انتخاب بهینه سیستم توزیع برق و رابطه آن با زمین درشبکه‌های نشارضعیف از دیدگاه ایمنی

سیاوش واحدی

شرکت برق منطقه ای هرمزگان

چکیده مقاله :

توزیع ایمن واستانداردشبکه ها ازجمله وظایف مهم شرکتهای توزیع برق میباشدوبایدسعی شودتاحدامکان به مشترکین (صنعتی ،تجاری ،کشاورزی ،مسکونی)برق مطمئن تحویل گردد.

دراین رهگذرتوزیع انرژی مطمئن باداشتن ضریب اطمینان بالا تهیه طرحهای دقیق ،ایمن واقتصادی راالزامی ساخته است.

خوشبختانه باتشکیل شرکتهای توزیع نیروی برق ونگرش اصولی ومهندسی به این بخش گسترده ازصنعت برق ،ایمنی وکنترل ضایعات می رودکه جایگاه واقعی خودرادراین بخش پیداکند.

یکی ازراههای دستیابی به اهداف مذکوروکاهش تلفات انسانی ناشی ازحوادث احتمالی وهمچنین جلوگیری ازهدررفتن سرمایه اقتصادی . انتخاب بهینه سیستم توزیع برق میباشدکه هم بعدایمنی وهم بعداقتصادی رادربرگیرد.

در این مقاله ابتدا سیستمهای متداول توزیع برق و رابطه آنها بازمین را مطرح نموده وسپس براساس بررسیهای انجام شده سیستم بهینه انتخاب و پیشنهاد میگردد.

شرح مقاله :

باتوجه به گسترش روزافزون شهرها و افزایش تراکم جمعیت وبازنگری به عوامل ایجادحادثه دربین مصرف کنندگان ،بررسی و تجدیدنظر درشبکه های توزیع فشارضعیف که همواره مشترکین راتغذیه میکنند ،ضروری به نظرمیرسد .

دردنیای امروزسیستمهای مختلفی به منظورتوزیع برق وجوددارندکه بحث پیرامون همه آنها ضروری نخواهدبود ،زیرادرکشورما معدودی از آنهاکاربرددارند ،که مهمترین آنها سیستم سه فازبانقطه خنثی (N)وسیستمهای تک فازمنشعب از آن می باشند . به عبارت دیگر اکثرقریب به اتفاق سیستمهای مورداستفاده درکشورما ازنوع سه فازبانقطه خنثی بوده ودرمواردی که برق یکفازباهادی خنثی وجودداشته باشد ،معمولا از یک سیستم سه فازبامشخصات فوق منشعب شده است . سیستمهای سه فازموردنظرما توسط کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC) به قرارزیرنامگذاری شده اند :

الف)سیستم T N که خود ممکن است ازنوع TN-S ، TN-C-S یا TN-C باشد .

ب)سیستم TT

ج)سیستم IT

سیستم TN .متداولترین سیستمهابوده وباتوجه به کاربردی بودن آن بدان توجه بیشتری خواهیم نمود. سیستمهای TTوIT سیستمهای اختصاصی می باشندکه درصورت مناسب بودن شرایط محلی یانوع کار،استفاده ازآنهاتوجیه پذیرمیگردد. درزیرشرح هریک ازسیستمهاارائه میشودوهنگام طراحی شبکه های توزیع باتوجه به موقعیت محیط وشرایط جغرافیایی محلی وپارامترهای تاثیرپذیر دیگریکی ازاین شیوه ها را مدنظرقرارمیدهندواجرامینمایند.

یادآوری:درنامگذاری سیستمهاواجزای مربوط به آنهاازحروف اول کلماتی استفاده شده است که روش اتصال زمین ونحوه اتصال بدنه های هادی را به هادی حفاظتی بیان می نماید.

TERRA-T = زمین

NEUTRAL-N=خنثی

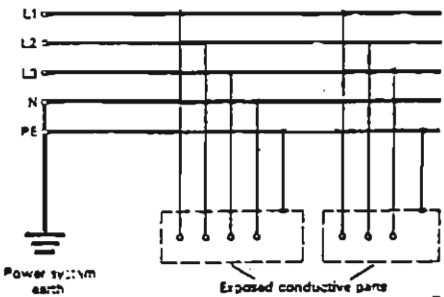
ISOLATED-I=مجزا شده

COMBINED-C=مشترک

SEPARATED-S=جدا شده

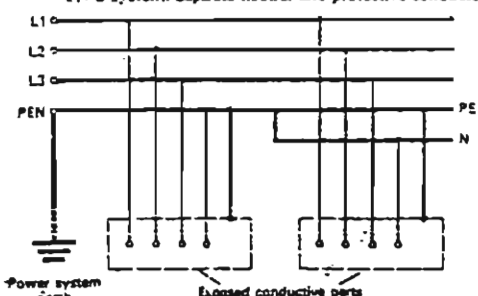
PROTECTIVE EARTHING-PE=اتصال زمین حفاظتی

PROTECTIVE EARTHING & NEUTRAL-PEN=هادی مشترک حفاظتی وخنثی



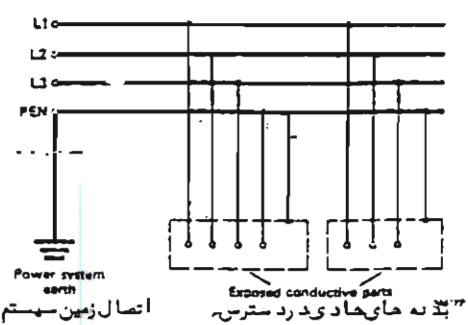
شکل 1 ـ سیستم TN-S هادیهای خنثی وحفاظتی درسراسر سیستم جدا میباشند

TN-S system. Separate neutral and protective conductors throughout system.



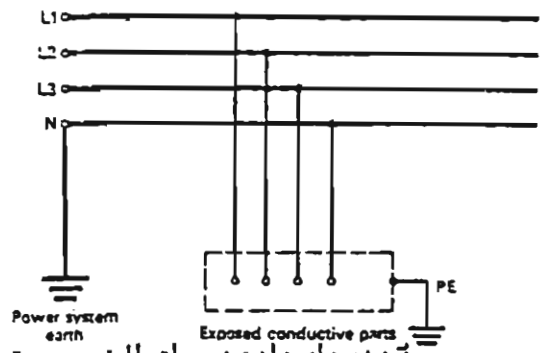
شکل 2 ـ سیستم TN-C-S هادیهای خنثی وحفاظتی دربخشی ازسیستم مشترکمیباشند

TN-C-S system. Neutral and protective functions combined in a single conductor in a part

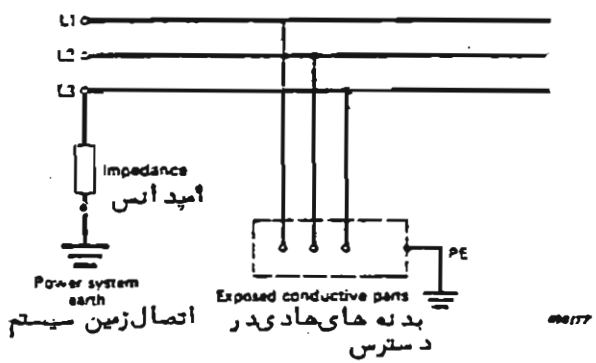


شکل 3 ـ سیستم TN-C هادیهای خنثی وحفاظتی در سراسر سیستم مشترک میباشند

TN-C system. Neutral and protective functions combined in a single conductor throughout system.



شکل 4 ــ سیستم TT TT system.



شکل 5 ــ سیستم IT IT system.

الف)سیستم TN:

یک نقطه سیستم مستقیما به زمین وصل بوده (T) وبدنه های هادی دستگاهها در این سیستم یا مستقیما به هادی خنثی وصل می شوند که در این صورت با PEN مشخص شده و علامت مشترک بودن هادی خنثی وحفاظتی در آن است (سیستم TN-C)ویا اینکه بدنه های هادی به هادی حفاظتی (PE)وصل بوده واین هادی در مبدا به هادی خنثی (N)وصل می شود(سیستم TN-S).دربرخی مواردتانقطه ای از تاسیسات ازهادی مشترک ،خنثی وحفاظتی(PEN)استفاده شده وسپس هادی خنثی وحفاظتی ازهم جدامی شوند(N,PE)که این سیستم با TN-C-S مشخص می گردد.

درشکلهای ۱،۲،۳ هریک ازسیستمهای فوق مربوط به سیستم TN نشان داده شده است.

ب)سیستم TT:

دراین سیستم یک نقطه به زمین وصل بوده T وبدنه های هادی دستگاهها نیز هریک مستقلا یا گروهی از آنها به یک اتصال زمین وصل میشوند.(شکل ۴)

ج)سیستم IT:

دراین سیستم بین هادیهای برقدار وزمین رابطه مستقیمی وجودندارد،به عبارتی سیستم کاملا از زمین جدا بوده ویا یکی

ازنقاطی که معمولا یکی ازفازها میباشد (دراین سیستم معمولا هادی خنثی توزیع نمیگردد) ازطریق یک امپدانس بزرگ به زمین وصل میباشد. بدنه های هادی دراین سیستم مستقلا به زمین وصل میباشد. (شکل ۵)

۱ـ شرایط خصوصی سیستم TN:

به منظور اجرای صحیح سیستم TN درشبکه های توزیع و حفاظت سیستم و افراد در برابر خطرات احتمالی لازم است شرایط خصوصی ذیل مد نظر قرار گیرد:

۱ـ۱ـ کلیه بدنه های هادی باید از طریق یک هادی حفاظتی (PE) به نقطه خنثای زمین شده سیستم (N) وصل شوند.

۱ـ۲ـ هادی حفاظتی باید درنزدیکی هرترانسفورماتور یا ژنراتور به زمین وصل شود. چنانچه اتصال زمینهای موثر دیگر (لوله های زیر زمینی یا هر نوع اجسام فلزی بزرگ دفن شده درزمین) وجود داشته باشد، توصیه میشود هادی حفاظتی به آنها اتصال داده شود. ایجاد اینگونه اتصال زمینهای مکرر به حفظ ولتاژهای خنثی و حفاظتی در حدی پایین و نزدیک به ولتاژ خنثای سیستم کمک می نماید. بدین مناسبت توصیه میشوددر ورودیهای هرساختمان یا تاسیسات هرمشترک، هادی حفاظتی به زمین اتصال داده شود.

۱ـ۳ـ مشخصه های وسیله حفاظتی و سطح مقطع هادیهای سیستم باید مناسب انتخاب گردندکه درصورت بروز اتصال کوتاه بین یک هادی

فازوهادی حفاظتی یابدنه هادی (با امپدانسی بسیارکوچک درهر نقطه ای ازسیستم)وسیله حفاظتی درزمانی مشخص تغذیه رابطور خودکارقطع کند. خواسته فوق هنگامی برآورده شده تلقی میگردد که شرط زیربرقرارباشد:

که درآن : $Zs.Ia \leqslant Uo$

Zs امپدانس حلقه اتصال کوتاه (هادی فاز+هادی خنثی +سیم پیچ منبع).

Ia جریانیکه قطع وسیله حفاظتی رادرزمان معین ومجازتضمین می نماید.

Uo ولتاژبین فازوهادی خنثی می باشد.

مقدارZs رامی توان ازطریق محاسبه یااندازه گیری تعیین نمود. چنانچه شرط فوق قابل اجرانباشد بایدازهمبندی اضافی برای هم ولتاژکردن استفاده نمود.

۴-۱- مقاومت کل اتصال به زمین هادی حفاظتی یاهادی خنثای هر سیستم مستقل نبایداز 2 اهم بیشترباشدتادرصورت بروزاتصالی بین یک هادی فاز و زمین،ولتاژهادی خنثی یاحفاظتی از 50 ولت تجاوزننماید.

علت انتخاب 2 اهم اینست که طبق آمارموجود،مقاومت اتصالی به زمین اتفاقی بین یک فازو زمین(نه فازوبدنه هادی)از 7 اهم تجاوزنمی نماید.

۵-۱- درتاسیسات ثابت،یک هادی باسطح مقطع 35 میلیمترمربع یا بیشترمیتواندمشترکا "به عنوان هادی خنثی N وهادی حفاظتیPE که به آن هادی PEN گفته می شود مورداستفاده قرارگیرد (سیستمهای TN-C و TN-C-S).

۶-۱- به عنوان وسائل حفاظتی قطع سریع،ازانواع وسائل زیر می توان استفاده نمود:

- انواع فیوزها
- انواع کلیدهای خودکار.
- انواع کلیدهای جریان تفاضلی

۲- شرائط خصوصی سیستم TT:

۱-۲-
کلیه بدنه های هادی دستگاههائی که دارای یک وسیله حفاظتی مشترک می باشدبایدبه وسیله یک هادی حفاظتی PE به همدیگرمتصل شده واین هادی نیزبه یک اتصال به زمین که برای همه آنها مشترک خواهدبود اتصال داده شوند.

درصورت وجودبدنه های هادی که درعین حال قابل لمس میباشند این بدنه های هادی بایدبه یک الکترود زمین مشترک اتصال داده شوند.

۲-۲- ازنظررعایت مقررات مربوط به قطع سریع تغذیه در صورت بروزاتصال وعدم تجاوزولتاژتماس ازمقدارمجاز(۵۰ ولت)لازم است شرط زیربرقرارباشد.

Ra.Ia≤U

که در آن : RA مقاومت اتصال زمین دستگاه (نه منبع یا سیستم)

IA جریان قطع وسیله حفاظتی با توجه به زمانهای مجاز مربوطه .

U حد ولتاژ مجاز تماس با در نظر گرفتن زمان قطع مجاز مربوطه می باشند .

نکته : چنانچه از وسایل جریان تفاضلی استفاده شده باشد، Ia معادل جریان کار وسیله (مثلا ۳۰ میلی آمپر)و U همان ۵۰ ولت است

درهرحال چنانچه شرط فوق قابل حصول نباشدلازم است ازهمبندی اضافی برای هم ولتاژکردن استفاده نمود .

۳-۲- قابل توجه است که در این سیستم ها استفاده از وسایل جریان تفاضلی ارجحیت داردولی استفاده وسایل حساس دربرابرولتاژ اتصالی به بدنه نیزممنع نشده است .

۳-شرایط خصوصی سیستم IT:

۱-۳- امپدانس اتصال زمین سیستم بایدچنان بزرگ درنظرگرفته شود که درصورت وقوع اتصال کوتاه یک هادی فازبابدنه های هادی یازمین جریان بقدرکافی کوچک باشد . درصورت وقوع اولین اتصال زمین وسیله حفاظتی الزامی نبوده وفقط درصورت وقوع هم زمان دواتصال کوتاه بادوهادی فازمختلف،وسیله حفاظتی بایدعمل نموده وتغذیه مدار را قطع کند .

۲-۳- هیچیک ازهادی های برقدارسیستم نبایدمستقیمابه زمین

اتصال داده شوند.

۳-۳- بدنه های هادی در دسترس باید منفرد یا به صورت گروهی یا همه باهم به زمین اتصال داده شوند. بدنه های هادی دستگاههای مختلف که در همین حال قابل دسترس می باشند (مثلا یک دست روی یک دستگاه و دست دیگر روی دستگاه دوم) باید به الکترود زمین مشترکی اتصال داده شوند. همچنین لازم است شرط زیر نیز برقرار باشد:

$$Ra.Ia \leq U1$$

که در آن: Ra مقاومت اتصال زمین بدنه های هادی (نه سیستم)

Ia جریان اتصال به زمین اولین اتصال کوتاه،

U1 ولتاژ مجاز تماس قراردادی (۵۰ ولت).

۴-۳- توصیه میشود در این سیستم ها از وسایل کنترل و بازرسی عایق بندی استفاده شود تا در صورت بروز اولین اتصالی بین یک هادی برقدار و بدنه هادی یا زمین یک وسیله سمعی و بصری (بوق و چراغ) راه افتاده و مدار را قطع کند.

۵-۳- پس از وقوع اولین اتصال هادی برقدار به بدنه هادی یا زمین سیستم IT در واقع به یک سیستم TN یا TT (بسته به اینکه همه بدنه های هادی با یک هادی حفاظتی به هم وصل بوده یا منفرد و یا در چند دسته به زمین اتصال داده شوند) تبدیل شده و شرایط حفاظتی این سیستم ها باید در مورد آن رعایت شود.

۶-۳- در سیستم های IT از وسایل حفاظتی زیر استفاده می شود:

- وسایل کنترل و بازرسی عایقبندی.

- فیوزها و کلیدهای خودکار .
- وسایل حفاظتی جریان تفاضلی .
- وسایل حفاظتی حساس در برابر ولتاژ اتصال به بدنه .

نتیجه :

با توجه به اینکه شبکه های توزیع معمولا بر اساس سیستم استاندارد اجرا نمی گردند از اینرو ارتباط سیستم بازمین به صورتهای مختلف و سلیقه ای توسط مجریان کار انجام می گردد به قسمی که تعدادی از مجریان به منظور حفاظت اشخاص از برق گرفتگی بدنه تجهیزات (مثلا بدنه تابلوهای زیر ترانسفورماتورها) را مستقیما به زمین مجزا وصل می نمایند (سیستم TT ایجاد می کنند) و تعدادی دیگر نیز بدنه تجهیزات را به هادی نول وصل می نمایند که این عمل نیز خود مشکلات و خطراتی را بدنبال دارد لذا به منظور ممکن کردن سیستم توزیع بایستی یک سیستم صحیح را در سرتاسر شبکه توزیع فشار ضعیف اجرا نمود .

با توجه به شناخت و بررسی که پیرامون انواع سیستمهای توزیع به عمل آمد انتخاب سیستم TN-C با در نظر گرفتن شرایط اختصاصی آن منطقی و معقول به نظر می رسد چرا که هم بعد ایمنی دارد (خطر برق - گرفتگی از بین می رود) و هم بعد اقتصادی (نیازی به احداث شبکه جدید نمی باشد و می توان از وسایل حفاظتی ارزان قیمت استفاده نمود) در نتیجه هزینه های مربوط به این دو آیتم وجود نخواهد داشت

وتنها هزینه ای که بدنبال دارد اصلاح شبکه با تغییر سطح مقطع تنها یک هادی (هادی نول) به سطح مقطع بالاتر (به لحاظ استحکام مکانیکی و عملکرد بهتر سیستم) می باشد. وهمچنین ارتباط مشترکین به فازیا تک فاز به شبکه فشار ضعیف با یک هادی بیشتر صورت می پذیرد که البته این هزینه به عهده مشترک بوده وطبیعی است که مشترک نیز به منظور ایمن نمودن افراد و یا پرسنل در برابر برق گرفتگی ناشی از تماس فاز با بدنه تجهیزات با استقبال این هزینه را مستقبل خواهد شد. با توجه به مطالب فوق الذکر جهت بالابردن ضریب اطمینان و ایمن نمودن شبکه های توزیع و اجرای صحیح سیستم TN-C موارد ذیل بایستی در هنگام طراحی و اجرا مد نظر قرار گیرد:

۱- نقطه خنثی مرکز ترانسفورماتور در محل پست باید زمین شود و حداکثر مقاومت الکتریکی زمین نباید از ۵ اهم تجاوز نماید، و ایمن سیستم زمین حداقل بایستی دارای دو مشخصه زیر باشد:

الف: قادر به عبور جریان زمین چه در حالت معمولی و چه در حالت وجود خطا بدون توجه به عناصر محدود کننده باشد.

ب: اطمینان دهد که شخصی که در مجاورت عناصر زمین شده قرار گرفته است در ایمنی کامل و دور از پتانسیل های خطرناک باشد. چندین چاه با حفر یک چاه و بکارگیری روشهای مختلف که در کاهش مقاومت زمین موثر است دسترسی به مقاومت مورد نظر حاصل نشد میتوان از وجود چند چاه با فواصل مناسب از یکدیگر و موازی نمودن آنها با هم به مقاومت مورد نظر رسید.

۲- حتی الامکان سطح مقطع هادی حفاظتی نول (PEN) معادل

مقطع سیم فاز انتخاب شود تا در هنگام اتصال کوتاه بین فازو هادی حفاظتی نول، این هادی تحمل جریان عبوری را داشته باشد.

۳ـ هادی حفاظتی نول تحت هیچ عنوانی نباید فیوز داشته باشد.

۴ـ به منظور جلوگیری از قطع شدن هادی حفاظتی نول که فوق ـ العاده خطرناک است این هادی نباید تحت نیروی کششی زیادی قرار گیرد و اتصالات بایستی مطمئن و محکم و با دقت کافی انجام شود.

۵ـ در مناطق مرطوب یا هوای آلوده توصیه می گردد به منظور استحکام اتصالات و پایداری سیستم PEN کلیه تجهیزات فلزی مربوطه را گالوانیزه نموده و حتی الامکان از گریس مخصوص نیز استفاده گردد.

۶ـ در موقع قطع هادی حفاظتی نول و برخورد آن با هادی فاز فیوز یا کلید حفاظتی باید طوری تنظیم شده باشد که بلافاصله مدار معیوب قطع گردد. لذا ضروری است شبکه طوری طراحی شود که جریان ناشی از اتصالی فاز به هادی حفاظتی نول در دورترین نقطه شبکه یا بدترین شرایط سیستم، قطع سریع مدار را به همراه داشته باشد.

۷ـ تقسیم بار روی فازها حتی الامکان متعادل انجام گیرد.

۸ـ در صورتی که در زمینهای نامناسب حفر چاه سیستم زمین و یا دستیابی به مقاومت الکتریکی مناسب پرهزینه و مقرون به صرفه نباشد و یا اینکه احتمال قطع شدن هادی PEN وجود داشته باشد استفاده از سیستم TN-S توصیه می شود.

۹ـ در محل مصرف هادی حفاظتی نول نباید در طول مسیر خود به

هادی نول وصل گردد. ارتباط آنها فقط درشبکه ومحل پست ترانسفورماتورتوزیع خواهدبود.

۱۰ـ همانهنگی بین مقاومت زمین بافیوزسرراه درمحل مشترکین ومعرف کننده هاباید برقرارباشد، به طوریکه اگرجریان اسمی فیوز سرراه I باشدمقاومت الکتریکی زمین عبارت خواهدبود از:

$$Re=U/K.In$$

به عنوان مثال:

برای فیوز ۶ آمپری: اهم $Re=50/3.5x6=2.4$

برای فیوز۱۶ آمپری اهم $Re=50/3.5x16=0.9$

۱۱ـ باتدابیروانتخاذتصمیمات لازم ازطریق وزارت نیرو، شرکتهای توزیع باید اهمیت تاسیسات الکتریکی داخلی مشترکین را موردتوجه قراردهندوبدون نصب صحیح سیستم حفاظتی الکتریکی از تامین برق خودداری نمایند. شایدلازم باشدشرکتهاوموسساتی مجاز به سیمکشی ـ اخلی خانه هاوکارگاههاباشندکه ازطرف وزارت نیرو دراین زمینه آموزش لازم رادیده ومجوزسیمکشی دریافت نموده باشند. بدیهی است باتوجه به اهمیت موضوع واگذاری انشعاب برق به متقاضیان بایدمنوط به ارائه گواهی نصب سیستم حفاظتی با اندازه گیری مقاومت هادی PEN باشد.

۱۲ـمقاومت زمین شبکه هرچندمدت یکبارحداقل برای هرفیدر خروجی اندازه گیری وکنترل شود.

۱۳ـقبل ازبهره برداری شبکه های جدیدالاحداث بایستی نظارت وکنترل دقیق درخصوص استحکام مکانیکی اتصالات وهمچنین کنترل مقاومت زمین هادی PEN انجام پذیرد.

منابع

1- IEC Standard No. 364

۲ - مهندس موسیسیان - اتصال زمین در سیستمهای برق شبکه های فشار ضعیف

۳ - استاندارد پیشنهادی سیستم اتصال زمین - از انتشارات مرکز تحقیقات نیرو

۴ - پایان نامه کارشناسی آقای مهندس سیاوش واحدی