

## آنالیز و بررسی سیستم‌های توزیع چهارسیمه

با در نظر گرفتن اتصال زمین چندگانه

جمال صیدی

قدرت مرادی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام

دانشگاه آزاد واحد ایلام

*E.mail:jamal\_mm@yahoo.com*    *tl:۰۹۱۸۸۴۲۵۷۱۰*

واژه‌های کلیدی: اتصال زمین، جریان خطا، افت ولتاژ، اضافه ولتاژ

### چکیده:

هدف اصلی از اتصال زمین در شبکه‌های توزیع، تثبیت ولتاژ شبکه و آماده‌سازی مسیری آسان برای گذر جریان خطا به زمین می‌باشد. اغلب اثر زمین کردن در بررسی سیستم توزیع نادیده گرفته می‌شود یا اهمیت کمی به آن می‌دهند. در این بررسی مشاهده می‌شود هنگام افزایش مقاومت اتصال زمین، ولتاژ نول در ابتدای فیدر اصلی کاهش یافته و در انتهای فیدر افزایش می‌یابد و جریان سیم نول در ابتدای فیدر زیاد شده و در انتهای آن کم می‌شود. جریان ناشی به زمین با افزایش مقاومت اتصال زمین کاهش می‌یابد. با افزایش مقاومت اتصال زمین هنگام خطای تک فاز به زمین موجب زیاد شدن دامنه اضافه ولتاژ و کم شدن دامنه افت ولتاژ می‌گردد. همچنین مقاومت خطای زمین تأثیر زیادی بر پروفیل ولتاژ هنگام خطای تک‌فاز دارد، بطوری که با افزایش مقاومت خطای زمین اضافه ولتاژ و افت ولتاژ کمتر خواهد شد. نتایج شبیه‌سازی اثر اتصال زمین در سیستم‌های توزیع را بخوبی نشان می‌دهد. این مقاله اثر زمین کردن بر کیفیت توان در سیستم‌های توزیع سه فاز چهار سیمه که به صورت نامتقارن بارگذاری شده‌اند را بررسی می‌کند. این بررسی شامل اثرات اتصال زمین سیستم بر روی ولتاژ

و جریان نول در عملکرد عادی شبکه و ولتاژ و جریان فازها هنگام خطای تک‌فاز می‌باشد.

### ۱- مقدمه:

سیستم‌های سه فاز چهار سیمه با اتصال زمین متعدد در شبکه‌های توزیع امروزی بخاطر حساسیت بیشتر حفاظت و رفع خطا نسبت به سیستم‌های سه فاز سه سیمه بصورت گسترده بکار برده می‌شود [۲،۱]. سیستم‌های چهار سیمه بعلاوه بارگذاری غیرمتقارن تحت شرایط نامتعادل کار می‌کنند. نامتعادلی برای عملکرد، قابلیت اطمینان و ایمنی سیستم خطرآفرین است. بنابراین دانستن مشخصات اصلی این شبکه‌ها برای طراحی و راهبری از سیستم ضروری است. اغلب از اثرات نول و اتصال زمین برای ساده‌سازی صرف‌نظر می‌شود، یا تأثیر آنها را فقط در امپدانس فازها در نظر می‌گیرند. تحت این شرایط اثرات سیم نول و اتصال زمین در خصوصیات سیستم منظور نمی‌شود. و در نتیجه ممکن است نتایج تحلیل نادرست باشند. سیم نول و سیستم اتصال زمین، بخش مهمی از

سیستم‌های توزیع چهار سیمه هستند. استفاده از سیستم اتصال زمین نول نه تنها بر عملکرد سیستم تأثیر می‌گذارد، بلکه برای ایمنی تأسیسات و انسانها موثر است. برای مثال جریان سیم نول ممکن است با سیستم‌های مخابرات و وسایل الکتریکی تداخل پیدا کند و تلفات سیستم را افزایش داده و حساسیت رله‌های خطای زمین را کاهش دهد. با این وجود زمین‌کردن سیستم روی جریان خطای زمین و افزایش پتانسیل زمین و جریان نشی به زمین تأثیر می‌گذارد. این مشکلات برای طراحی و عملکرد سیستم‌ها خیلی مهم هستند. نادیده گرفتن اتصال زمین سیستم و سیم نول باعث می‌شود تا قادر به بررسی دقیق این نوع از سیستم‌های توزیع نباشیم. در این مقاله از نرم افزار *MATLAB 7.0* برای شبیه‌سازی استفاده شده است. یک سیستم نمونه برای نشان دادن اثر اتصال زمین سیستم‌های سه فاز چهار سیمه با بارگذاری نامتقارن برای بررسی استفاده شده است. اثرات سیم نول و اتصال زمین سیستم بر روی ولتاژ و جریان نول و ولتاژ و جریان فیدر هنگام خطای تک فاز موضوعات مهمی هستند که در سالهای اخیر مورد توجه قرار گرفته‌اند. نتایج شبیه‌سازی شامل ولتاژها و جریان‌های فاز و نول افزایش پتانسیل زمین و ولتاژ و جریان خطای زمین است و این اثرات به صورت جزئی مورد بحث قرار می‌گیرند.

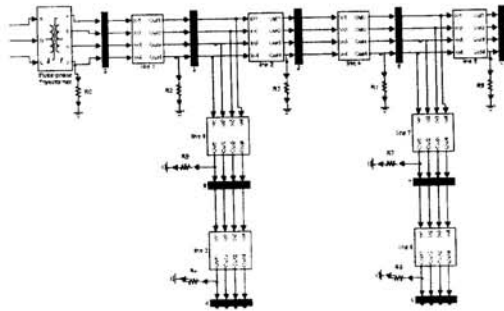
## ۲- شرح مدل نمونه:

یک سیستم توزیع سه فاز چهار سیمه که در فاصله‌های منظم زمین شده است. بعنوان سیستم نمونه در نظر گرفته شده در شکل‌های (۱) و (۲) آمده است. نقاط نمایش داده شده در شکل، ترانس‌های توزیع و بارها هستند، ۱۴ ترانس توزیع در این سیستم نمونه برای تغذیه مصرف‌کننده‌ها در طول فیدر توزیع در نظر گرفته شده است. مقادیر نامی ترانس‌ها و فازهای متصل شده در جدول (۲) آمده است. کلیه ترانس‌ها در بار نامی و در ضریب پس فاز ۰/۸ بارگذاری شده‌اند. جدول (۲) نشان می‌دهد که از ترانس‌های تک فاز بصورت گسترده استفاده شده است که باعث بارگذاری نامتقارن می‌شود. فیدر اصلی از یک ترانس ( $25\text{ MVA}$ ,  $KV$ , ۶۹/۱۱/۴) تغذیه می‌شود. پارامترهای فیدر اصلی و جانبی در جدول (۱) آمده است. اتصال زمین ترانس پست و نقاط سیم نول به ترتیب با مقاومت‌های  $1\ \Omega$  و  $25\ \Omega$  انجام شده‌اند. این مقادیر، اعداد

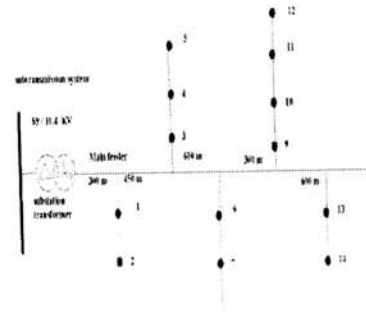
قابل قبول و توصیه شده‌ای هستند [۴]. نتایج شبیه‌سازی سیستم نمونه، اثرات زمین‌کردن و سیم نول در ولتاژها و جریان‌های سیستم توزیع سه فاز چهار سیمه را نشان می‌دهد. [۳]

## ۳- اثرات سیم نول:

سیم نول برای فراهم کردن اتصال بارهای تک فاز و اتصال زمین سیستم استفاده می‌شود. در سیستم‌های توزیع سه فاز چهارسیمه جریان‌های سه‌فاز با هم برابر نیستند و در نتیجه سیم نول جریان دار می‌شود. هنگام طراحی سیم نول معمولاً جریان سیم نول کمتر از جریان فاز در نظر گرفته می‌شود. با توجه به نتایج شبیه‌سازی، ماکزیمم جریان در انتهای فیدر می‌باشد که از پست خیلی دور است. از این رو بعضی مواقع سیم نول برای نصف یا حتی یک سوم جریان بار با توجه به ملاحظات اقتصادی طراحی می‌شود. شکل (۳) جریان سه فاز و نول را در فیدر اصلی نشان می‌دهد. دامنه جریان در هر قسمت فرق می‌کند. بعضی جریان‌های نول از جریان فازها بزرگتر است. این بخاطر اتصال زمین در طول فیدر است. در حقیقت جریان سیم نول به بارگذاری سیستم و عدم تقارن آن بستگی دارد. متعادل نبودن بارگذاری در طول فیدر باعث زیاد شدن جریان نول خواهد شد در صورتیکه بارگذاری در طول فیدر به طور قابل ملاحظه‌ای نامتعادل باشد جریان نول ممکن است از جریان فازها بزرگتر شود. جریان نول بزرگتر ممکن است باعث مشکلاتی در عملکرد سیستم گردد، بنابراین باید همیشه به جریان نول توجه کرد. هنگامیکه جریان از طریق سیم نول جاری می‌شود، در سیم نول باعث ایجاد ولتاژ می‌گردد. در گذشته اغلب سیم‌های نول هنگام بررسی سیستم‌های توزیع چهار سیمه نادیده گرفته می‌شدند و ولتاژهای سیم نول مورد ارزیابی قرار نمی‌گرفتند. تحت این شرایط ممکن بود ارزیابی درستی از ولتاژهای سیستم نداشته باشیم. شکل (۴) پروفیل ولتاژ سه فاز به زمین را در طول فیدر اصلی نمایش می‌دهد. این شکل بیان می‌کند که ولتاژ سه فاز در طول فیدر مشابه هستند، با این وجود نتایج شبیه‌سازی که در شکل (۴) آمده است، شرایط عملکرد واقعی سیستم را به طور کامل نمایش نمی‌دهد. در حقیقت بارها و وسایل الکتریکی تک فاز همیشه



شکل (۱) مدل سیستم و نحوه اتصال زمین

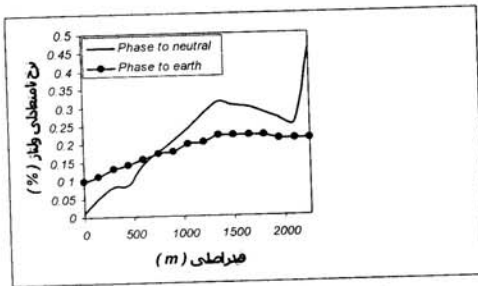


شکل (۲) مدل تک خطی سیستم

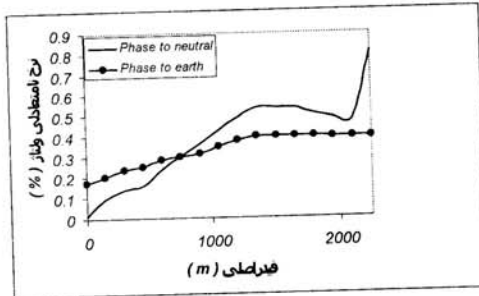
#### ۴ - اثر زمین کردن:

هدف از زمین کردن سیم نول در سیستم‌های توزیع، تثبیت ولتاژ شبکه و آماده‌سازی مسیری برای جریان خطای زمین می‌باشد [۵]. اتصال زمین چندگانه سیم نول به طور قابل توجهی قابلیت اطمینان سیستم را بالاتر خواهد برد. اتصال زمین مستقیم معمولاً بخاطر مسائل اقتصادی در سیستم توزیع اعمال می‌شود. در گذشته برای ساده‌سازی شبیه‌سازی از اتصال زمین سیستم صرف نظر می‌کردند. شکل‌های (۱۰) و (۱۱) پروفیل ولتاژ و جریان نول را بر حسب مقاومت اتصال زمین در طول فیدر اصلی نمایش می‌دهند. این شکل‌ها نشان می‌دهند که مقاومت اتصال زمین بر روی جریان و ولتاژ نول تأثیر می‌گذارد. شکل (۱۰) نشان می‌دهد که جریان نول با افزایش مقاومت اتصال زمین در انتهای فیدر افزایش می‌یابد. از طرف دیگر در قسمت اول نمودار با افزایش مقاومت، ولتاژ نول کاهش پیدا می‌کند. شکل (۱۱) نشان می‌دهد که مقاومت اتصال زمین کمتر، جریان نول کمتر را ایجاد کرده است. اما بعضی مواقع جریان‌های نول در بعضی قسمت‌ها هنگام افزایش مقاومت اتصال زمین کاهش پیدا می‌کند. مهندسين برق در گذشته هنگام بررسی جریان‌ها و ولتاژهای نول فقط به بارهای نامتقارن، اتصالات سیم پیچ‌های ترانس‌ها و هارمونیک‌ها می‌پرداختند. در حالی که برای بررسی دقیق باید آنها تأثیرات اتصال زمین سیستم را در نظر بگیرند. برای سیستم‌های توزیع با اتصال زمین چندگانه، جریان از طریق سیم اتصال زمین به زمین وارد می‌شود. که این جریان، جریان نشی زمین نامیده می‌شود. جریان‌های نشی زمین در سیستم توزیع با اتصال زمین چندگانه از طریق زمین جاری

بین فاز و نول متصل می‌شوند نه بین فاز و زمین. از این رو باید ولتاژ نول را در هر زمان در نظر گرفته شود. شکل (۵) ولتاژ سیم نول را در طول فیدر اصلی نشان می‌دهد. این شکل این واقعیت را بیان می‌کند که ولتاژ سیم نول صفر نیست و کاملاً متفاوت از جریان نول است. شکل (۶) ولتاژ فاز به نول را در طول فیدر اصلی نمایش می‌دهد. این شکل بیان می‌کند که ولتاژهای سه فاز نسبت به نول مخصوصاً در انتهای فیدر متفاوت هستند. نتایج ثابت می‌کنند که اثرات ولتاژهای نول قابل صرف نظر نیستند. چندین روش برای ارزیابی نامتعادلی ولتاژ وجود دارد. نرخ نامتعادلی ولتاژ ( $UVR$ ) با معادلات (۱) و (۲) که به ترتیب در  $IEEE.std. 449$  و  $IEC-1000-2-1$  تعریف شده، محاسبه شده است. شکل (۷) و (۸) نامتعادلی ولتاژ که با معادلات (۱) و (۲) در طول فیدر اصلی حساب شده را نشان می‌دهد. تفاوت زیادی بین دو نامتعادلی ولتاژ محاسبه شده برای فاز به نول و فاز به ارت وجود دارد. این شکل‌ها بیان می‌کنند که اثرات نول باید هنگام تحلیل سیستم‌های توزیع در نظر گرفته شوند. مسئله انحراف پتانسیل در خطوط توزیع خیلی مهم هستند. در این نمونه انحراف پتانسیل در سیستم توزیع زیاد بوده که ممکن است باعث شوک شود. شکل (۹) نحوه اتصال بارها را نشان می‌دهد این نوع سیستم بخاطر ملاحظات اقتصادی متداول است. چون سیم وسط یا یک ترمینال از ثانویه ترانس توزیع به نول اولیه وصل می‌شود ولتاژ نول ممکن است روی ولتاژ ثانویه تأثیر بگذارد.



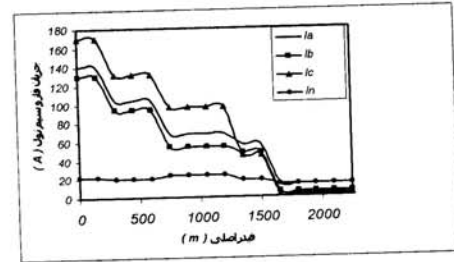
شکل (۷). نامتعادل ولتاژ که با معادله (۱)



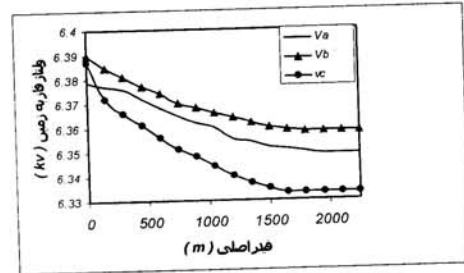
شکل (۸). نامتعادل ولتاژ که با معادله (۲)

جدول (۲) مقادیر نامی ترانسها

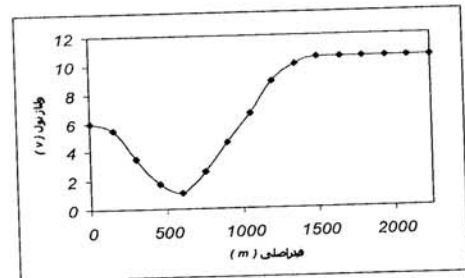
ردیف	ظرفیت (kVA)	ولتاژ ثانویه (V)	فاز
۱	۵۰۰	۲۲۰	A, B, C
۲	۵۰	۱۱۰	B
۳	۵۰	۱۱۰	B
۴	۵۰	۱۱۰	B
۵	۵۰۰	۲۲۰	A, B, C
۶	۱۰۰, ۱۰۰	۲۲۰, ۱۱۰	B, C
۷	۱۰۰, ۱۰۰	۲۲۰	A, C
۸	۱۰۰	۱۱۰	C
۹	۵۰۰	۲۲۰	A, B, C
۱۰	۱۰۰, ۱۰۰	۱۱۰, ۱۱۰	A, C
۱۱	۵۰	۱۱۰	C
۱۲	۵۰	۱۱۰	B
۱۳	۱۶۷, ۱۰۰	۲۲۰, ۱۱۰	A, B
۱۴	۵۰	۱۱۰	C



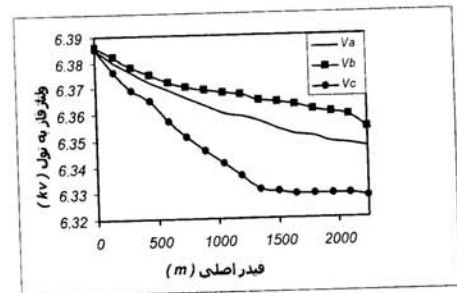
شکل (۳). جریان سه فاز و سیم نول در فیدر اصلی



شکل (۴). ولتاژ به زمین سه فاز در فیدر اصلی



شکل (۵). ولتاژ نول در فیدر اصلی



شکل (۶) ولتاژ نسبت به نول سه فاز در فیدر اصلی

جدول (۱) پارامترهای فیدر اصلی و جانبی

اصیدانس	فیدر اصلی		خطوط جانبی	
	نول	فاز	نول	فاز
مقاومت ( $\Omega$ ) KM	۰/۲۰۹	۰/۱۳۱	۰/۹۴۵	۰/۹۴۵
راکتانس ( $\Omega$ ) KM	۰/۳۲۸	۰/۳۶۴	۰/۳۵۵	۰/۳۵۵

$$UVR\% = \frac{\text{Max}\{|Va| - V_{avg}|, |Vb| - V_{avg}|, |Vc| - V_{avg}|\}}{V_{avg}} \times 100 \quad (1)$$

$$UVR\% = \frac{\text{Max}\{|Va| - |Vb|, |Vb| - |Vc|, |Vc| - |Va|\}}{V_{avg}} \times 100 \quad (2)$$

زمین در سیستم را نشان می‌دهد. نرخ افزایش جریان<sup>۳</sup> (*CIR*) بوسیله معادله (۴) بیان می‌شود این شکل نشان می‌دهد که نقاط اتصال زمین بیشتر، بخصوص برای خطا با امپدانس اتصال زمین کم باعث جریان خطای زمین بزرگتر خواهند شد. همینطور هنگامی که یک سیستم توزیع از نقطه نظر *GPR* مورد بررسی قرار می‌گیرد، معمولاً روی مقاومت خطا تمرکز می‌شود [۶]. شکل (۱۵) *GPR* را در طرف ثانویه پست بر حسب مقاومت خطای زمین هنگامی که خطای تک‌فاز به زمین مانند قبل اتفاق بیافتد را نشان می‌دهد. این شکل به طور آشکار بیان می‌کند که مقاومت اتصال زمین روی *GPR* تأثیر دارد. شکل (۱۶) مقدارافت ولتاژ و اضافه ولتاژ در طرف ثانویه ترانس پست بر حسب مقاومت اتصال زمین را نشان می‌دهد. شکل (۱۷) نرخ افزایش *GPR* در طرف ثانویه ترانس پست را بر حسب مقاومت اتصال زمین نشان می‌دهد. ولتاژ فاز به زمین هنگامیکه اتصال زمین با مقاومت  $15\Omega$  صورت گرفته ولتاژ مبنا است. نرخ افزایش ولتاژ<sup>۴</sup> (*VIR*) بوسیله معادله (۵) بیان شده است. این شکل نشان می‌دهد که مقاومت اتصال زمین در طول فیدر روی *GPR* تأثیر دارد که هنگام کاهش مقاومت اتصال زمین *GPR* در فاز *A* و *B* کاهش و در فاز *C* افزایش پیدا می‌کند و از طرف دیگر هنگام افزایش مقاومت اتصال زمین *GPR* در فاز *A* و *B* افزایش و در *C* کاهش می‌یابد. البته درصد اضافه ولتاژ هر باس رامی‌توان نیز بر حسب مولفه‌های توالی شبکه بدست آورد. کمیته‌ای از *IEEE* شکل (۱۸) را که درصد اضافه ولتاژ را در فازهای بدون خطا برای یک خط نسبت به خطای زمین در همان محل به عنوان تابعی از مقاومت توالی صفر ( $R_0$ ) و راکتانس توالی صفر ( $X_0$ ) و راکتانس توالی مثبت ( $X_1$ ) بدست آورده‌اند را نشان می‌دهد [۷].

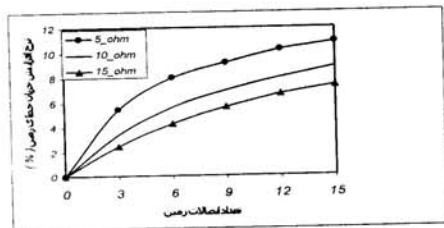
شده سپس به سیم زمین ترانس اصلی در پست برمی‌گردد. شکل (۱۲) پروفیل جریان نشتی به زمین برحسب مقاومت اتصال زمین را نشان می‌دهد دامنه جریان به طور قابل ملاحظه‌ای هنگام کاهش مقاومت زمین افزایش می‌یابد. در حقیقت جریان نشتی زمین نسبت معکوس با مقاومت اتصال زمین دارد. این جریان‌ها نه فقط با خطوط ارتباطی تلفن و تلویزیون تداخل پیدا می‌کنند. بلکه سلامتی انسان را هم به خطر می‌اندازد. جریان نشتی بزرگتر باعث خطرات بیشتر خواهد شد. در صورت صرف نظر کردن از زمین کردن در تحلیل و کار با سیستم‌های قدرت این مسائل مورد توجه قرار نمی‌گیرند. بنابراین باید اثرات اتصال زمین سیستم هنگام طراحی و نصب در نظر گرفته شود و سپس نقاط اتصال زمین سیستم به دقت انتخاب گردد. اتصال زمین سیستم همچنین بر جریان خطای زمین و افزایش پتانسیل زمین<sup>۱</sup> (*GPR*) تأثیر دارد. شکل (۱۳) نرخ کاهش جریان خطای زمین<sup>۲</sup> (*CDR*) بر حسب مقاومت زمین، هنگامی که یک خطای تک فاز به زمین در ۱/۵ کیلومتری پست در فیدر اصلی در فاز *B* اتفاق بیافتد را نشان می‌دهد. نرخ کاهش جریان خطای زمین بیان می‌کند که نه فقط مقاومت خطای زمین بلکه مقاومت اتصال زمین در طول سیم نول نیز بردامنه جریان خطای زمین تأثیر دارد. هنگامی که مقاومت اتصال زمین سیم نول افزایش می‌یابد جریان خطای زمین بخصوص در مورد خطای زمین شده با امپدانس کم کاهش پیدا می‌کند. در گذشته فقط روی مقاومت خطای زمین هنگام بررسی خطای زمین تمرکز داشتند و مقاومت اتصال زمین معمولاً مورد توجه قرار نمی‌گرفت. این کار ممکن است نتایج نادرستی در بررسی‌ها بدهد. با این وجود تعداد نقاط اتصال زمین نیز بر جریان خطای زمین تأثیر دارند. شکل (۱۴) نرخ افزایش جریان خطای زمین بر حسب تعداد نقاط اتصال

<sup>۳</sup> : current increment rate

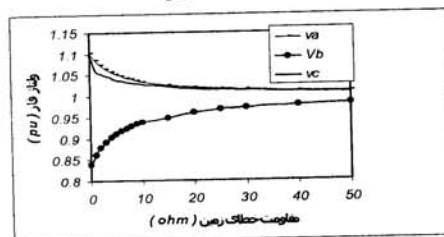
<sup>۴</sup> : voltage increment rate

<sup>۱</sup> : ground potential rise

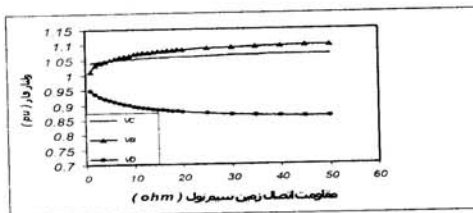
<sup>۲</sup> : current decadence rate



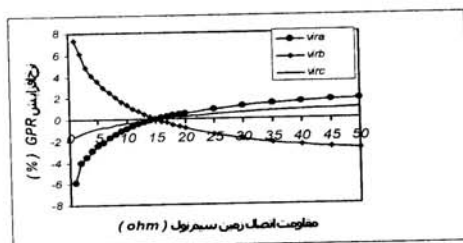
شکل (۱۴). نرخ افزایش جریان خطای زمین بر حسب تعداد نقاط اتصال زمین



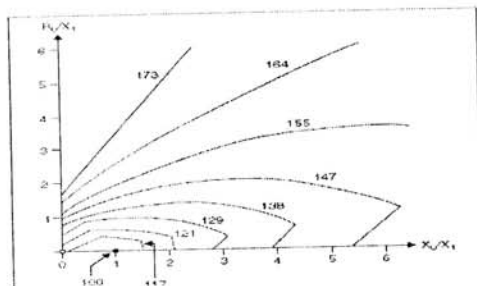
شکل (۱۵) GPR را در طرف ثانویه پست بر حسب مقاومت خطای زمین



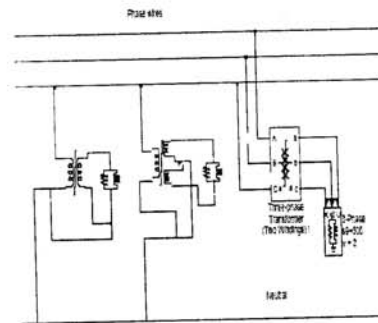
شکل (۱۶). افت ولتاژ و اضافه ولتاژ در طرف ثانویه ترانس پست را بر حسب مقاومت اتصال زمین



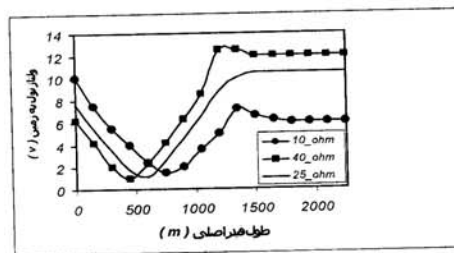
شکل (۱۷). نرخ افزایش GPR در طرف ثانویه ترانس پست بر حسب مقاومت اتصال زمین



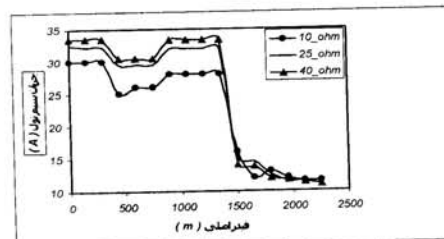
شکل (۱۸) درصد بیشبود ولتاژ بر حسب مولفه های توالی



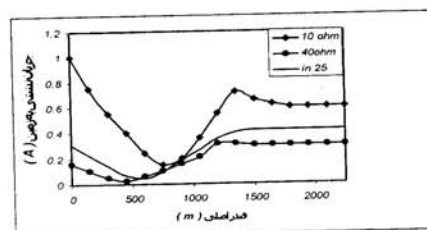
شکل (۹) نحوه اتصال بارها تک فاز و سه فازیه سیستم



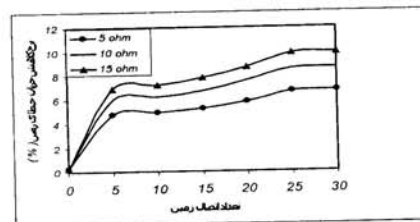
شکل (۱۰) ولتاژ نول را بر حسب مقاومت اتصال



شکل (۱۱) جریان نول را بر حسب مقاومت اتصال زمین

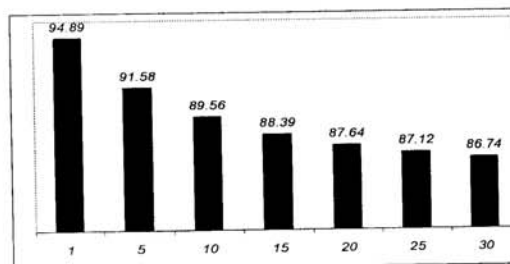


شکل (۱۲) جریان نشتی به زمین بر حسب مقاومت اتصال زمین

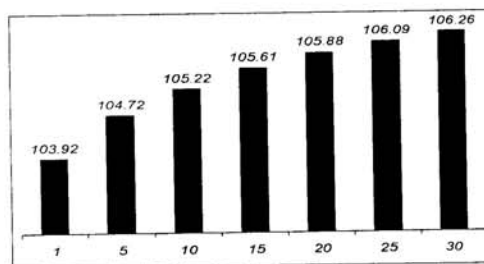


شکل (۱۳) نرخ کاهش جریان خطای زمین بر حسب مقاومت زمین

هرچند ما می دانیم عوامل زیادی در بهبود این پدیده مانند امپدانس ترانس، امپدانس خط، امدانس ترانس های پست و فاصله از محل خطا هم موثر هستند. وقتی مقامت زمین کاهش پیدا می کند دامنه افت ولتاژ بیشتر خواهد شد و تاسیسات این خط را کمتر حس خواهند کرد. که این نتیجه نیز در شکل (۲۱) آمده است. از شکل (۲۴) می توان دریافت که با کم شدن مقاومت اتصال زمین اضافه ولتاژ کمتری در هنگام خطا در تاسیسات و تجهیزات الکتریکی خواهیم داشت.



شکل (۲۱) درصد افت ولتاژ در طرف ثانویه ترانس پست بر حسب مقاومت اتصال زمین بر حسب اهم



شکل (۲۲) درصد اضافه ولتاژ در طرف ثانویه ترانس پست بر حسب مقاومت اتصال زمین بر حسب اهم

$$CDR\% = \frac{|IGRo| - |IGRN|}{|IGRo|} \times 100 \quad (۳)$$

**IGRo**: جریان خطای زمین هنگامی که امپدانس اتصال زمین صفر است است  
**IGRN**: جریان خطای زمین هنگامی که امپدانس اتصال زمین صفر نباشد  
**IGNo**: جریان خطای زمین هنگامی که اتصال زمین وجود ندارد.  
**IGNN**: جریان خطای زمین هنگامی که امپدانس اتصال زمین صفر نیست

$$CIR\% = \frac{|IGNN| - |IGNo|}{|IGNo|} \times 100 \quad (۴)$$

$$VIR\% = \frac{|V_{line}| - |V_{base}|}{|V_{base}|} \times 100 \quad (۵)$$

**Vline** ولتاژ خط

**Vbase** ولتاژ خط وقتی که امپدانس اتصال زمین ۲۵ اهم

ولتاژ و جریان اتصال کوتاه تک فاز در سیستم توزیع سه فاز چهار سیمه در این مقاله بررسی شده است. نتایج شبیه سازی نشان می دهند که هنگام افزایش مقاومت اتصال زمین ولتاژ نول در ابتدای فیدر اصلی کاهش و در انتهای فیدر افزایش

## ۵- نتیجه گیری:

هدف اصلی از اتصال زمین سیستم در شبکه های توزیع، تثبیت ولتاژ شبکه و آماده سازی مسیری برای گذر جریان خطا به زمین است. اثر زمین کردن بر شاخص های اضافه ولتاژ و افت

می‌یابد. جریان سیم نول و در ابتدای فیدر اصلی افزایش یافته در انتهای فیدر کاهش می‌یابد. همچنین جریان نشتی به زمین با افزایش مقاومت زمین کاهش می‌یابد. نتایج شبیه سازی نشان می‌دهد که با افزایش مقاومت سیستم اتصال زمین هنگام خطای تک فاز به زمین باعث افزایش دامنه اضافه ولتاژ و

کاهش افت ولتاژ برای ولتاژ شبکه خواهد شد. همچنین مقاومت خطای زمین تاثیر زیادی بر افت ولتاژ و دامنه اضافه ولتاژ، ولتاژ شبکه خواهد داشت بطوری که با افزایش مقاومت خطای زمین مقدار افت ولتاژ و اضافه ولتاژ کمتر خواهد شد.

## ۶-مراجع:

- [ ۱ ] راجر سی دوگان، مارک اف مک گرانهان، کیفیت توان سیستم های الکتریکی، دکتر جواد روحی، دکتر سید علی نبوی نیای، دکتر عبدالرضا شیخ الاسلامی، دانشگاه مازندران
- [ ۲ ] J.J.Burke, *Power Distribution Engineering-fundamentals and application*. Newyork marcel dekker, ۱۹۹۴, pp. ۱۶-۱۷
- [۳] Tasi-hsiang chen , Wen-Chen Yang , *Analysis of multi-Grounded Four-Wire Distribution System Considering the neutral Grounding,IEEE Transactions on Power delivery , Vol.۱۶, No ۴*
- [۴] *IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power System , IEEE Std. ۱۴۲-۱۹۹۱*
- [۵] J. C.Das And R.H Osman ,” *Grounding of AC and DC Low-Voltage and medium-voltage derive system , “ IEEE Tran . Industry Application , vol ۳۴,no.۱ , pp.۲۰۵-۲۱۶ ۱۹۹۸*
- [۶] *IEEE Recommended practice for Determining the Electrical Power Station Ground Potential Rise And Induced Voltage From a Power Fault , ANSI/ IEEE Std.۳۶۷-۱۹۸۷ ,*
- [۷] A.P. Sakis Meliopoulos , *Impact of Grounding System Desing On Power Quality, IEEE Power Engineering Review*۲۰۰۲