روشهای اندازه گیری مقاومت ، بازنگری واصلاح شبکه زمین پستهای فشـــارقـــوی

****

علی صفرنوراله احمدرضادانشمنـــد

شرکت برق منطقه‌ای اصفهان

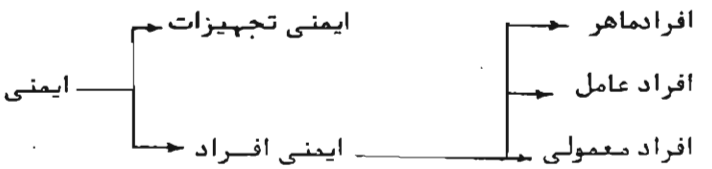
خلاصـه :

این مقاله بنا به اهمیت ونقش اساسی شبکه‌های زمین درپست های فشارقوی وتاءثیر آن برکل شبکه اعم ازفشارقوی ، فشارمتوسط وغیره ولزوم بازنگری واصلاح شبکه های زمین فرسوده ، خصوصا " پستهای قدیمی تهیه شده‌است که دراین رابطه پس ازذکر مقدمه ومسائل مربوطه به ایمنی افراد وتجهیزات وعلـــت هـــای فرسودگی شبکه‌های زمین روشهای اندازه گیری مقاومت زمین راموردبحث وبررسی قرارداده وبعنوان نمونـــه پس ازتشریح مشکلات ومعضلاتسوئیچ یارد ۶۳کیلوولت پست نیروگاه اسلام آباد چگونگی ونتایج اندازه‌گیری مقاومت شبکه، زمین سوئیچ یارد مزبور رابااستفاده ازروش مورد بحث ارائه میدهد ونهایتا " بانتیجه گیـــری وجمع بندی دراین مورد مقاله به پایان میرسد.

امید است مطالب ارائه شده موردتوجه متخصصان ودست اندرکاران صنعت برق قرارگیرد.

مقدمه :

هدف ازاحداث شبکه زمین درایستگاههای فشار قوی ایجاد ایمنی بوده که خود شامل دوقسمت عمده میباشد ، ایمنی افراد وایمنی تجهیزات .



بنابراین درطول عمرایستگاه باید شرایطی فراهم شودکه این ایمنی پایدارمانده مشکل یا مساله ای ایجادنشود ، چون یك ایستگاه فشارقوی تجهیزاتی رادربرداردومحل اتصال زمین شبکه میباشد بنابراین شبکه زمین‌ایمنی کلیه تجهیزات شبکه‌منشعب ازایستگاه رانیز بعهده خواهدداشت زیرا چنانچه مسیر عبور جریان بامقاومتی روبروشود سبب افزایش ولتاژ درفازهاویا حداقل جابجائی نقطه نول خواهد شد که خودبسیار مساله سازمیباشد .

علاوه برمشکل فوق درموقع برخورد ولتاژهای بافرکانس بالاناشی ازرعد وبرق یاکلیدزنی به‌تجهیزات ایستگاه سبب برگشت ولتاژ روی فازهای دیگر اتصال کوتاه دوفاز ویاسه فاز خواهدشد که پایداری رابه نسبت‌خیلی زیادی پائین خواهد آورد ، بنابراین شبکه زمین درپستهای فشارقوی رانمیتوان بصورت مجردوتنهادررابطه باهمان ایستگاه بخصوص موردبررسی قرارداد . بلکه بایستی از دیدگاه کلی واثرات آن‌ر وی شبکه ونهایتا " تجهیزات وافرادداخل پست‌موردتوجه قرارگیرد ، بهرحال ازسیستمی میتوان بخوبی بهره برداری کرد که دارای شبکه ارت درست وقابل اطمینانی باشد (البته این حالت برای سیستم های ایزوله یامثلث مثتثنی است .)

در اینجاابتداسعی خواهدشدبطوراجمال اثرات جریان زمین روی انسانهارامورد‌توجه قرارداده

وسپس دلایل پیری وفرسودگی شبکه‌های زمین وچگونگی تجدید ویااصلاح آنهامورددبررسی قرارخواهدگرفت

اثرات جریان اتصال زمین بربدن انسان

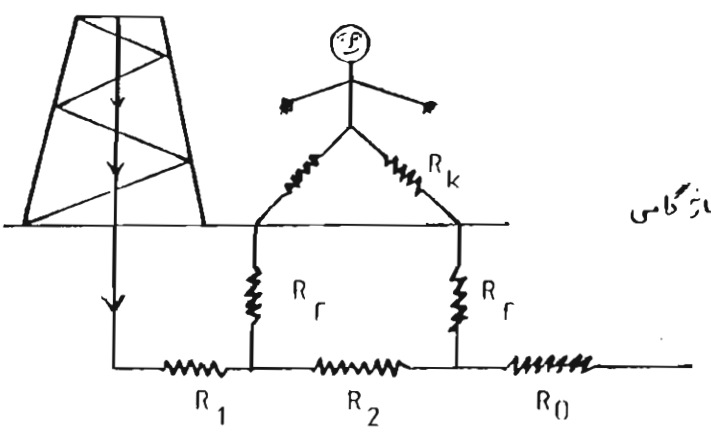
میدانیم که حداکثر جریان قابل تحمل بدن‌انسان

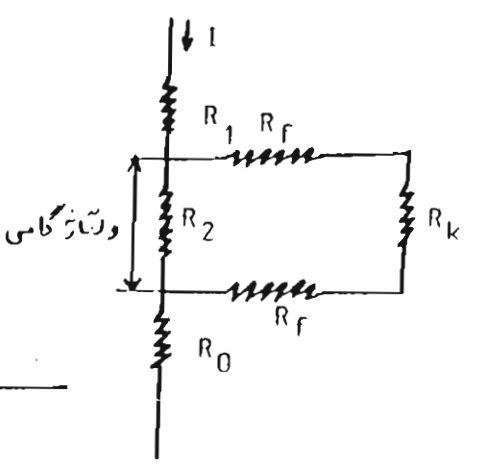
$$Ik = \frac{0/116}{\sqrt{t}}$$ میباشد.

که Ik جریان برحسب آمپر و t زمان عبور جریان ازبدن‌انسان برحسب ثانیه است که رابطه با لا برای محدوده، زمانی $0.03^{S} \ll t \ll 3S$ معتبرمیباشد. بخاطرعبورجریان اززمین یاتجهیزات در دسترس‌انسان ممکن است‌افراددرمعرض‌و لتاژ گامی‌یاتماسی‌قرارگیرندکه‌دراینجابشرح آنهامی‌پردازیم.

ولتاژ گامی

عبارتست ازولتاژی که بین دوپای انسان درموقع عبورجریان اززمین ایجادشود که درشکل زیر مقدارآن مشخص شده است.





شکل (۱)

$$E = (Rk + 2Rf)\, Ik = \frac{116 + 0.7\rho_s}{\sqrt{t}}$$

که پارامتر های فوق عبارتند از :

E : ولتاژ گامی

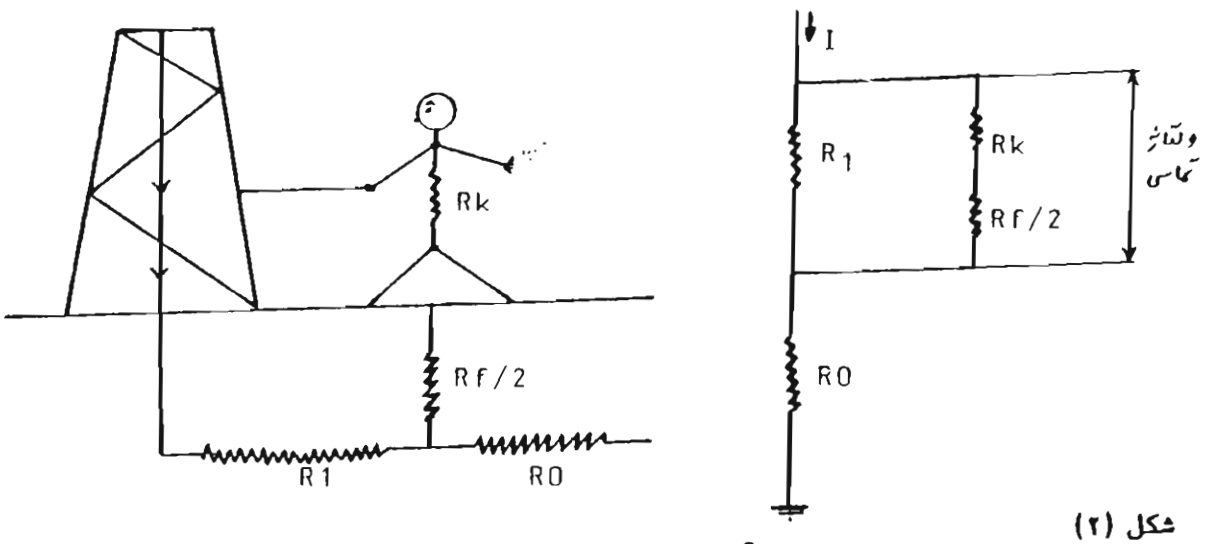
Rf : مقاومت زیر پای فرد وبرابربا $3\rho_s$

Rk : مقاومت بدن برحسب اهم

ρ_s : مقاومت مخصوص زمین

ولتاژ تماسی

عبارتست ازولتاژی که بین دست پای انسان درموقع تماس باوسیله برقدارایجادگردد که درشکل زیر نشان داده شده است .



شکل (۲)

$$E = \left(Rk + \frac{Rf}{2}\right) Ik = \frac{116 + 0.17\rho s}{\sqrt{t}}$$

برای کاهش ولتاژهای فوق وایمن نمودن افراداصولا " درایستگاههای فشارقوی ازشبکه های زمین استفاده میشود که معمولا " هادی آن‌مس است ، چگونگی شبکه‌بستگی به جریان اتصال زمین ، نوع خاك،عمق دفن هادی د رخاك ، فاصله بین ردیف های طولی وعرضی وغیره دارد بنابراین باتغییر نامناسب هریك ازپارامتر های فوق عملا " ممکن‌است شبکه،زمین وبدنبال آن شبکه اصلی مساله دارگردد .

برای محاسبه شبکه‌زمین دوپارامتربسیار مهم مدنظر میباشد یک پارامترمقدارمقاومت شبکه زمین بوده ودوم میزان ولتاژهای تماسی وگامی تولیدشده است ، بنابراین برای اینکه هم اضافه ولتاژهای اعمال شده به‌تجهیزات درموقع عمل برقگیر بخوبی به زمین هدایت شود وهم درموقع اتصال کوتاه فازبه زمین رله‌های حفاظتی مخصوصا " رله‌های دیستانس بتوانند بخوبی عمل نمایند وهمچنین محدودنمودن مقدارولتاژ های تماسی وگامی به‌مقدارمجاز لازم‌است مقاومت شبکه زمین حداقل ممکن باشد . این موارد درموقع طراحی پست وبانصب تجهیزات بخوبی رعایت میگردد ، ولی

باگذشت زمان بخاطر تغییر بعضی ازپارامترهاممکن است شبکه کارآیی لازم راداشته باشد.

علت های فرسودگی وعدم کارآئی شبکه‌های زمین پستهای قدیمی

همانطوریکه گفته‌شداصولا " برای هادی شبکه‌ها ی زمین ازمس استفاده میشود که اگرچه مس دارای مقاومت خوبی درمقابل فرسودگی میباشد ولیکن باتوجه به عوامل زیرممکن است فرسوده شود.

۱ ـ خورده شدن هادیها ومیله‌های‌ارت بخاطر :

الف : وجودموا دکلردار ، درخاك نظیر نمك یاکلرورکلسیم که سبب خوردگی مس میشود. وآنراازبین میبرد.

ب : به خاطر تشکیل خاصیت پیل ولتادرخاك به دلیل اتصال آن به استراکچرها، آرموراد کابلها که سبب تشکیل یك پیل گالوانیك شده وخوردگی رابشدت بالامیبرد.

۲ ـ ایجادشدن مقاومت درنقطه های اتصال شبکه ارت به تجهیزات برقی که ناشی اززنگ زدن وعدم سطح تماس مناسب ، وفشارهای مکانیکی وغیره میباشد.

۳ ـ ازبین رفتن اتصالات بین هادیها یاهادیهاومیله های زمین بنابه‌دلایل فوق که سبب بالارفتن مقاومت ودرنتیجه عدم توانائی عبورجریان زیادازشبکه زمین میگردد.

۴ ـ قطع کنداکتورهادرداخل زمین بخاطرتنش های مکانیکی ویاتوسعه ها ،تعمیرات وغیره .

۵ ـ بالارفتن جریان اتصال زمین درپست بخاطر توسعه شبکه و غیره وعدم کارآیی شبکه قدیم باتوجه به جریان های عبوری ازآن که خود سبب سوختن وازبین رفتن هادیهامیشود.

هریك ازعوامل فوق سبب ازبین رفتن شبکه ویاعدم اطمینان به‌آن میگردد وبهمین دلیل لازم است شبکه‌های‌زمین پستهای قدیمی موردتوجه خاصی قرارگیرندکه دراین مقاله سعی شده بطورخیلی مختصر کارهائی که‌روی شبکه‌زمین پست اسلام‌آبادانجام‌گردیده وروشهای بکاررفته راباتوجه به مشکلات ایجاد شده درپست فوق مطرح نموده تاشاید راه گشائی باشد برای ترمیم ، اصلاح یاتعویض شبکه‌های زمین فرسوده شده درپستهای قدیمی .

روشهای اندازه گیری مقاومت مخصوص خاك

اندازه گیری مقاومت مخصوص خاك به روشهای گوناگونی انجام میشودکه ازنظر تکنیك یکسان

ولی ازنظر روش اندازه گیری متفاوت میباشند . دراین مقاله چگونگی اندازه گیری مقاومت خاك مدنظر دست

تنهابه ذکرروشهابسنده میشو دکه این روشهاعبارتنداز :

۱ ـ روش استفاده ازاطلاعات موجودیاتوجه به نمونه های خاك

۲ ـ روش عمق : Depth method

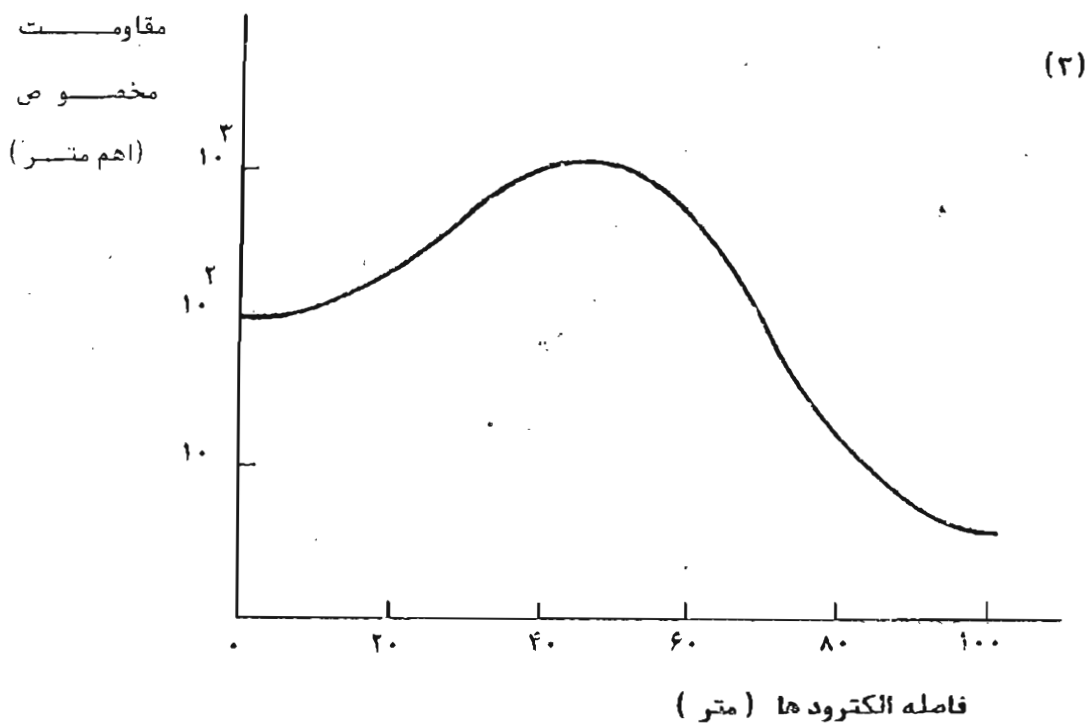
۳ ـ روش دونقطه : Two point method

۴ ـ روش چهارنقطه : Four point method

که دقیقترین آنهاروش چهارنقطه میباشد .

درکلیه روشهای فوق نتایج بدست آمده هنگامی که خاك غیرهموژن باشد متفاوت خواهدبودکه البته این ناهمگونی وپیچیدگی بافت خاك امری طبیعی است درشکل (۳) تغییرات مقاومت مخصوص خاك راباتوجه به فاصله میله‌های کوبیده شده برای زمین بالایه های مختلف نشان داده شده است .

شکل (۳)



روشهـــای اندازه گیری امپدانس شبکه ،زمین

برای اندازه گیری امپدانس شبکه، زمین نیز روشهای گوناگونی موجوداست که درزیر به آنها اشاره میشود. یادآوری میشود که اگر مقدار امپدانس اندازه گیری شده زمین کمتر از ۰/۵ اهم بوده وزمین وسیع باشد مولفه راکتیو آن نیـــز باید درنظرگرفته شود ، درصورتی که اگر امپدانس زمین بزرگتر از ۱ اهـــم باشد این مولفه تاثیر چندانی ندارد وازآن صرفنظرمیشود ، مقاومت الکترود شبکه زمین معمـــــو لا " بوسیله، جریان متناوب یاجریانهای DC که جهت آن بطورپریودیك تغییرداده میشود (بـــــر ای اجتناب ازاثرات قطبی شدن) اندازه گیری میگردد. درموردجریان متناوب فرکانس آن باید نزدیك بـــه فرکانس برق صنعتی باشد.

روش دونقطه (Two point method) یاروش آمپرمتر- ولتمتر

دراین روش جمع امپدانس یك زمین کمکی بامقاومت مشخص همراه بازمین که می خواهیـــم مقاومت آن رابدست آوریـــــم ، اندازه گیری میشود واصولا " مقاومت زمین کمکی درمقایسه بامقاومـــت زمین مورد نظر قابل صرفنظر کردن است بطوریکه میتوان گفت مقـدار بدست آمده مقاومت زمین مـــورد اندازه گیری خواهدبود.

کاربرد معمول این روش مثلا " برای حالتی که بخواهیم مقاومت میله، ارت یك منـــزل را اندازه گیری نمائیم مناسب است که دراین حالت میتوان ازشبکه، لوله کشی درصورتی که ازلوله هـــای فلزی بدون اتصالات عایق استفاده شده باشد بعنوان زمین کمکی استفاده کرد زیرااصولا " برای چنیـــن حالتی مقاومت لوله ها مقداری برابرتقریبا " یك اهم خواهدبود درصورتی که مقاومت میله، اتصال زمیـــن حدود Ω ۲۵ است .

این روش اصولا " خطای زیادی برای شبکه های باعمق دفن کم خواهد داشت ولی بهرحـــال برای مواردی ازقبیل آنچه دربالا ذکرشد مفیدوکافی خواهدبود.

روش سه نقطه (Three point method)

دراین روش ازدوالکترود کمکی که مقاومت آنهابترتیب r_2 و r_3 میباشد استفاده میشود.

درصورتی که مقاومت شبکه ، زمین که باید اندازه گیری شود r_1 خواهد بود .

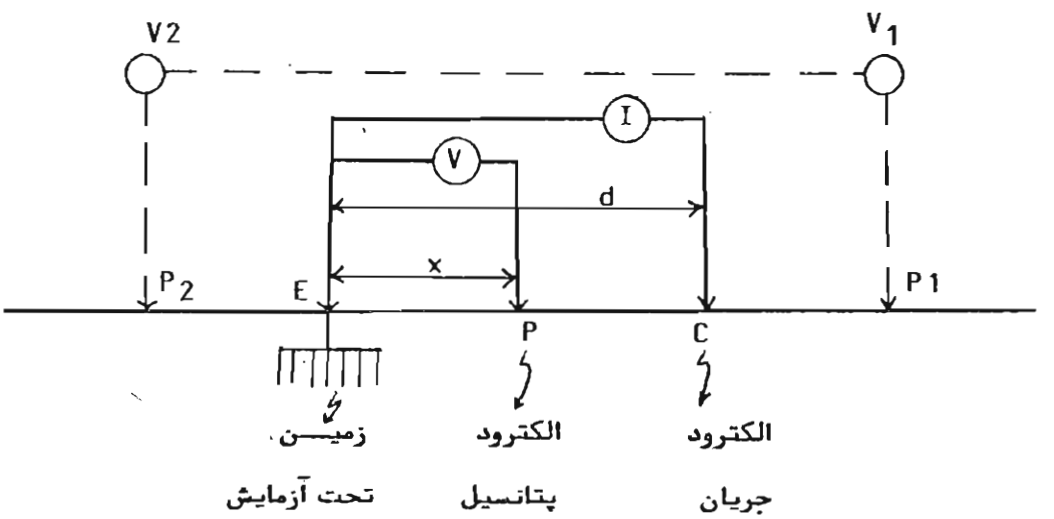
دراین روش مقاومت میله هارادوبدواندازه‌گیری مینمائیم که عبارت خواهند بود از r_{12} و r_{13} و r_{23} بطوریکه $r_{12}=r_1+r_2$ و غیره ... باحل این معادلات خواهیم داشت .

$$r_1 = \frac{(r_{12})-(r_{23})+(r_{13})}{2}$$

بنابراین بااندازه گیری دوبدوی مقاومت های میله های زمین وجایگذاری مقادیر بدست آمده دررابطه ، بالامیتوان مقدارمقاومت r_1 رابدست آورد ، اگر مقاومت خود میله‌های تست ازمقاومت فلز شبکه ، زمین بیشتر باشد اعمال این روش همراه باخطاخواهدبود .

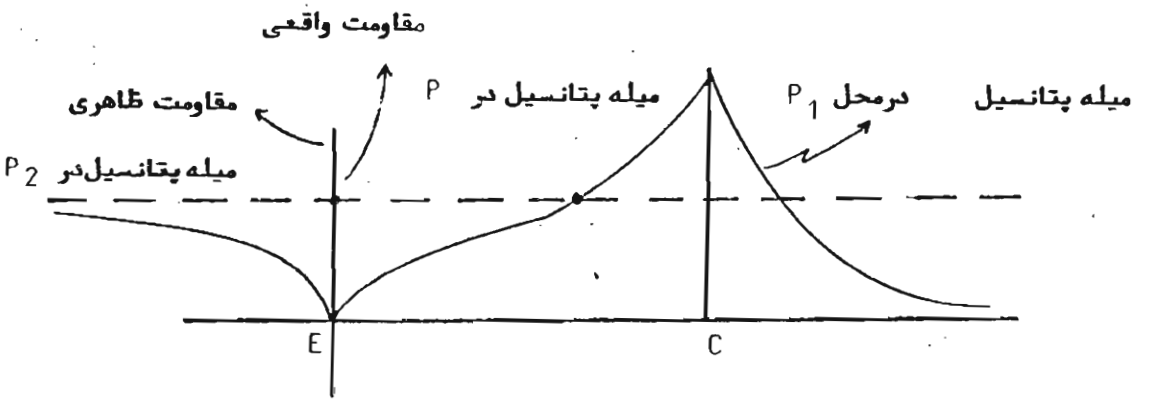
روش کاهش ولتاژ (Fall of potential method)

این روش بامتدهای گوناگون برای اندازه گیری امپدانس انواع مختلف شبکه‌های زمین ، مناسب میباشد ، همانطوریکه قبلا " نیز اشاره شد امپدانس شبکه‌های زمین وسیع هنگامی که مقدارآن ا ز ۰/۵ اهم کمتر است ممکن است دارای موءلفه راکتیوقابل ملاحظه ای باشند . بنابراین مقداراندازه‌گیری شده بوسیله ، این روش درحقیقت مقدارامپدانس رابدست خواهدداد . اگرچه ممکن است اصولا " عبارت رزیستانس برای آن استفاده شود . کاربراین پایه استواراست که یك جریان به شبکه ، زمین که باید مقاومت آن اندازه‌گیری شودکه تا ،ثیراین جریان برحسب ولتاژ بین زمین تحت آزمایش والکترودپتانسیل ظاهر میگردد .



شکل (۴)

جریان I عبوری ازالکترودموردآزمایش E والکترود C درسطح زمین پتانسیل های متفاوتی راتولید میکند ، که پروفیل ولتاژ درجهت CPE درشکل زیر نشان داده شده است ، پتانسیل ها نسبت به زمین مورد آزمایش E و بافرض اینکه پتانسیل آن صفرباشد اندازه گیری میشود ،



شکل (۵)

درروش کاهش ولتاژ مقادیرمقاومت ازنسبت $R = \frac{V}{I}$ بعنوان تابعی ازفاصله الکترودولتاژ X وبادورشدن الکترودپتانسیل بطورمرحله ای اززمین موردآزمایش وثبت مقدارامپدانس درهرمرحله بدست میآید ، این امپدانس بعنوان تابعی ازفاصله کشیده میشود ، ومقدارآن برحسب Ω برای حالتی که منحنی موازی باسطح افق ادامه پیداخواهدکرد، (level out) مقدارامپدانس زمین موردآزمایش رانشان‌میدهد ،

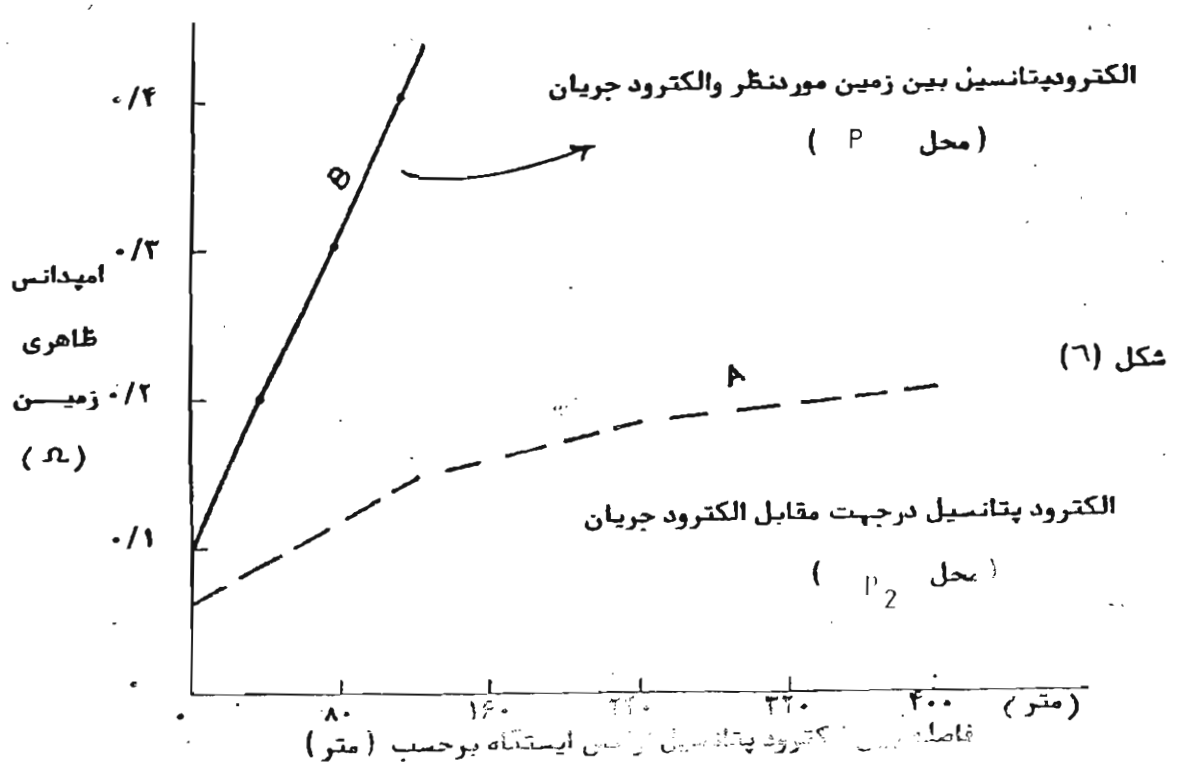
بنابراین برای رسیدن به‌نتیجه دقیق باید اندازه گیری راتارسیدن به یك قسمت پهن " Flat " ادامه داد ، برای رسیدن به این قسمت منحنی لازم است که‌الکترودجریان بطورموءثرخارج ازحوزه ءتاثیر زمین موردآزمایش قرارگیرد این موردراگاهی اوقات توسعه زمین ایستگاه هم می نامند ومعکن است فاصله‌هائی رادربرگیردکه افزایش پتانسیل ولتاژ اندازه گیری شده ء الکترود ولتاژ نسبت به شبکه ء زمین تحت آزمایش تحت تاءثیر تزریق جریان به زمین ناچیزباشد، واگرچه ازنظرتئوری این تاثیر بطورنامحدودادامه خواهدداشت ولی درعمل به علت اینکه به معکوس فاصله ازمحل زمین موردآزمایش بستگی داردداین اثربرای فواصل زیادقابل صرفنظرکردن‌است ،

این نکته مهم است که تئوری روش کاهش ولتاژ نشان میدهدکه باقرارگرفتن الکترودپتانسیل P درخلاف جهت الکترود C (نقطه P_2 شکل۴) غالبا" مقاومت ظاهری اندازه گیری شده حدپائین مقدارمقاومت واقعی رانشان میدهد ، وهنگامی که P درهمان جهت الکترود C ودورازآن (نقطه P_1 شکل۴) قرارگیرد محلی راخواهیم داشت که مقاومت واقعی رابه دست میدهد ، باید تاکیدشودکه‌اندازه‌گیر ی درطرف مخالف الکترود C (نقطه P_2) این مزیت رادارد که کوپلینگ بین هادیهای تست به حداقل مقداربرسد .

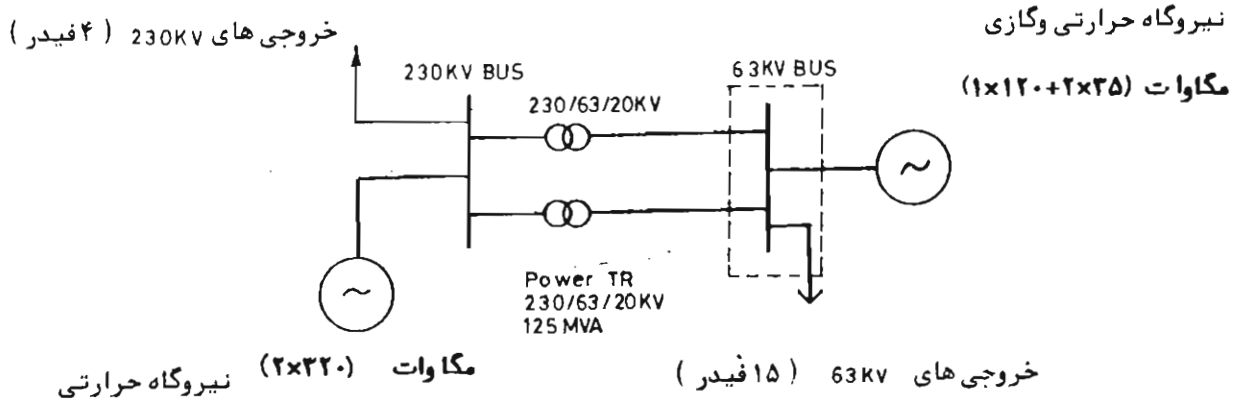
اگر به هردلیل فاصله ، زیادی بین P_2 و C (نسبت به الکترود زمین موردآزمایش E) ایجاد شود این امکان رابدست میدهد که بتوانیم حدپائین ، مقاومت واقعی شبکه E رابه دست آورد .

شکل ۶ منحنی مقادیر امپدانس های اندازه گیری شده ، زمین یك ایستگاه به ابعاد ۱۲۵m ×۱۵۰ m رابرحسب فاصله ازفنس ایستگاه رانشان میدهد وچون فاصله ، O ازمحل فنس منظورشده‌است بنابراین منحنی هابرروی شکل ازمقدارامپدانس فنس نسبت به زمین ایستگاه شروع شده اند ، منحنی B برای حالتی میباشدکه الکترود ولتاژ P بین الکترودهای E و C بوده ومنحنی A حالتی است که الکترود پتانسیل P درجهت مقابل الکترود C قراردارد .

آزمایش وجودزیستانس متقابل بین الکترود جریان وزمین ایستگاه رانشان میدهد ودلیل اینکه‌منحنی B به حالت levelout نمیرسد هم همین است ـ منحنی A به حالت levelout میرسد ومیتوان ازآن حدپائین مقدارامپدانس زمین رابدست آورد .



بدنبال حوادث واتفاقاتی که اخیرا" درتعدادی ازپستهای قدیمی تحت مدیریت برق منطقه ای اصفهان رخ دادوبرقگرفتگی تعدادی ازپرسنل وانفجاربرخی ازتجهیزات ازقبیل کلیدها، VT هاسکسیونرها ومقره‌های اتکائی وغیره رابدنبال داشت خصوصا" مشکلاتی که برای سوئیچ یارد ۶۳کیلوولت پست ۲۳۰/۶۳ کیلوولت اسلام آباد دریکی دوسال گذشته پیش آمد ، مارابرآن داشت تااین حوادث پیش آمده راموردارزیابی و تجزیه وتحلیل قراردهیم ، بمنظور آشنائی بیشتر خوانندگان باحوادث پیش آمده وهمچنین نشان دادن اهمیت کارازجهات فنی ، اقتصادی وایمنی چند نمونه ازگزارشات حوادث پیش آمده درپست اسلام آباد راکه ازدفتر گزارشات پست واطلاعاتی که اپراتور هائی که شاهد مطلب بوده‌اند دراختیار ماگذاشتند آورده میشود ، دراین گزارش هدف ارائه وبررسی بس بار ۶۳کیلوولت نشان داده شده ، درشکل (۷) میباشدکه دارای ۱۵ فیدر خروجی ۶۳کیلوولت است ونقاط حساس شهراصفهان وذوب آهن راتغذیه مینماید.



شکل (۷)

اکنون چند مورد ازحوادث پیش آمده مختصرا " درزیر آورده میشود .

تاریخ ۶۹/۱/۱۴

دراین تاریخ شب هنگام بدنبال یك اتصالی ازنوع فاز به زمین آرك های شدیدی همراه بانورزیاد محوطه ، سوئیچ یارد ۶۳ کیلوولت رافرامیگیرد وبرطبق گفته اپراتورهائی که درهنگام حادثه درپست بوده‌اند پس ازشنیده شدن صداهای مهیبی حفاظت های لازم عمل کرده وترانسفورماتورهای T_{11} و T_{12} وفیدرهای خروجی ۶۳ کیلوولت وبس باربی برق میشوند که پس ازبازدیدی که‌ازمحوطه انجام میگیرد ملاحظه میشود که دیژنکتورباس سکشتن بس بار ۱و۲ منفجر شده وهمچنین پایه های فلزی تعدادی ا زمقره های اتکائی بس بارها وسکسیونر ها ذوب شده وفروریخته اند که متعاقبا " بوسیله گروههای تعمیراتی سوئیچ یاردآماده ودرمدار قرارمیگیرد .

تاریخ ۶۹/۴/۱۶

تقریبا " دوروزبعد وبدنبال یك بارندگی تابستانی وپس ازیك اتصال کوتاه ترانسفورماتور T_{12} وباز بس بار ۶۳ کیلوولت ازمدارخارج میشوند که منجر به قطع فیدر ۲۵ تغذیه داخل واحدهای ۴ و۵ شده ونهایتا " واحدهای مذکور تریپ داده ازمدارخارج میشوند - بررسی‌های بعمل آمده ازسوئیچ یارد بازنشان دادکه تعداد ی ازمقره های اتکائی بس بار بعلت Flash over ناشی ازاتصال کوتاه که قاعدتا " زمان اعمال آنهاهم زیاد بوده ازبین رفته‌اند .

بعدا " نیز حوادثی چند اتفاق افتاده که ازآن جمله درتاریخ ۷۰/۷/۲۳ حادثه مشابه دیگری منجر به انفجارتعداددیگری ازتجهیزات وتریپ نیروگاه میشود که هرباره خاموشی های ممتدی راموجب شده‌اند .

سلسله حوادث پیش آمده مسئولین نیروگاه وبرق منطقه‌ای اصفهان رابرآن داشت تاپس ازجلسه ای مشترك مشکلات سوئیچ یارد وعلت حوادث پیش آمده رابطور دقیق موردتجزیه وتحلیل قراردهند ، پس از بازدیدهائی بعمل آمده ازسوئیچ یار د ملاحظه شد که تقریبا " اکثریت اتفاقات روی قسمتهای ۱و۲ بس بار متعلق به نیروگاه که قدیمی میباشند اتفاق افتاده ودراین رابطه مواردزیر قابل ارزیابی بود .

۱ - آلودگی ناشی ازنیروگاه تقریبا " سطح خارجی تمام مقره های اتکائی وایزولاتورتجهیزات راپوشانده بود ومقره های اتکائی وتجهیزات بکاررفته بطورکلی ازجهت فاصله خزش سطحی از آلودگی Creepagedistance مناسب برای چنین نیستند وبنابراین لازم است بطورمرتب وبا فاصله ، زمانی نه چندان طولانی وباروش مناسب سطح مقره‌هاشستشوشوند . که باانجام این عمل تعدادحوادث ذکر شده بشدت کاهش یافته اند .

۲ ـ تقریبا " تمام تجهیزات ومقره‌های اتکائی قسمتهای ۱ و۲ بس بار ازطریق بدنه ٔ استراکچرها زمین شده اند که باوجودتعدادزیادعضوهای پیچ ومهره ا ی درمسیر عبورجریان اتصال زمین وبنابراین مقاومت زیاد مسیرلازم‌است تمام تجهیزات بطورمستقیم توسط سیم بامقطع مناسب وباتوجه به مقدارجریان اتصال کوتاه فاز به‌زمین شبکه ٔ اصلی اتصال یابند چه سیم های مسی بکاررفته دارای سطح مقطع ۵۰ میلیمترمربع بوده که باتوجه به آمپر اژاتصال زمین 20 KA وزمان اتصال کوتاه بالا (بعلت وجودرله های قدیمی) لازم است سطح مقطع سیم هاحداقل برای ۲ ثانیه محاسبه گردد که بادرنظرگرفتن تقریبا " 10 cmil/A وآمپر اتصال کوتاه سطح مقطع لازم برابر $120\ mm^2$ خواهد بود.

۳ ـ اندازه گیری مقاومت شبکه ٔ زمین وولتاژهای گامی ، تماسی وانتقالی که این کاربرای اولین باردرشرکت برق منطقه‌ای اصفهان باتزریق جریان زیاد انجام شدکه گزارش ونتایج بدست آمده بدنبال خواهد آمد .

۴ ـ مورددیگر خورندگی های شبکه ٔ زمین خصوصا " درمحل اتصالات ناشی ازپیل گالوانیك ومواد کلر دارموجود درخاك بخصوص درفصل مشترك زمین وهوا بودکه درپاره ای اوقات منجر به ازبین رفتن رشته ها ی سیم های مسی وجداشدن بعضی ازآنهاازیکدیگر ونتیجتا " ضعف شبکه ارتینگ شده بودند.

۵ ـ چگونگی پیش بینی ونصب حفاظت های مناسب وسریع خصوصا " حفاظت بس بار.

اندازه گیری مقاومت شبکه ٔ زمین سوئیچ یارد ۶۳کیلوولت پست نیروگاه اسلام آباد به روش تزریق جریان بامقدار زیادبه زمین

****

باتوجه به اهمیت اندازه گیری دقیق مقاومت شبکه ٔ زمین سوئیچ یارد ۶۳کیلوولت همانطور که ذکرشد برای اولین بار درشرکت برق منطقه‌ای اصفهان وبراساس روشهای پیشنهادی توسط IEEE واستانداردهای دیگر ازروش تزریق جریان به مقدار زیاد به زمین واندازه گیری ولتاژ درنقاط مختلف استفا ده شد (به شکل شماره ٔ ۸ توجه فرمائید .)

برای این منظورخط ۶۳کیلوولت مینادشت باشماره ۲۱۰ بواسطه ٔ موقعیت مناسب آن که ازکنار ترانسفورماتور ۶۳/۲۳۰ کیلوولت T11 پست مذکوروهمچنین ازمسیر مناسب برای احداث شبکه ٔ زمین کمکی میگذشت انتخاب گردید.

بعنوان اولین اقدام پس ازبررسی های اولیه وبه علت موقعیت خاص پست بامسئولین نیروگا ه اسلام آباد وشرکت برق منطقه‌ای اصفهان هماهنگی های لازم بعمل آمد وچگونگی روش کار تشریح شد وپس ازکسب موافقت آنهابرنامه ریزی جهت انجام تست بعمل آمد . ودرفاصله ای برابر ۱۳۰۰ متر ازپست ، درکنار جاده درچه ودرمیان باغهائی که مسیر خط ازآنجامیگذشت ودرزمین به وسعت ۱۵۰ متر مربع باکوبیدن ده

عدد میله ارت ۱/۵ متری واتصال آنهابه یکدیگر شبکه ارت کمکی رابوجود آوردیم ، پس ازتکمیل کاردرچند نوبت مقاومت این شبکه رادرجهات مختلف اندازه گیری نمودیم که میانگین نتایج بدست آمده ، مقداری حدود ۲ اهم رابدست داد، پس ازآماده کردن وسائل وامکانات لازم وهماهنگی های مجددسرانجام کاراندازه گیری مقاومت زمین شروع شد. دراین آزمایش بمنظورپائین آوردن امپدانس هادیها، ابتداوانتهای فازهای خط ۶۳ کیلوولت شماره ۲۱ به هم بسته شد، ومطابق آنچه که درشکل ۸ آمده مدارمورد نیاز آماده گردید ، ازترانسفورماتورتغذیه داخلی پست که قدرت آن برابر با ۲۵۰ کیلوولت آمپربود بعنوان منبع تغذیه استفاده گردید وپس ازآن درحالت های مختلف وضعیت کلیدوضعیت ۱یا۲ بمنظورتغییر پلاریته ودرجهت عمود برخط وفواصل مختلف اقدام به اندازه گیری ولتاژ شبکه زمین پست درفواصل مختلف شدکه نتایج آن درجدولهای ۱ و۲ آمده است . این آزمایش چندین مرتبه با روش فوق برای صحت عمل انجام گردید وجداول فوق متوسط اعداد بدست آمده رانشان میدهند.

پارامتر های آمده درجدول ۱ و۲ بترتیب عبارتند از :

U_1 : ولتاژ خوانده شده برای حالتی که کلید شماره ۱ بسته باشد

U_2 : ولتاژ خوانده شده برای حالتی که کلید شماره ۲ بسته باشد

U_I : ولتاژ بدست آمده برای حالتی که هردوکلید بازباشد (ولتاژ مزاحم)

U_a : متوسط مقادیر فوق بااستفاده ازرابطه

$$U_a = \sqrt{\frac{U_1^2+U_2^2}{2} - U_I^2}$$

U : ولتاژ واقعی تولید شده باتوجه به مقدار جریان اتصال زمین بااستفاده ازرابطه

$$U = U_a X \frac{I_k}{I}$$

U_c : ولتاژ تماسی ایجادشده بااستفاده ازرابطه ، بالا به ازاء جریان اتصال زمین

U_E : حداکثر ولتاژ انتقالی درهنگام اتصال زمین

I : جریان تست که دراین آزمایش برابر ۱۱۰ آمپر بود

I_k : مقدار جریان اتصال زمین (روی باس ۶۳ کیلوولت نیروگاه اسلام آباد برابر ۲۰ کیلوآمپر)

تعیین مقاومت شبکه ٔ زمین

ازبررسی منحنی ولتاژ رسم شده درشکل (۹) ملاحظه میشود که ازفاصله ٔ ۴۰۰ متر به بعد شیب منحنی کم میشود که ازاین نقطه به بعدراناحیه اشباع منحنی می نامند چه دراین ناحیه تقریبا" شیب منحنی صفربوده بادورشدن ازمحل پست درمقدار ولتاژ تغییری حاصل نمیشود ٠ مقاومت شبکه ٔ سیستم زمین پست ازتقسیم ولتاژ اشباع برجریان تست بدست میآید بنابراین مقاومت شبکه ٔ زمین سوئیچ یارد ۶۳ کیلوولت برابر مقدارزیر خواهد بود ٠

$$R = \frac{V}{I} = \frac{3.63}{110} = 0.033\ \Omega$$

که مقدارقابل قبولی میباشد ٠

تعیین مقادیر ولتاژهای تماسی وگامی خطرناك

ازآنجائی که همیشه مقدارولتاژ گامی کمتر ازمقدارولتاژ تماسی میباشد ، تعیین مقدار ولتاژ تماسی کافی بنظر رسید واین مقادیر همانطوریکه در جدول ۲ آمده‌است برای سه نقطه اندازه گیری شد ٠

همانطو ریکه میدانیم مقدارمجازولتاژ تماسی ازرابطه ٔ $E_c = I_k\left(R_k + \frac{RF}{2}\right)$ بدست میآید که I_k جریان قابل تحمل برای بدن میباشد ومقدار آن برابر است با :

$$I_k = \frac{0.116}{\sqrt{t}}$$

همچنین مقاومت بدن $R_k = 1000\ \Omega$ و $R_F = 3\rho_s$ منظورمیشود ٠

لذا رابطه ٔ بالابه شکل زیر درخواهد آمد ٠

$$E_c = \frac{0.116}{\sqrt{t}}\left(1000 + 1.5\rho_s\right)$$

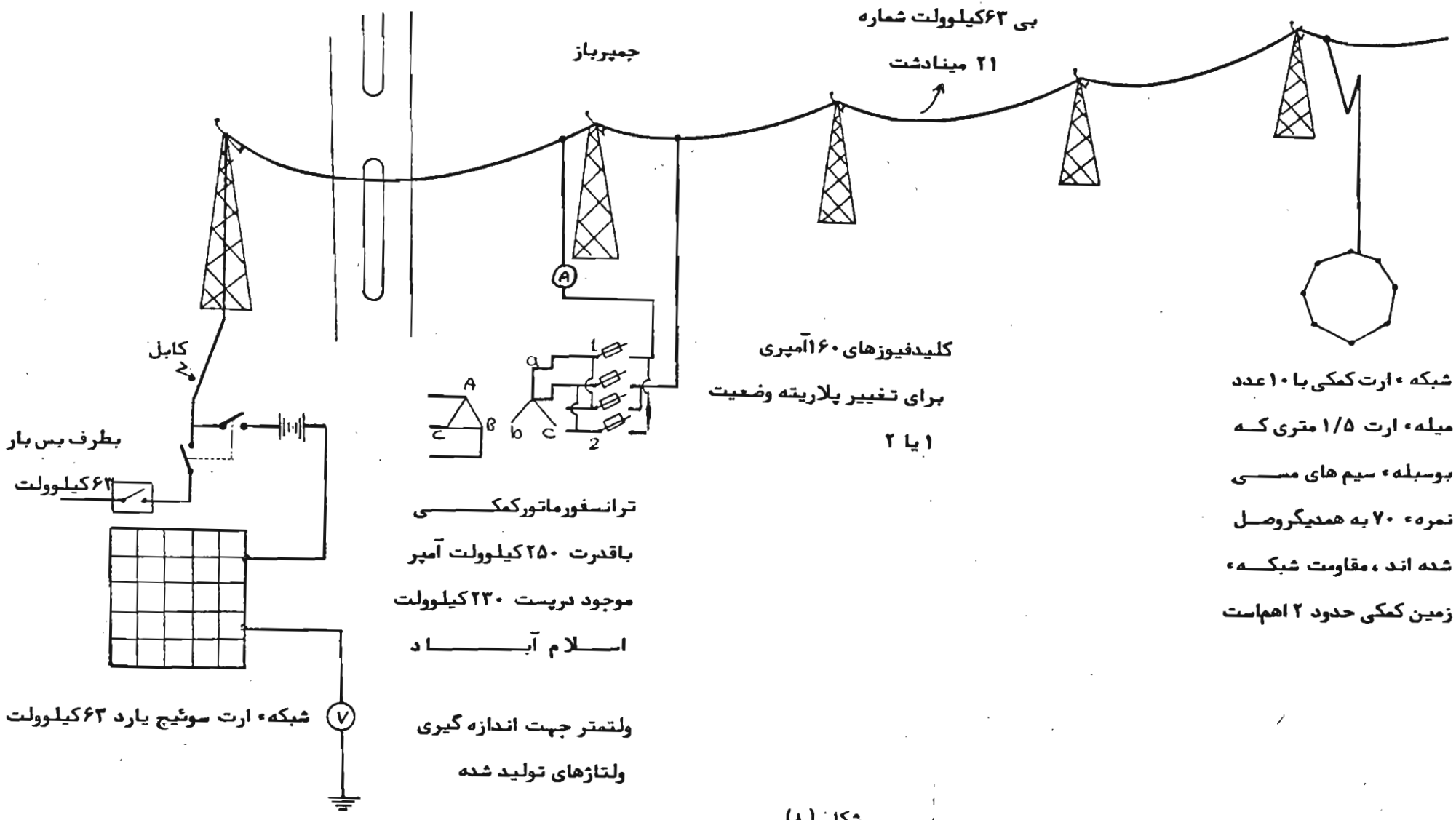
باتوجه به اینکه بیشتر رله های موج ودردپست ازنوع قدیمی بوده وازسرعت عملکرد بالائی برخوردارنیستند t زمان عملکرد رله‌ها را ۲ ثانیه برای ایمنی بیشتر درنظر میگیریم بنابراین مقدارمجاز ولتاژ تماسی قابل تحمل برای بدن برابرخواهدبودبا :

مقدارمجازولتاژتماسی $E_c = \frac{0.116}{2}(1000+1.5X3000) = 451$ ولت

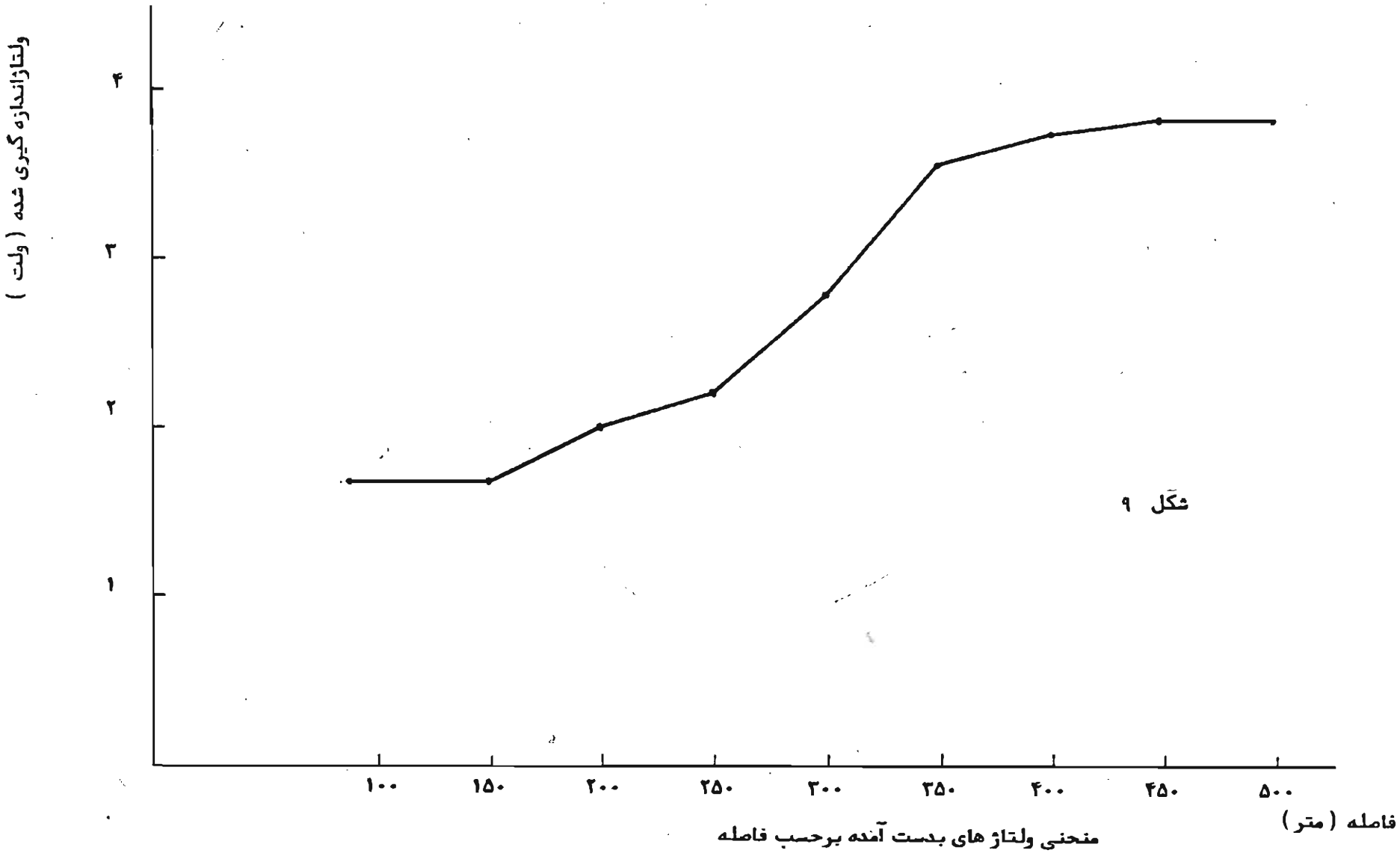
حال باتوجه به مقدارجریان اتصال زمین موجود درمحوطه ، پست ازرابطه‌زیر مقادیر ولتاژ تماسی رابرای محل های ذکر شده درجدول ۲ بدست میآوریم :

$$U_c = U_a X \frac{Ik}{I}$$

(مقادیر ولتاژ های تماسی واقعی برای نقاط اندازه گیری شده در جدول ۲ آمده است وهمانطورکه ملا حظه میشود ازمقدارمجاز کمتر میباشد .)


بی ۶۳کیلوولت شماره
۲۱ مینادشت
جمپرباز
شبکه ء ارت کمکی با ۱۰ عدد
میله ء ارت ۱/۵ متری که
بوسیله ء سیم های مسی
نمره ء ۷۰ به همدیگر وصل
شده اند ، مقاومت شبکه ء
زمین کمکی حدود ۲ اهماست
کلیدفیوزهای ۱۶۰آمپری
برای تغییر پلاریته وضعیت
۱ یا ۲
کابل
بطرف بس بار
۶۳کیلوولت
ترانسفورماتورکمکی
باقدرت ۲۵۰کیلوولت آمپر
موجود درپست ۲۳۰کیلوولت
اسلام آباد
شبکه ء ارت سوئیچ یارد ۶۳کیلوولت
ولتمتر جهت اندازه گیری
ولتاژهای تولید شده

شکل (۸)



شکل ۹

منحنی ولتاژ های بدست آمده برحسب فاصله

مقادیر ولتاژ های اندازه گیری شده ٭ شبکه ٭ زمین سوئیچ یارد ۶۳ کیلوولت اسلام آباد

برحسب فواصل مختلف

ملاحظات	I آمپر	U_E ولت	U ولت	U_a ولت	U_1 ولت	U_2 ولت	U_1 ولت	فاصله نقاط اندازه‌گیری شده ازشبکه ٭ زمین (متر)
	۱۱۰	۶۶۰	۳۲۷/۳	۱/۸	۰	۱/۸	۱/۸	۱۰۰
	۱۱۰		۳۲۵/۴۵	۱/۷۹	۰	۱/۸۴	۱/۷۵	۱۵۰
	۱۱۰		۳۷۲/۷۲	۲/۰۵	۰	۲	۲/۱	۲۰۰
	۱۱۰		۳۸۷/۲۷	۲/۱۳	۰/۰۱	۲/۰۵	۲/۲	۲۵۰
	۱۱۰		۴۹۱	۲/۷۰	۰/۰۲	۲/۲۵	۳/۱	۳۰۰
	۱۱۰		۶۰۵/۴۵	۳/۳۳	۰/۰۱	۳/۲	۳/۴۵	۳۵۰
	۱۱۰		۶۲۷/۲۷	۳/۴۵	۰/۰۱۵	۳/۳	۳/۶	۴۰۰
	۱۱۰		۶۴۳/۶۳	۳/۵۴	۰/۰۱۵	۳/۴	۳/۶۷	۴۵۰
	۱۱۰		۶۶۰	۳/۶۳	۰/۰۱۵	۳/۴۵	۳/۸۰	۵۰۰

جدول شماره (۱)

مقادیر ولتاژهای تماسی اندازه گیری شده برای فنس و ومجموعه کلیدهای دیزنکتور ۶۳کیلوولت

که اخیرا " به علت آرک واتصال زمین منفجر گردیده وفعلا " تعویض شده اند

ملاحظات	I	U_c	U_a	U_I	U_2	U_1	ولتاژ تماسی تجهیزات
	۱۱۰	۱۳۶/۳۶	۰/۷۵	۰/۰۰۵	۰/۷	۰/۸	فنس
	۱۱۰	۳۶/۱۸	۰/۱۹۹	۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۲	کلید ۶۳کیلوولت جنوب
	۱۱۰	۶۱/۹	۰/۳۴	۰/۰۰۲	۰/۳	۰/۳۷	کلید ترانسفورماتور واحد ۳ نیروگاه اسلام آباد

جدول شماره (۲)

نتیجه گیری

****

الف : همانطورکه اشاره شد باتوجه به‌میزان آلودگی های موجود لازم‌است مقره های ا تکائی وبطور کلی ایزولاتورهای تجهیزات درفاصله زمان نسبتا " کوتاه وباروش مناسب بانوع آلودگی شسته شوند.

ب : باتوجه به مقدار مقاومت ومقادیر بدست‌آمده برای ولتاژهای انتقالی ، تماسی شبکه ،ارت احداث شده (بجز اتصالات تجهیزات به‌زمین که بایستی حداقل ۱۲۰ میلیمتر مربع باشند وسیم های با مقاطع کمتر باید تقویت یاتعویض گردند) مناسب است ولی بهرحال برای پستهای قدیمی موجودباید شبکه ، ارت‌موجود باتوجه به گستردگی فعلی مقادیر گرادیانهای پتانسیل کنترل شده ودرصورت نیازطراحی مجدد شبکه ، ارت انجام گیرد وشبکه ، ارت موجود باتوجه به طرح جدید بازسازی واصلاح گردد.

ج : تمام تجهیزات ومقره های اتکائی قسمت های ۱ و۲ بس بارمربوطه به نیروگاه لازم است بوسیله ، سیم های مسی باسطح مقطع حداقل ۱۲۰ میلیمتر مربع مستقیما " به زمین اتصال یابند.

د : اندازه گیری مقاومت شبکه ، زمین وبازرسی وضع ظاهری شبکه ، ارت واتصالات بصورت پریودیك انجام گیرد وهادیهای خورده شده وازبین رفته بسرعت باهادیهای مناسب تعویض شوند.

هـ : کلیه شبکه‌های زمین پستهای فوق توزیع قدیمی موردبررسی دقیق قرارگرفته وشبکه ارت آنها به روش فوق اندازه گیری ودرصورت لزوم شبکه ارت بازسازی یاتجدید گر دد.

ی : باتوجه به اینکه شبکه‌های زمین درپستهای ۶۳/۲۰کیلوولت اثر مستقیم روی قابلیت وکارآئی شبکه‌های ۲۰کیلوولت وجریان وولتاژ گامی وتماسی وغیره دارند ، بنابراین باید بادقت بیشتری موردنظر قرارگیرد.

والسلام

منابع مورد استفاده

1 - B.B.C PAPER

2 - IEEE NO : 81/1983

3 - GROUNDING ELECTRODE CHARACTERISTICS (S.H.R ARMESTRONG)

4 - IEEE GUIDE FOR SAFETY AC SUBSTATION GROUNDING