازه گیری جریان القایی

در میدان رادیویی حتی در صورت عدم تماس شخص با اشیاء فلزی ، جریان القایی می تواند در بدن شخص ایجاد شود . جریان القایی در دو پا از دو طریق قابل اندازه گیری است . در یک روش با استفاده از یک کویل مخصوص جریان القایی در بدن اندازه گیری می شود . در روش دیگر از دو صفحه رسانای موازی که سطح آنها عایق بندی شده است و یکی از آنها روی دیگری قرار دارد استفاده می شود . دو صفحه روی سطح مسطحی قرار می گیرد و شخص یا آنتنی که معادل بدن شخص عمل می کند روی صفحه بالایی قرار می گیرد . مقاومتی با اندوکتانس کم بین دو صفحه ی موازی قرار دارد و جریان گذرنده از این مقاومت در اثر وجود اختلاف پتانسیل بین دو صفحه ی موازی ، مقدار جریان القایی را تعیین می کند . برای اندازه گیری جریان القایی و مطابقت با حدود آن باید از دستگاه های مخصوص اندازه گیری جریان القایی استفاده شود . شخص یا آنتنی که به جای او به کار می رود باید روی صفحه ی دستگاه اندازه گیری جریان القایی قرار گیرد و اندازه گیری انجام شود .

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۴۴
		کل صفحات : ۴۸

#### پیوست ۴- انواع علائم هشدار و خطر

در مراکز کار با پرتوهای مایکروویو و رادیویی بسته به میزان خطرناکی دستگاه یا موقعیت ، سه نوع علائم هشدار به کار می رود . اندازه علائم باید با شرایط استفاده آن متناسب باشد به گونه ای که به راحتی قابل رویت باشد . ویژگی های این سه نوع علامت هشدار به شرح زیر است .

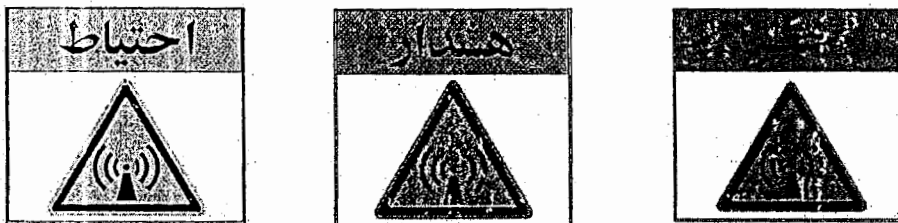
- علامت " احتیاط" به رنگ سیاه و روی زمینه زرد است .

این علامت معمولاً برای تعیین مرز نواحی به کار نمی رود ، اما روی دستگاه رادیویی نصب می شود . این علامت معمولاً جزو برچسب همه دستگاه های رادیویی است ، به عنوان مثال روی فرهای مایکروویو نصب می شود .

- علامت " هشدار" به رنگ سیاه و روی زمینه نارنجی است .

- علامت " خطر" به رنگ سیاه و روی زمینه قرمز است .

علامت های هشدار و خطر ریسک خطر بالاتر را نشان می دهند و برای مرزبندی نواحی به کار می روند .



شکل ۷ - علائم احتیاط، هشدار و خطر

قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۴۵ کل صفحات : ۴۸
---	---------------------------	----------------------------

### پیوست ۵- پرتو X

عموماً همه سیستم های با توان بالا که فرستنده یا تقویت کننده ی آنها با ولتاژ بالا (بیشتر از ۳۰ کیلو ولت) کار می کند قابلیت تولید اشعه X را دارند . نظر به اینکه دستگاه های رادیویی با توان بالا نیاز به تغذیه با ولتاژ بالا دارند ، چنانچه براساس اطلاعات ارایه شده توسط سازنده دستگاه و یا با هر روش دیگری مشخص شود که دستگاهی اشعه ایکس تولید می کند رعایت موارد زیر ضروری است :

- بازرسی لازم جهت حصول اطمینان از کارایی حفاظ ایکس دستگاه های رادیویی انجام شود ؛
- در شرایطی که حفاظ ایکس نصب شده است ، پرتوی ایکس اطراف دستگاه اندازه گیری شود و نتایج حاصل با حدود ذکر شده در استانداردهای مربوطه مقایسه شود . انجام این اندازه گیری و ارزیابی نتیجه باید توسط شخص صلاحیت داری که گواهینامه ی دوره ی مقدماتی حفاظت در برابر اشعه را دارد صورت گیرد؛
- دستگاه هایی که برای اندازه گیری پرتوهای یونساز در میدان های رادیویی به کار می رود نباید نسبت به پرتوهای الکترومغناطیسی در فرکانس های رادیویی و مایکروویو حساس باشد و این پرتوها نباید تاثیری برقرائت آنها داشته باشد و روش بازرسی در ارتباط با پرتوی ایکس و ثبت نتایج و ارزیابی آنها باید در مرکز نگهداری شود .

شماره شناسه: INRRARP6CP07	صفحه: ۴۶
قواعد کار با پرتو در مراکز کار با پرتوهای رادیویی و مایکروویو	کل صفحات: ۴۸

### پیوست ۶- مثال هایی از بررسی نتایج اندازه گیری شاغلین

مثال ۱: مقادیر متوسط شدت موثر میدان الکتریکی در فرکانس های مختلف برای یک پرتوکار میدان رادیویی، مطابق جدول زیر فرض می شود. حد شدت موثر میدان الکتریکی برای هر فرکانس نیز تعیین شده است و  $R_f$  (فرمول ۸) برای هر مورد در همان سطر جدول آمده است.

فرکانس به MHz	متوسط E اندازه گیری شده به $\frac{V}{m}$	حد در همان فرکانس به $\frac{V}{m}$	$R_f$
۲۰	۳۰	۶۱	۰/۲۴
۹۰	۴۰	۶۱	۰/۴۳
۱۵۰	۵۰	۶۱	۰/۶۷
۱۳۰۰	۶۰	$3\sqrt{f} = 10.8$	۰/۳۰۸

از آنجایی که  $\sum R_f = 1/64$  (فرمول ۷) از یک بیشتر است کار کردن شخص در میدان فوق با دریافت انواع فرکانس های ذکر شده مجاز نیست.

مثال ۲: شخصی که در میدان رادیویی کار می کند در معرض سه نوع میدان رادیویی با فرکانس های مختلف قرار می گیرد. نتایج اندازه گیری های انجام شده در فرکانس های مختلف و محاسبات مربوطه در جدول زیر آمده است.

فرکانس به MHz	نتیجه اندازه گیری مقادیر متوسط	حد در همان فرکانس	$R_f$ (فرمول های ۸ و ۹)
۲۷	$H = 0.11 \frac{A}{m}$	$0.116 \frac{A}{m}$	$\left(\frac{0.11}{0.116}\right)^2$
۹۱۵	$E = 35 \frac{V}{m}$	$90.17 \frac{V}{m}$	$\left(\frac{35}{90.17}\right)^2$
۱۰۰۰۰	$S = 20 \frac{W}{m^2}$	$50 \frac{W}{m^2}$	$\frac{20}{50} = 0.4$

نظر به اینکه  $\sum R_f = 0.1939$  (فرمول ۷) کمتر از یک است، کار کردن شخص در میدان فوق به مدت ۸ ساعت در روز بلا مانع است.

قواعد کار با پرتو در مراکز کار یا پرتوهای رادیویی و مایکروویو	شماره شناسه : INRARP6CP07	صفحه : ۴۷
		کل صفحات : ۴۸

#### پیوست ۷- روش‌های کالیبره کردن دستگاه‌های اندازه‌گیری پرتوهای مایکروویو و رادیویی

اغلب دستگاه‌های اندازه‌گیری پرتوهای رادیویی و مایکروویو باید حداقل یک بار در سال کالیبره شوند. البته در صورتی که دستگاه وارد میدان‌های بسیار قوی شود لازم است پس از اندازه‌گیری و قبل از انجام اندازه‌گیری بعدی توسط آن دستگاه، دستگاه کالیبره شود. به این منظور سه روش اصلی وجود دارد که بسته به دقت مورد نیاز و امکانات موجود می‌توان یکی از آنها را به کار برد.

#### ۷- الف- روش میدان در فضای آزاد

در این روش، میدان رادیویی و مایکروویو در محیطی بدون انعکاس ایجاد می‌شود. شرایط ایجاد میدان باید به گونه‌ای باشد که مقادیر شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی در ناحیه معینی از آن دقیقاً محاسبه شود. آنگاه پروب دستگاهی که باید کالیبره شود در آن ناحیه قرار می‌گیرد و از مقایسه قرائت دستگاه اندازه‌گیری با مقدار واقعی شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی، ضریب کالیبراسیون پروب به دست می‌آید. این روش در محدوده فرکانسی ۵۰۰ مگاهرتز الی ۴۰ گیگاهرتز قابل استفاده است و معمولاً از دقت خوبی برخوردار است. لیکن تجهیزات لازم برای ایجاد فضای بدون انعکاس اغلب بسیار پرهزینه می‌باشد.

#### ۷- ب- روش کالیبره کردن با موجبر

در این روش با استفاده از تجهیزات موجبری و یک مولد موج رادیویی و مایکروویو، میدان الکتریکی و مغناطیسی مشخص داخل موجبر ایجاد می‌شود و پروب دستگاه مورد نظر از طریق حفره‌ای داخل موجبر قرار می‌گیرد. از مقایسه قرائت دستگاه با مقدار شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی محاسبه شده در موجبر، ضریب کالیبراسیون به دست می‌آید. این روش برای فرکانس‌های کمتر از ۲/۶ گیگاهرتز قابل استفاده است و معمولاً خطای آن بیشتر از روش میدان در فضای آزاد است ولی هزینه کمتری دارد.

#### ۷- ج- روش پروب استاندارد

در محلی که میدان دور وجود دارد، به کمک یک پروب استاندارد و کالیبره شده، شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی اندازه‌گیری می‌شود. آنگاه پروب دستگاهی که قرار است کالیبره شود، به جای پروب قبلی قرار می‌گیرد و از مقایسه قرائت دستگاه‌ها، ضریب کالیبراسیون دستگاه مورد نظر تعیین می‌شود. این روش در همه فرکانس‌ها قابل استفاده است. روشی بسیار ساده و کم هزینه است. البته بسته به شرایط کار ممکن است خطای کالیبراسیون خیلی کم نباشد اما اغلب می‌توان به گونه‌ای عمل کرد که خطا در محدوده قابل قبول باشد.

۴۸	صفحه :	INRARP6CP07	شماره شناسه :	قواعد کار با پرتو در مراکز کار با
۴۸	کل صفحات :			پرتوهای رادیویی و مایکروویو

#### پیوست ۸- مراجع مورد استفاده

- ۱- قانون حفاظت در برابر اشعه ایران- مصوب ۱۳۶۸ شمسی
- ۲- آیین نامه قانون حفاظت در برابر اشعه- مصوب ۱۳۶۹ شمسی
- ۳- استاندارد ملی ایران " پرتوهای غیریونساز- حدود پرتوگیری " مصوب ۱۳۸۵ شمسی

4- Limits of Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields in the Frequency Range from 3 kHz to 300 GHz- Safety code 6, Canada, 1999