

بهبود روش های اعمال حفاظت الکترومغناطیسی در مرکز کنترل نیروگاه های برق

محسن قنبری، محمد جزینی، مهدی جزینی، مسعود سرپاک

شرکت برق منطقه ای تهران

smartgridblackbox@gmail.com

چکیده

شبکه های نوین صنعت برق به عنوان شبکه های یکپارچه برق و مخابرات طراحی و توسعه می یابند. هدف از نگارش این مقاله، تبیین اصول و راهبردهای نوین حفاظت الکترومغناطیس مراکز کنترل نیروگاه می باشد. نظر به اهمیت استراتژیک مراکز کنترل نیروگاه و نیز متمرکز بودن کلیه سرویس های آن ها بر روی سیستم های رایانه ای و نرم افزاری، هرگونه اختلال در عملکرد آنها می تواند صدمات جبران ناپذیری به شبکه های قدرت وارد نموده که با توجه به حساسیت بسیار بالای برخی از تجهیزات مخابراتی می بایست توجهی خاص در تمامی ابعاد به آنها شود. از آنجا که شبکه برق ایران بسیار گسترده بوده در صورت بروز تهدید، امکان هدف قرار دادن مراکز کنترل نیروگاهی بواسطه بد افزار ها و کلیه مختل کننده ها، جهت اختلال در کنترل شبکه نیروگاهی خواهد بود، لذا در این مقاله سعی شده تا نقش و جایگاه حفاظت الکترومغناطیس تبیین گردیده و اهداف مطلوب در راستای نیل به این چشم انداز در این حوزه ارائه گردد.

کلید واژه - DCS PMU، پدافند غیرعامل، حفاظت الکترومغناطیس، مرکز کنترل نیروگاه

۱- مقدمه

صنعت برق به سمت تعدد منابع تولید (آبی، گازی، هسته ای، خورشیدی، بادی و...)، تعدد تولید کنندگان، ایجاد مکانیزم های رقابتی در تولید و توزیع و امکان انتخاب مشترکین برای دریافت سرویس های مورد نیاز بر اساس مکانیزم های عرضه و تقاضا پیش می رود. زیرساخت های ایجاد شده برای انتقال برق در سطوح ملی و منطقه ای، امکان ارائه سرویس ها و خدمات نوین ارتباطی را فراهم می آورند که می تواند علاوه بر صنعت برق برای دیگر نهادهای جامعه امکانات ارتباطی مناسبی را فراهم می آورد. مفاهیم و اصول این ساختارها توسط نهادهای معتبر پژوهشی صنعت برق مانند مرکز تحقیقات صنعت برق^۱ مدون گردیده و بنیان های شبکه هوشمند نسل جدید صنعت برق را تشکیل می دهند. از اینرو اهتمام به تعیین نیازمندی های مخابراتی صنعت برق اعم از نیازمندی هایی که برای تداوم رشد این صنعت لازم بوده و

نیازمندی هایی که پتانسیل جدیدی را برای این صنعت فراهم می آورند، امری لازم و حیاتی خواهد بود.

۲- نقش و جایگاه مخابرات در صنعت برق:

صنعت برق از سه عنصر تولید، انتقال و توزیع تشکیل شده و هر کدام وظایف بسیار مهم و حساسی را بر عهده دارند. ساختار صنعت برق و الزامات طبیعی آن، گستره جغرافیایی وسیعی را در بر می گیرد. مدیریت و کنترل مناسب این صنعت و عوامل کلیدی آن مستلزم تعامل مستمر مولفه های مدیریتی و اجرایی این سیستم است. از همین رو مخابرات به عنوان یک الزام و نیاز مستمر صنعت برق نقشی کلیدی در ایجاد، رشد و توسعه آن دارد. از کاربردهای مهم مخابرات در صنعت برق می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- ارتباطات لازم برای مدیریت و راهبری شبکه برق (تولید، انتقال و توزیع)
- ارتباطات مورد نیاز برنامه ریزی و حفاظت
- ارتباطات مورد نیاز بازار برق
- ارتباطات درون سازمانی صنعت برق

¹ Electric Power Research Institute

- تأمین نیاز ارتباطی جهت سیستم های اطلاعاتی مورد نیاز بازار برق، خرید و فروش برق به صورت متمرکز و غیرمتمرکز محلی و دیگر شاخه های صنعت برق (کلیه واحدهای ستادی و عملیاتی)

- تأمین زیرساخت ارتباطی مناسب جهت پاسخگویی به نیازهای فناوری اطلاعات صنعت برق از قبیل شبکه های داخلی صنعت، پورتال های اطلاعاتی داخلی و خارجی صنعت، سیستم های اتوماسیون اداری و تبادل اطلاعات اداری

- برقراری ارتباطات چندرسانه ای (دیتا، صوت و تصویر) مورد نیاز بین واحدهای صنعت برق با توجه به روند رشد فناوری

- تعامل مناسب و ارائه سرویس های ارتباطی به سایر متقاضیان خارج از صنعت برق با رعایت اولویت، صرفه و صلاح صنعت برق و اخذ مجوزهای لازم.

اهم مأموریت های مخابرات صنعت برق جهت دستیابی به اهداف مطلوب عبارتند از:

- طراحی، پیاده سازی، بهره برداری و توسعه شبکه مخابرات اختصاصی صنعت برق بر اساس استانداردهای جدید و با استفاده از فناوری های مورد استفاده در سطح جهانی.

- طراحی، پیاده سازی، بهره برداری و توسعه بستر مخابرات نوری در شبکه های کشوری و منطقه ای به عنوان شبکه زیرساخت مخابراتی صنعت برق

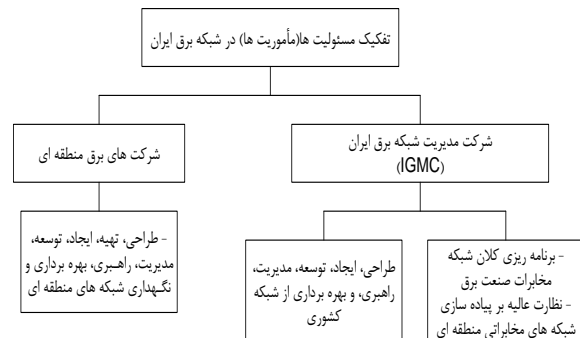
- مدیریت، راهبری و هماهنگی برای استفاده از سایر سیستم های مخابراتی (از جمله فیبر نوری، رادیویی، PLC (PowerLine Carrier)، ماهواره و...) بر اساس بررسی های فنی و اقتصادی در بقیه سطوح عملیاتی

- ایجاد ساختار سازمانی مناسب جهت اجرای موثر اهداف فوق، به منظور عهده دار شدن امور مرتبط با بخش مخابرات و ارتباطات صنعت برق (سیاست گذاری، برنامه ریزی، نظارت و ابلاغ طرح های جامع و طرح های

- تبادل اطلاعات میان مصرف کنندگان برق و مدیریت شبکه

- تعامل با دیگر شبکه های مخابراتی و شبکه مخابراتی صنعت برق به عنوان یک ساختار حیاتی و در هم تنیده با شبکه برق زیرساخت و بستری مطمئن، دارای کیفیت سرویس مناسب و آمادگی بالا، توسعه پذیر، پویا و امن به منظور تأمین کلیه نیازهای ارتباطی صنعت برق اعم از مدیریت، پایش و راهبری شبکه، تأمین ارتباطات لازم برای حفاظت شبکه، تأمین نیازهای ارتباطی جهت سیستم های اطلاعاتی مورد نیاز بازار برق، تعامل و سرویس دهی به مشتریان برون سازمانی و تعاملات درون سازمانی را فراهم می نماید.

شبکه مخابرات صنعت برق در دو لایه اصلی کشوری و منطقه ای طراحی گردیده است. مسئولیت اجرایی طرح و توسعه بستر مخابراتی به تفکیک در شکل (۱) آمده است.



شکل (۱)

جهت طرح، اجرا و توسعه شبکه های مخابراتی صنعت برق، دستیابی به اهداف زیر ناگزیر است:

- تأمین نیازهای ارتباطی جهت پایش و راهبری شبکه برق کشور (نظارت و کنترل سیستم قدرت)

- ارتقاء کیفیت سرویس دهی شبکه مخابراتی با در نظر گرفتن مصالح فنی، اقتصادی، مدیریتی جهت کاهش هزینه های بهره برداری از شبکه تولید، انتقال و توزیع برق

- تأمین زیرساخت ارتباطی جهت حفاظت الکتریکی پست ها، خطوط انتقال و سایر اجزاء شبکه قدرت

اطلاعات^۱ تحولی اساسی در جمع آوری اطلاعات و نظارت و اجرای فرمان از راه دور از طریق امکانات رایانه ای فراهم گردید. این تجهیزات شامل آیتم های زیر می باشد:

- Scada
- DCS
- PMU

شبکه برق کشور از بخش های مختلف تشکیل شده است از این رو به دلیل خصوصیات متفاوت، هر یک از شبکه های مذکور توسط گروه های مخابراتی نظارت و بهره برداری می شوند. سیستم کنترل نیروگاه برق کشور دارای ساختاری متناسب و منطبق بر نیازهای هر گروه از گروه های نظارت و بهره برداری شبکه فوق الذکر می باشد، از اینرو مراکز کنترل نیروگاه برق گسترده شده در سراسر کشور از نوع سلسله مراتبی و به ترتیب زیر می باشد:

- کنترل نیروگاه ملی (SSC: System Control Center)
- کنترل نیروگاه منطقه ای (AOC: Area Operating Center)
- کنترل نیروگاه محلی (فوق توزیع) (RDC: Regional Dispatching Center)
- کنترل نیروگاه توزیع^۲ (DCC: Distribution Control Center)

۴- پدافند غیرعامل:

پدافند غیرعامل (Defence Passive) به مجموعه اقداماتی اطلاق می گردد که مستلزم بکارگیری جنگ افزار و تسلیحات نبوده و با اجرای آن می توان از وارد شدن خسارات مالی به تجهیزات و تأسیسات حیاتی، حساس و مهم نظامی و غیرنظامی و تلفات انسانی جلوگیری نمود و شامل کلیه اقدامات به منظور حفظ امنیت، ایمنی و پایداری تجهیزات و شبکه ها می باشد. با پیشرفت های علمی بشر، فتح فضا و ابزارهای هوشمند، جنگ ها شکلی تازه به خود گرفتند به طوری که از ویژگی های جنگ های عصر فراصنعتی (۲۰۲۵-۲۰۱۲ میلادی) می توان به موارد ذیل اشاره نمود [۱]:

- تأکید بر اصل حملات دقیق

توسعه، نظارت بر نحوه تخصیص اعتبارات پروژه های مخابراتی، راهبری و نظارت بر بهره برداری و نگهداری شبکه کشوری

- تدوین، توسعه و گسترش فرایندها، راهبردها، سیستم ها، ابزارها و نرم افزارهای لازم جهت تأمین و ارتقای امنیت ارتباطات در شبکه مخابراتی صنعت برق

- مدیریت، راهبری و سرمایه گذاری در جهت رشد و ارتقای مجموعه های همکار برون سازمانی برای مشاوره، طراحی، تأمین سیستم ها، پیاده سازی طرح ها، نظارت بر فعالیت ها، بهره برداری، نگهداری و ارتقای شبکه مخابراتی برای رشد مجموعه های هم افزا و افزایش توانمندی ها در حوزه مخابرات صنعت برق

- بهره برداری مناسب و هدایت شده از امکانات دیگر شبکه مخابراتی برای ایجاد یا بهبود سرویس های ارتباطی مورد نظر در صنعت برق

۳- مراکز کنترل نیروگاه:

با توجه به گسترده شدن مصرف برق و یکپارچگی و پیوسته شدن شبکه های انتقال و توزیع برق، ضروری است که شبکه برق سراسری دائماً از طریق مراکز مدیریت شود به نحوی که هم حوادث و اتفاقات تحت کنترل و نظارت باشد و هم مدیریت انرژی برق انجام گردد، که این کار توسط مراکز کنترل نیروگاه () انجام می پذیرد.

هدف از این مدیریت اساساً به نوعی مدیریت اطلاعات جمع آوری شده و دریافتی جهت حفظ و پایداری شبکه و حفظ کیفیت برق تحویلی به مصرف کنندگان می باشد. این سیستم در کشور ما سالهاست اجرا شده است که در گذشته انجام این عملیات با استفاده از خطوط مخابراتی و ارتباط کلامی انجام می شد و به تدریج و پیشرفت تکنولوژی و امکان استفاده از تله متری، سیستم های اسکادا و PLC فراهم گردیده است و اطلاعات از پست ها و نیروگاه ها توسط خطوط و کانالهای مخابراتی به مراکز کنترل سیستم ارسال می گردد و توسط نشان دهنده ای مجزا در معرض دید بهره بردار و کنترل کننده سیستم قرار می گیرد. در دهه اخیر با بهره گیری از فناوری

- تأکید بر شبکه های جمع آوری اطلاعات
- عدم نابودی انبوه و خطرپذیری کمتر
- تأکید بر نبرد هوایی (در آینده فضایی)
- کوتاه بودن مدت نبرد و بالا بودن اثرات مخرب
- خطر پذیری کمتر

به کارگیری تمهیدات و ملاحظات پدافند غیرعامل در متن طراحی ها، مزایای ذیل را به همراه دارد:

- افزایش توان دفاعی مجموعه در زمان بحران
- کاهش پیامدهای بحران
- امکان بازسازی مناطق آسیب دیده با کمترین هزینه

۵- پدافند غیرعامل در حوزه

الکترومغناطیس:

در حفاظت الکترومغناطیسی، مخاطرات دیگر مانند جریان های هدایتی و القایی ناشی از رعد و برق، ژنراتورهای برق، سیگنال سیستم های مخابراتی و هر آنچه که به عنوان سیگنال مزاحم محسوب می شود، به حداقل می رسد. طیف فرکانسی تهدیدات طبیعی و ناخواسته معمولاً محدودتر از طیف تهدیدات الکترومغناطیسی است، بنابراین حفاظت در مقابل تهدیدات الکترومغناطیسی، بقیه موارد را نیز پوشش می دهد. تهدیدات الکترومغناطیسی عبارتند از امواج الکترومغناطیسی مخرب که از سلاح الکترومغناطیسی بوجود می آید. این امواج به صورت پالس بوده و دارای انرژی زیادی می باشند. میدان الکترومغناطیسی حاصل از این امواج، می تواند ولتاژ و جریان بالاتر را به صورت لحظه ای بر کلیه رساناهای موجود (سیم ها، مدارات و لوازم الکترونیکی) القاء کند. این پالس باعث سوزاندن و یا اختلال، فعال و غیرفعال کردن یک اتصال نیمه هادی و یا تعداد زیادی از آنها در محدوده وسیع می گردد که موجب اختلال در سیستم های الکترونیکی و ارتباطی می شود و منابع بوجود آورده این بحران ها در دسته بندی سلاح های غیرکشنده قرار می گیرند. [۲] مراکز مورد هدف موارد فوق را می توان به سه دسته زیر تقسیم بندی نمود:

- مراکز حیاتی
- مراکز حساس
- مراکز مهم

راهبردهای حفاظتی، برای تعیین محدوده تعریف شده ای از سطح عملکرد یک سازمان بر اساس خط مشی های پدافندی، مدیریتی و فنی سازمان در شرایط وقوع تهدیدات الکترومغناطیسی می باشد. این راهبرد می تواند برای یک سازمان بر اساس موارد ذیل تدوین گردد:

- حفظ کل فرایند تولید و اجرای فعالیت های مهم به همراه حداقل آسیب پذیری تجهیزات
- صرفاً تداوم تولید و فعالیت اصلی
- حفظ تجهیزات پشتیبان مرتبط با فعالیت اصلی سازمان

سطوح حفاظتی به معنای میزان حفاظت یا مقاوم سازی مورد نیاز برای یک بخش از سایت یا مرکز می باشد و این مقدار به صورت عددی و برحسب dB بوده و بر اساس پارامترهای فنی مختلف استخراج می گردد.

- ملاحظات مدیریتی-فنی:

رعایت پاره ای الزامات و پیاده سازی آنها در شرایط صلح و پیش از وقوع بحران از نظر مدیریتی، به صورت موثری می تواند هزینه های ناشی از آسیب دیدگی تجهیزات بخش های مختلف را در شرایط وقوع بحران به میزان زیادی کاهش دهد. نکات مورد نظر شامل موارد ذیل می باشند:

- برنامه ریزی استراتژیک و تدوین دستورالعمل های مدیریتی
- برآورد آسیب پذیری، مقاوم سازی و دستورالعمل های نگهداری
- آموزش های عرضی

بر اساس برآوردهای صورت گرفته و با در نظر گرفتن معیارها و عوامل مهمی مانند:

- صرفه اقتصادی
- نیاز واقعی برای مقابله با بحران
- توانمندی های تکنولوژیک به منظور مقاوم سازی
- توانمندی های اجرایی و قابلیت های موجود در ساختار سایت
- سرعت عمل اجرا، طرح پدافند الکترومغناطیسی
- ملاحظات عملکردی فعالیت های مراکز در شرایط وقوع بحران

های مختلف سایت، نیاز به انجام آزمایش و اندازه گیری پارامترهای مختلف است. این آزمایش ها پس از اجرای راهکارهای مقاوم سازی الکترومغناطیسی به منظور محاسبه میزان حفاظت صورت می گیرد. تعیین سطوح مقاوم سازی بر اساس حساسیت تجهیزات داخل مرکز و میزان حفاظت اولیه ساختار قبل از مقاوم سازی صورت می گیرد [۳].

۶- تهدیدات مراکز کنترل نیروگاه

تهدیدات متصور در مراکز کنترل نیروگاه در سه حوزه دسته بندی می شوند:

- تهدیدات ناشی از جنگ (اطلاعات و فیزیکی) و مشخصات بین المللی
- تهدیدات امنیتی
- تهدیدات محیطی و طبیعی

حفاظت الکترومغناطیسی مرکز کنترل نیروگاه

اساسی ترین پارامترهایی که در نفوذ و القاء امواج الکترومغناطیسی در بخش های مختلف بایستی مورد ارزیابی قرار گیرند عبارتند از [۵]:

اندازه گیری میزان ضریب مقاوم سازی الکترومغناطیسی ساختار: این پارامتر به منظور تعیین اثرات ناشی از وجود شکاف، درزها، بدنه ساختار، کانال های مختلف ورودی و خروجی هوا، درب ها و پنجره ها در ممانعت از ورود میدان های الکترومغناطیسی به داخل ساختار می باشد. این پارامتر به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$S.E(dB) = 20 \log(E_2/E_1) \quad \text{رابطه (۱)}$$

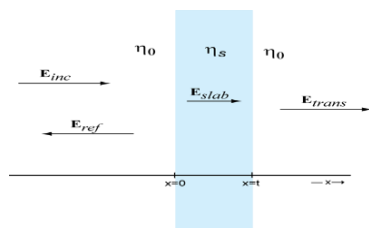
که در آن:

E_2 : دامنه میدان الکتریکی اندازه گیری شده در شرایط

عدم وجود ساختار (v/m)

E_1 : دامنه میدان الکتریکی اندازه گیری شده در شرایط

وجود وجود ساختار مقاوم سازی شده (v/m)



سه راهبرد حفاظتی برای سیستم ها، تجهیزات، ساختارها و تأسیسات در برابر تهدید الکترومغناطیسی به منظور تداوم کار در زمان بحران، تعیین شده اند که عبارتند از:

• **راهبرد حفاظتی اول:** در این راهبرد، کل فرایند تولید و اجرای فعالیت های مهم و همچنین تجهیزات و ساختارهای مورد نیاز برای ادامه فعالیت در شرایط وقوع بحران مقاوم می شوند.

• **راهبرد حفاظتی دوم:** در این راهبرد تنها تجهیزات ضروری مورد نیاز فعالیت مرکز و یا سایت حفاظت می شوند.

• **راهبرد حفاظتی سوم:** در این راهبرد تنها سیستم ها و تجهیزات پشتیبان تولید حفاظت می شوند تا پس از وقوع بحران بتوان مجدداً سیستم ها و تجهیزات مورد نیاز را راه اندازی نمود.

به منظور دستیابی به هر یک از راهبردهای حفاظتی مورد نیاز، رعایت سطوح مقاوم سازی در محدوده فرکانسی ۱-۴۰ GHz ضروری می باشد. این سطوح مقاوم سازی عبارتند از:

- **سطح اول مقاوم سازی:** حفاظت در محدوده ۸۰-۱۰۰ dB
- **سطح دوم مقاوم سازی:** حفاظت در محدوده ۶۰-۸۰ dB
- **سطح سوم مقاوم سازی:** حفاظت در محدوده ۴۰-۶۰ dB

بر اساس مباحث ارائه شده، تهدیدات الکترومغناطیسی دارای محدوده های فرکانسی و توان های مختلف می باشند. راه های نفوذ و تأثیرگذاری امواج الکترومغناطیسی بر روی قسمت های حساس الکترونیکی بخش های مختلف مراکز شامل موارد ذیل می باشد:

- دیواره ها
- درب ها
- پنجره
- کانال های تهویه
- آنتن
- زمین
- کابل ها و لوله ها

به منظور برآورد وضعیت موجود سایت در برابر این تهدیدها، علاوه بر تئوری، شبیه سازی و تحلیل فنی بخش

همچنین باید متذکر شد که مکانیزم حفاظت در مقابل امواج الکتریکی و مغناطیسی کاملاً متفاوت است.

۷- نتیجه گیری:

با توجه به اهمیت استراتژیک کشور ما در منطقه، همواره ایجاد اختلال در چرخه ارتباطی صنعت برق کشورمان یکی از اهداف دشمنان داخلی و خارجی می باشد که با اعمال موارد ذیل می توان بخشی از این خلل را پر نمود:

تبیین مفهوم پدافند غیرعامل در بین مسئولین ذیربط و متولیان امور مخابراتی و ارتباطی صنعت برق از طریق دوره های کوتاه مدت، کارگاه ها و پکیج های آموزشی

لزوم انجام محاسبات در طراحی و اجرای دقیق شیلدینگ و ارتینگ در مراکز کنترل نیروگاه با توجه به اهمیت استراتژیک آن ها

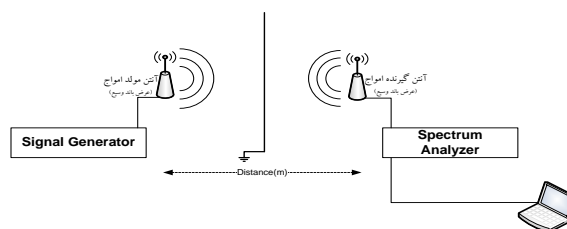
لزوم انجام آزمایشات لازم به کمک تجهیزات پیشرفته مخابراتی و بررسی نتایج حاصل توسط کارشناسان و مسئولین به همراه بیان راهکارهای موجود

همواره یکی از بهترین آموزش ها، استفاده از تجربیات مشابه در زمینه های مختلف می باشد، از این رو بررسی موارد مشابه اختلالات الکترومغناطیسی در داخل و خارج از کشور می تواند راهکارهای مناسبی را پیش روی ما قرار دهد.

منابع:

- [۱] حسین نمازی، محمد فکوری، "پدافند غیرعامل"، معاونت حفظ و توسعه منابع و سرمایه های انسانی-اداره کل آموزش ضمن خدمت، ۱۳۸۷
 - [۲] قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا(ص)-معاونت پدافند غیرعامل، "پدافند غیرعامل(آشنایی با EMP)"، ۱۳۸۳
 - [۳] علی عقابیان- حبیب... اصغری، اصول و کاربرد دیتاسنترها، پژوهشکده فناوری اطلاعات و ارتباطات جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۷
 - [4] BICSI 002-Data Center Design and Implementation Best Practices, Approved American National Standard(ANSI), 2010
 - [۵] آئین نامه اجرائی پدافند غیرعامل در حوزه بحران های الکترومغناطیسی، سازمان پدافند غیرعامل کشور- مرکز پدافند فاوا، ۱۳۸۸
 - [6] Telecommunications Industry Association(TIA) 942, Approved American National Standard(ANSI), April 2005
- Online Available:
- [7] <http://www.paydarmeli.ir>
 - [8] <http://www.msrt.ir/sites/pad/default.aspx>
 - [9] <http://www.pd3.ir>
 - [10] <http://www.danac.ir>

شکل (۱): اثر میدان خارجی بر لایه شیلد مرکز کنترل نیروگاه



شکل (۲): نحوه اتصال تجهیزات اندازه گیری میدان های الکترومغناطیسی

اندازه گیری میزان القای جریان/ولتاژ ایجاد شده بر روی کابل های وارد شونده/خارج شونده به ساختار

آزمایشات مکمل: بررسی اتصالات بین قسمت های مختلف ناپیوسته(بدنه ساختار و چارچوب درب، درب و چارچوب متصل به آن، اتصالات بین زره فلزی کابل ها و بدنه فلزی ساختار و قسمت های مختلف بدنه با یکدیگر، همین شرایط برای پنجره ها و کانال ها و...) با استفاده از تجهیزات اندازه گیری مقاومت الکتریکی انجام می شود.

پاسخ فرکانسی چاه های زمین طراحی شده در مراکز داده باید در محدوده فرکانسی تا ۱۵GHz، نیازمندی برای مقاوم سازی در برابر تهدیدات الکترومغناطیسی را برطرف می نماید. اندازه گیری ها باید نشان دهنده مقاومت در حدود ۵ اهم DC و تطبیق امپدانس ساختار در طیف فرکانسی تهدید را داشته باشد. این اندازه گیری ها در محدوده فرکانسی باند پایه اساسی تر است.(بازه فرکانسی: 1Mhz-۱۵GHz)

مهم ترین بخش در حفاظت الکترومغناطیسی از یک اتاق مهم، نصب لایه های شیلد الکترومغناطیسی در وجوه شش گانه و اصطلاحاً تشکیل یک قفس هادی (فاردی) است. این لایه ها میدان های الکترومغناطیسی نفوذی را تضعیف می نماید و لذا در نظر گرفتن کلیه معیارهای ذیل برای انتخاب و محاسبات اجرایی آن ضروری است [۶]:

- جنس(مس، آلومینیوم و...)
- میزان رسانایی
- نفوذپذیری نسبی
- ضخامت شیلد
- فرکانس