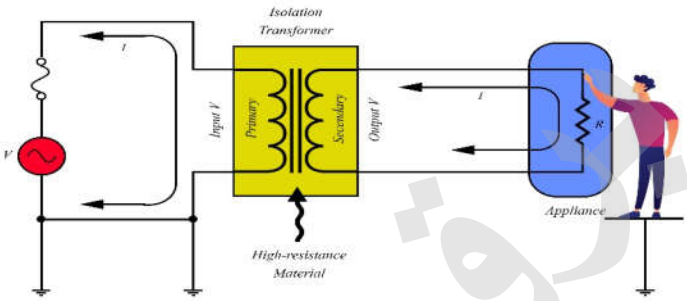
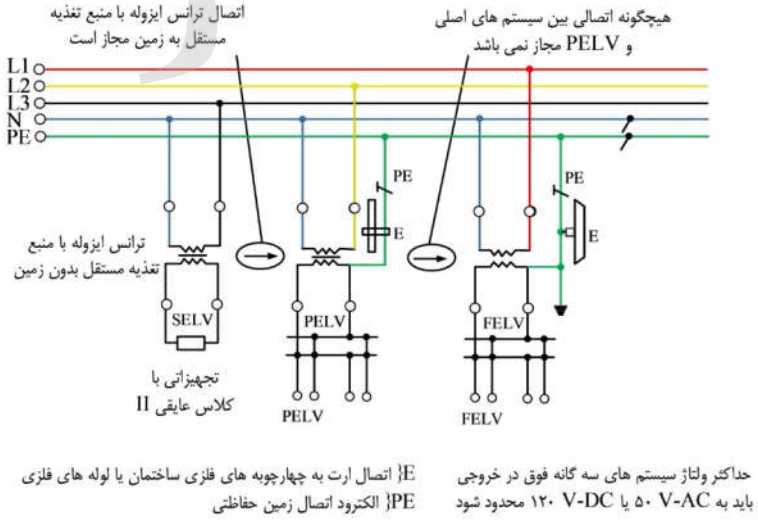
عدم وجود ارتباط الکترونیکی بین اولیه و ثانویه از عبور ولتاژ DC به طور کامل جلوگیری می کند. علاوه بر این طراحی این ترانس در محدوده فرکانس ۵۰ هرتز عملاً باعث ایجاد امپدانس بالا برای فرکانس های زیاد و نویزهای ناشی از دستگاه ها به صورت دو طرفه می شود. همچنین به اشباع رفتن هسته ترانسفورماتور، مانع از عبور فرکانس های بالا ناشی از صاعقه یا هر عامل دیگری خواهد شد. عدم ارتباط الکترونیکی بین اولیه و ثانویه عملاً ارتباط بین زمین و ثانویه را از بین می برد و در قسمت ایزوله یا ثانویه، مفهومی از فاز و نول وجود ندارد و هیچ کدام از سیمها باعث برق گرفتگی نخواهد شد. این ترانسفورماتور با نسبت تبدیل کاهنده (ولتاژ خروجی کمتر از ورودی) و یک به یک (ولتاژ خورجی برابر ورودی) ساخته می شود. سیم پیچی‌های اولیه و ثانویه ارتباط الکتریکی نداشته و فقط با هم کوپل مغناطیسی (از طریق شارژ) را دارند. اگر هر کدام از سیم‌های خروجی، توسط شخص لمس شود، شخص دچار برقگرفتگی نمی شود؛ اما اگر با دو سیم خروجی تماس پیدا کند احتمال برقگرفتگی وجود دارد.



شکل۳-۴- ترانسفورماتور ایزوله

۴-۱-۳-۱۳ حفاظت در برابر هر دو نوع تماس مستقیم و غیر مستقیم: یکی از روش‌هایی که قادر به تامین ایمنی هم در برابر تماس مستقیم و هم در برابر تماس غیر مستقیم است، استفاده از ولتاژ خیلی پایین می باشد که در تاسیسات محیط‌های خاص از قبیل حمام، استخر و سونا، استفاده می‌شود. این سیستم شامل سه نوع ولتاژ خیلی پایین است که شرح خلاصه شرایط و مدارهای این سیستم‌ها در جدول شماره ۱۳-۳-۱-۴ ذکر شده است.

☑ بهتر بود برای این عنوان این آیین نامه به «حفاظت با استفاده از منابع ولتاژ پایین» انتخاب می شد. این ایده از ولتاژ خیلی پایین، به اندازه‌ای که کمتر از ولتاژ برق گرفتگی باشد، برای تغذیه مصرف کننده ها استفاده می شود که برای هر دو تماس مستقیم و غیرمستقیم کارایی دارد.



شکل۳-۵- ساختار کلی سیستم های ولتاژ پائین

جدول۳-۱- (۱۳-۳-۱-۴) سیستم‌های ولتاژهای خیلی پایین (SELV، PELV و FELV))

نام سیستم	منابع و مدارها	رابطه مدارهای سیستم و بدنه هادی یا زمین
ولتاژ خیلی پایین ایمنی (SELV)	ترانسفورماتور مجزا کننده ایمن یا منبع ایمن معادل آن، مدارهای با جدایی حفاظتی	مدارها بدون اتصال به زمین‌اند. بدنه‌های هادی نباید دانسته به زمین اتصال داده شوند.
ولتاژ خیلی پایین حفاظتی (PELV)	ترانسفورماتور مجزا کننده ایمن یا منبع ایمن معادل آن مدارهای با جدایی حفاظتی	از مدارهای با اتصال به زمین می‌توان استفاده کرد بدنه‌های هادی ممکن است به زمین وصل باشند.
ولتاژ خیلی پایین عملیاتی (FELV)	منابع تغذیه ایمن نیستند و ایمن بودن آن‌ها الزامی نیست. مدارها بدون جدایی حفاظتی‌اند.	از مدارهای با اتصال به زمین می‌توان استفاده کرد بدنه‌های هادی باید به هادی حفاظتی مدار اولیه وصل شوند. وصل هادی حفاظتی مدارهای FELV به زمین مجاز است.

☑ **هرچند در این جدول گفته شده «وصل هادی حفاظتی مدارهای FELV به زمین مجاز است» که این جمله مفهوم «حتما» به معنای الزام را به همراه ندارد.**

۵-۱-۳-۱۳- حفاظت با استفاده از SELV و PELV: در موارد زیر حفاظت در برابر برق‌گرفتگی انجام شده به حساب می‌آید:

الف) ولتاژ اسمی سیستم نباید از مقادیری که در باند یک استاندارد IEC 60449 تعیین شده تجاوز کند.

☑ **به صورت رایج، این ولتاژ ۵۰ ولت در نظر گرفته می شود و تجاوز ولتاژ به بیش از این مقدار، می تواند منجر به برق گرفتگی شود.**

ب) منبع ولتاژ یکی از منابع ذکر شده برای منابع SELV (بدون اتصال زمین) و یا منابع PELV (با اتصال زمین) باشد.

☑ **طبق مفهوم گفته شده، مهمترین تفاوت این دو منبع در نحوه ارتباط با زمین است.**

تبصره: اگر در منبع تغذیه سیستم‌های یادشده بخش ولتاژ بالاتر شامل اتوترانسفورماتور یا پتانسیومتر یا وسایل الکتریکی و مانند آن‌ها باشد، مدار ولتاژ خیلی پایین ادامه مدار ولتاژ بالا به حساب می‌آید و حفاظت آن باید مانند قسمت با ولتاژ بالا در نظر گرفته شود.

☑ **اتوترانسفورماتور ترانسفورماتور ایست که دارای یک سیم پیچ واحد بوده و بخشی از آن بین اولیه و ثانویه مشترک است، این ترانسفورماتور دارای راندمان بالاتر و امکان تغییر ولتاژ در دامنه گسترده‌تری است. پتانسیومتر، مقاومت متغیر است که از آن برای تغییر مقدار ولتاژ استفاده می شود.**

۶-۱-۳-۱۳- منابع تغذیه SELV (بدون اتصال زمین): در منابع تغذیه SELV بدنه‌های هادی و مدارها بدون اتصال به زمین بوده، باید از نظر الکتریکی نیز از زمین و دیگر سیستم‌ها مجزا باشد. به این دلیل و نیز برای کاهش خطرات برق‌گرفتگی، این منابع باید طبق استانداردهای معتبر تولید شود و تجهیزات قطعات مدارها و لوازم باید به‌گونه‌ای انتخاب و در نظر گرفته شوند که اتصالی و سایر معایب دیگر به خود این منابع محدود شود و قطعات هادی دیگر سیستم‌ها را تحت تاثیر قرار ندهند. این منابع شامل شش نوع است که در سه گروه تقسیم می‌شوند:

☑

الف) دیاگرام ب) نمونه‌های واقعی

شکل۳-۶- دیاگرام سیستم SELV

۱-۶-۱-۳-۱۳ گروه اول منابع تغذیه SELV است که تغذیه آن با ولتاژ بالاتر از ولتاژ خروجی این منبع انجام می‌گیرد. این گروه شامل انواع زیر است:

الف) ترانسفورماتور ایمنی که دارای سیم‌پیچ‌های مستقل اولیه برای ولتاژ تغذیه بالاتر و سیم‌پیچی ثانویه با ولتاژ خروجی پایین ایمنی (SELV) باشد. این ترانسفورماتور باید مجهز به پرده فلزی بین سیم‌پیچی اولیه و ثانویه بوده، نیز مطابق IEC 61558-2-6 تولید شده باشد.

ب) موتور – ژنراتور که در آن موتور با ولتاژ بالاتر تغذیه شده، به عنوان نیروی محرکه ژنراتور با ولتاژ خروجی خیلی پایین ایمنی (SELV) به‌کار گرفته می‌شود. عایق‌بندی و درجه ایمنی این منبع باید معادل ترانسفورماتور ایمنی (بند الف یاد شده) باشد.

پ) منابع تغذیه الکترونیکی که دارای حفاظت‌های لازم قطعات و لوازم استاندارد در مدارهای داخلی بوده، به‌طوری که در اثر عیوب داخلی مقدار ولتاژ خروجی خیلی پایین ایمنی آن (SELV) افزایش نیابد و حفاظت در برابر تماس غیر مستقیم نیز تامین شود.

۱۳-۳-۱-۶-۲ گروه دوم منابع تغذیه SELV است که ولتاژ خروجی خیلی پایین ایمنی آن مستقل از هر گونه منبع تغذیه با ولتاژ بالاتر است. این گروه شامل انواع منابع زیر است:

الف) منابع جریان مانند باتری یا سلول‌های خورشیدی که به‌طور مستقل عمل می‌کنند.

☑ **با توجه به اینکه این منابع به صورت منفرد و جدا از شبکه برق را تولید می‌کنند، باید به مسئله قابلیت اطمینان، تداوم تولید، جایابی بهینه (براساس منابع انرژی تجدیدپذیر مانند نور خورشید) و تامین انرژی اولیه (مانند گازوئیل) توجه لازم صورت گیرد.**

شکل ۳-۷- گروه بندی سیستم SELV

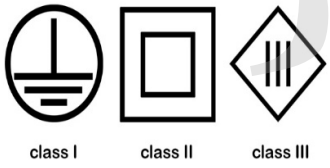
شکل ۳-۸- سلول خورشیدی و باتری

ب) دیزل ژنراتور که در آن دیزل به عنوان نیروی محرک ژنراتوری به‌کار گرفته می‌شود که دارای ولتاژ خروجی خیلی پایین ایمنی (SELV) است.

۱۳-۳-۱-۶-۳ گروه سوم منابع تغذیه SELV شامل منابعی است قابل حمل و سیار و ایمن مانند ترانسفورماتور ایمنی، موتور – ژنراتور (بندهای الف و ب ردیف ۱۳-۳-۱-۶-۱) و تجهیزاتی که با الزام‌های حفاظتی و مشابه با عایق‌بندی دوبل (کلاس عایق‌بندی II) مطابقت کند.

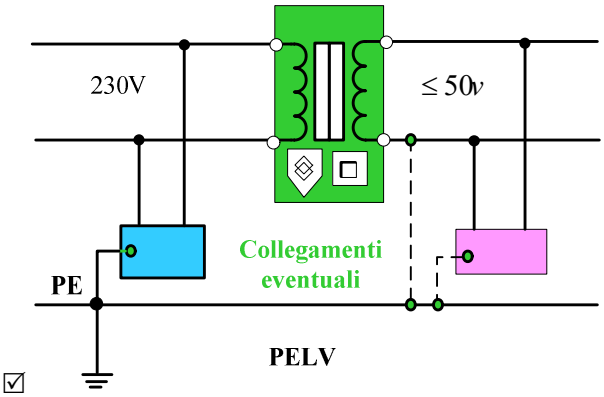
شکل ۳-۹- ژنراتور قابل حمل

شکل ۳-۱۰- ترانسفورماتور جوش قابل حمل



شکل ۳-۱۱- نماد کلاس‌های عایق‌بندی

۱۳-۳-۱-۷ منابع تغذیه PELV (با اتصال زمین): منابع تغذیه PELV از نظر ساختار سیستم و انواع، مشابه منابع تغذیه SELV است، ولی در شرایطی استفاده می‌شود که احتمال جدا بودن الکتریکی این سیستم از زمین و دیگر سیستم‌ها در طول بهره‌برداری قابل تامین نباشد. در این منابع، مدارهای سیستم و بدنه هادی تجهیزاتی که در آن استفاده می‌شود می‌توانند به زمین متصل شوند.



☑

شکل۳-۱۲- دیاگرام سیستم PELV

تبصره: در منابع تغذیه خیلی پایین حفاظتی PELV که تغذیه آن با ولتاژ بالاتر از ولتاژ خروجی خیلی پایین حفاظتی انجام می‌گیرد، حفاظت‌های مناسب و لازم در مدار ولتاژ بالاتر باید در نظر گرفته شود تا از بروز خطرهای تماس غیر مستقیم جلوگیری و حفاظت لازم آن مدار نیز تامین شود.

☑ **در مواردی مانند استفاده از ترانسفورماتور که ولتاژ اولیه دارای سطح بالاتری است، باید جداسازی و عایق کاری کامل بین این دو سطح ولتاژ انجام شود**

۸-۱-۳-۱۳ الزام‌های عمومی برای مدارهای SELV و PELV

۱۳-۳-۱-۸-۱ قسمت‌های برق‌دار مدارهای SELV و PELV: قسمت‌های برق‌دار مدارهای SELV و PELV باید از نظر الکتریکی از سایر مدارها و از یکدیگر مجزا باشند.

☑ **مجراهای این سیستم ها و باید جدا باشند.**

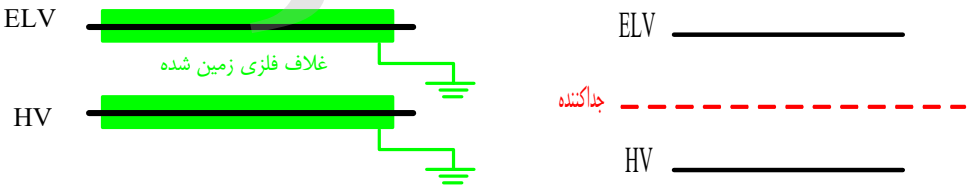
۱۳-۳-۱-۸-۲ هادی‌های مدارهای SELV و PELV: هادی‌های مدارهای SELV و PELV باید از سایر مدارها جدا باشند، اگر انجام این کار به هنگام اجرا ممکن نباشد، باید یکی از موارد زیر رعایت شود:

☑ **مهمترین مشخصه های سیستمهای ولتاژ خیلی پایین سطح پایین ولتاژ آن نسبت به سایر قسمت های آن است. پس برای اینکه این مشخصه ها تحت شعاع قرار نگیرد.**

الف) مدارهای SELV و PELV علاوه بر عایق‌بندی اصلی از داخل یک غلاف غیر فلزی عبور کنند.

☑ **استفاده از یک غلاف غیر فلزی صرفا برای جداسازی کامل سطوح خیلی ولتاژ پایین و بالا.**

ب) هادی‌های مدارهای با ولتاژهای مختلف به کمک یک جداکننده یا غلاف فلزی زمین شده از هم جدا شوند.



ب) غلاف فلزی زمین شده **الف) جداکننده**

شکل۳-۱۳- جداسازی هادی‌های مدارهای با ولتاژهای مختلف

پ) مدارهای با ولتاژهای مختلف می‌توانند با استفاده از رشته‌های یک کابل یا به صورت هادی‌های جمعی از داخل یک مجرا عبور داده شوند، به شرطی که هادی‌های SELV و PELV به‌صورت انفرادی یا دسته جمعی نسبت به بالاترین ولتاژ موجود در مسیر عایق‌بندی شده باشند.

☑ **یعنی مثلا اگر هادی تغذیه عادی با ولتاژ ۲۳۰ ولت و ٤۰۰ ولت و ولتاژ خیلی پایین (۵۰ ولت) با هم از یک مجرا عبور کنند عایق بندی هادی ولتاژ خیلی پایین به اندازه ٤۰۰ ولت باید باشد.**

۹-۱-۳-۱۳ الزام‌های خاص مدارهای SELV (بدون اتصال زمین): الزام‌های خاص مدارهای SELV (بدون اتصال زمین) شامل موارد زیر است:

۱۳-۳-۱-۹-۱ قسمت‌های برق‌دار (مدارهای SELV): قسمت‌های برق‌دار مدارهای SELV نباید به زمین یا به هادی‌های حفاظتی مدارهای دیگر اتصال داده شوند.

☑ **اساسا به هیچ عنوان نباید مسیری از منبع SELV به زمین وجود داشته باشد، حتی از طریق هادی حفاظتی مدارهای دیگری که قطعا به زمین وصل شده اند.**

۱۳-۳-۱-۹-۲ بدنه‌های هادی (مدارهای SELV): بدنه‌های هادی نباید به اجزای زیر اتصال داده شوند:

الف) زمین

☑ **به ویژه زمانی که تجهیزات SELV روی زمین قرار گرفته و محیط مرطوب باشد احتمال وصل آن به زمین بالاست.**

ب) هادی حفاظتی یا بدنه‌های هادی مدارهای دیگر

☑ **اساسا در سیستم SELV نباید هادی حفاظتی (PE) و یا حفاظتی- خنثی (PEN) وجود داشته باشد.**

پ) بدنه‌های بیگانه؛ به استثنای مواردی که تجهیزات الکتریکی از نظر ساختاری باید در تماس با بدنه‌های بیگانه باشند. در این صورت باید اطمینان حاصل شود که این بدنه‌ها نخواهند توانست ولتاژهای بیش از ولتاژ موجود در شبکه تاسیسات برقی ساختمان را به خود بگیرد.

☑ **مثلا اگر از کنار تجهیز SELV، لوله ی فلزی تاسیسات عبور کند؛ باید از نظر طول، عایق یا رنگ روی بدنه بیگانه، فاصله بین بدنه بیگانه و تجهیز SELV و غیره مطمئن بشد که این ولتاژ بیش از حد روی تاسیسات برقی بدنه تجهیز قرار نمی گیرد.**

۱۳-۳-۱-۹-۳ حفاظت در برابر تماس مستقیم (مدارهای SELV): اگر ولتاژ اسمی از ۲۵ ولت موثر در جریان متناوب یا ۶۰ ولت جریان مستقیم بدون تموج تجاوز کند، حفاظت در برابر تماس مستقیم الزامی خواهد بود. حفاظت در برابر تماس مستقیم باید به یکی از دو روش زیر تامین شود:

☑ **یعنی حفاظت در برابر ورود اجسام سخت با قطر بیش از ۱۲ میلی مترمربع را داشته باشد برای حفاظت در برابر قطرات آب هم بسته به شرایط، محل نصب آن مشخص شود.**

الف) پیش‌بینی موانع یا با پوششی که درجه حفاظت (IP) آن حداقل برابر با IP2X باشد.

☑ **با توجه به محل استفاده از تجهیزات SELV (معمولا استخر) و مسأله عدم اتصال به زمین باید از استحکام عایقی آن اطمینان کامل حاصل شود.**

ب) دارای عایق‌بندی‌ای باشد که در برابر ولتاژ آزمونی ۵۰۰ ولت جریان متناوب موثر حداقل یک دقیقه استقامت کند.

☑ **با توجه به اینکه از این منابع در محل هایی با حساسیت بسیار بالا استفاده می شود پس ولتاژ آزمون آن حدودا ۱۰ برابر ولتاژ نامیست.**

تبصره ۱: برای محیط عادی و خشک، چنانچه ولتاژ اسمی از ۲۵ ولت موثر در جریان متناوب یا ۶۰ ولت جریان مستقیم بدون تموج تجاوز نکند، حفاظت در برابر تماس مستقیم الزامی نیست.

☑ **با توجه به اینکه مقاومت بدن انسان در برابر جریان جریان مستقیم بیش از متناوب است، پس مقدار ولتاژ در جریان مستقیم می تواند بیشتر باشد.**

تبصره ۲: رعایت مقررات برای حفاظت در برابر تماس مستقیم در محیط‌های غیر خشک از جمله حمام، دوش، استخر یا در بعضی از محیطها و شرایط دیگر الزامی است (ردیف ۱۳-۱۰-۳-۲) و (ردیف ۱۳-۱۰-۵-۱).

☑ **این دو تبصره تاثیر نوع محیط (خشک و غیرخشک) روی میزان سطح عایق بندی و الزامات محیطی در سیستم SELV را نشان می دهد.**

۱۳-۳-۱-۱۰ الزام‌های خاص مدارهای PELV (با اتصال زمین): در مواردی که مدارها دارای اتصال زمینی است و یا داشتن منابع تغذیه SELV لازم نباشد، شرایط زیر باید برقرار شود:

☑ **در ۲ بند بعدی، حالتی که نیاز به منبع ولتاژ خیلی پایین ایمن بوده ودر این حالت بدلیل داشتن اتصال زمین امکان استفاده از SELV نیست، مورد بررسی قرار می گیرد.**

۱۳-۳-۱-۱۰-۱ حفاظت در بربر تماس مستقیم (مدارهای PELV): حفاظت در برابر تماس مستقیم باید به یکی از دو روش زیر تامین شود:

الف) پیش‌بینی موانع یا با پوششی که درجه حفاظت (IP) آن حداقل برابر با IP2X باشد.

☑ **دارای حفاظت در برابر نزدیک شدن انگشتان یا سایر اجسام مشابه که طول آن از ۸۰ میلیمتر تجاوز نکند و اجزای اجسام جامد با قطر بیش از۱۲ میلیمتر با قسمت های برق دار یا متحرک در داخل بدنه دستگاه باشد.**

ب) دارای عایق‌بندی‌ای باشد که در برابر ولتاژ آزمونی ۵۰۰ ولت جریان متناوب موثر یک دقیقه استقامت کند.

☑ **تنها تفاوت حفاظت در برابر تماس مستقیم برای دو سیستم SELV و PELV، تعیین سطح ولتاژ برای SELV است.**

۱۳-۳-۱-۱۰-۲- عدم لزوم حفاظت در برابر تماس مستقیم (مدارهای PELV): اگر تجهیزات داخل حوزه اثر هم‌بندی برای هم-ولتاژ کردن باشد و ولتاژ اسمی از مقادیر زیر تجاوز نکند، ایجاد حفاظت در برابر تماس مستقیم با توجه به ردیف ۱۳-۳-۱-۱۰-۱ لازم نخواهد بود:

☑ **در صورتی که محیط مرطوب باشد باید حفاظت در برابر تماس مستقیم داشته باشد.**

الف) ۲۵ ولت موثر در جریان متناوب یا ۶۰ ولت جریان مستقیم بدون تموج، هنگامی که تجهیزات به‌طور معمول فقط در محیط‌های خشک استفاده می‌شود و انتظار نمی‌رود سطوح بزرگی از قسمت‌های برق‌دار با بدن تماس حاصل کند.

☑ **توجه شود که برای هر دو حالت فوق شرط همبندی باید برقرار باشد.**

ب) ۶ ولت موثر در جریان متناوب با ۱۵ ولت جریان مستقیم بدون تموج در همه موارد دیگر.

☑ **منظور از موارد دیگر، محیط های غیرخشک (مانند سونا، استخر و ...) است.**

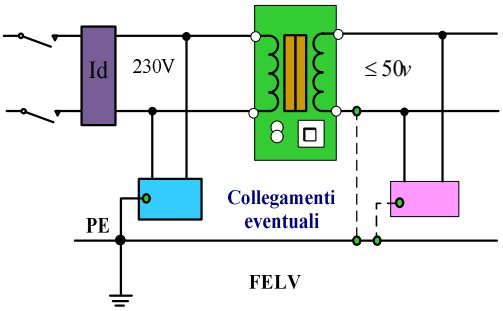
۱۳-۳-۱-۱۱ منابع تغذیه FELV: این سیستم با استفاده از ولتاژ شبکه تاسیسات برقی ساختمان، برای تامین ولتاژ خیلی پایین عملیاتیِ مورد نیاز در شبکه‌های ارتباطات و مخابرات سیستم‌های کنترل و سیستم‌های ابزار دقیق در صورتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که رعایت همه مقررات مربوط به SELV و PELV لازم نباشد یا رعایت نشده باشد. در این سیستم، علاوه بر الزامی نبودن شرط ایمن بودن منبع تغذیه می‌توان از مدارهای با اتصال زمین نیز استفاده کرد. در این منابع، وصل بدنه‌های هادی به هادی حفاظتی مدار اولیه الزامی و نیز وصل هادی حفاظتی مدارهای FELV به زمین عملیاتی مجاز است. علاوه بر این موارد برای اطمینان از عملکرد این منابع نسبت به حفاظت در برابر تماس‌های مستقیم و غیر مستقیم موارد زیر نیز باید رعایت شود:

☑ **با توجه به اینکه معمولا تجهیزات ارتباطی، مخابراتی و کنترلی نیاز به ولتاژ پایین داشته و همچنین نیاز به سطح ایمنی بالایی از لحاظ مقدار ولتاژ تغذیه شده ندارند پس سیستم FELV به جای SELV و PELV استفاده می شود.**

۱۳-۳-۱-۱۱-۱ حفاظت در برابر تماس مستقیم (مدارهای FELV): حفاظت در برابر تماس مستقیم باید با یکی از دو روش زیر انجام شود:

الف) استفاده از حصارکشی‌ها یا محفظه‌ها برای جلوگیری از تماس مستقیم؛

شکل۳-۱۵- حصارکشی پست برق



شکل۳-۱۴- دیاگرام سیستم FELV

ب) استفاده از عایق‌بندی که با حداقل ولتاژ آزمونی مدار اولیه مطابقت داشته باشد. در مواردی که مدارهای FELV قادر به تحمل این ولتاژ نباشند، عایق‌بندی بدنه‌های در دسترسِ تجهیزات هنگام نصب باید تقویت شود تا حدی که بتواند در برابر ولتاژ آزمونی۱۵۰۰ ولت متناوب موثر استقامت کند.