بسمه تعالی

هفتمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران

کد مقاله: DNEC130

نوع پذیرش : ارائه

استفاده از زمین به‌جای یک هادی شبکه سه‌فاز فشارمتوسط هوایی

محمدحسین میرزازاده
شرکت توزیع برق استان یزد

محمدمهدی جاودانی امیر شریف‌یزدی ابوالفضل اسدی
شرکت برق منطقه‌ای یزد

واژه‌های کلیدی : زمین، هادی، فاز، انرژی الکتریکی، انتقال

چکیده :

درحال‌حاضر برای انتقال انرژی الکتریکی در سطح ولتاژ ۲۰kv عموما" از سه‌خط هوایی به‌صورت سه‌فاز استفاده می‌شود.

درعین‌حال در چندکشور از جمله روسیه و استرالیا برای انتقال انرژی الکتریکی به فواصل نسبتاً دور با استفاده از زمین به‌عنوان یک هادی، از شبکه‌های تک‌فاز یک‌سیمه به‌جای شبکه‌های سه‌سیمه بهره‌گیری شده، در هزینه‌های انتقال و توزیع صرفه‌جویی قابل‌ملاحظه‌ای می‌نمایند.

همچنین مطالعاتی[1] در زمینه *استفاده از زمین به‌عنوان یک هادی در شبکه هوایی سه‌فاز* انجام شده است.

در این مقاله مبانی نظری و نتایج آزمایش‌های عملی یک تحقیق[2] در زمینه استفاده از زمین به‌عنوان یک هادی در شبکه‌های هوایی سه‌فاز فشارمتوسط ارائه می‌شود.

آزمایش‌های موفقیت‌آمیز انجام شده در ۴ سال گذشته کارایی روش را تأیید نموده‌اند. در آینده نزدیک نیز انجام آزمایش‌های تکمیلی موردنظر می‌باشند.

علاوه‌بر مزایای قابل‌ملاحظه اقتصادیِ استفاده از زمین به‌عنوان یک هادی (۳۰ تا ۴۰ درصد صرفه‌جویی در هزینه‌ها) ، استفاده از روش مذکور برای شبکه‌های سه‌فاز، به‌عنوان یک روش کاربردی جدید برای انتقال انرژی الکتریکی در سطح جهان می‌تواند اعتبار و ارزش خود را داشته باشد.

۱- مقدمه

انتقال توان الکتریکی عمدتاً توسط شبکه‌های سه‌سیمه سه‌فاز انجام می‌شود. دربرخی‌موارد هزینه‌های انتقال توان برای مناطق دور از محل تولید، مهمترین پارامتر در تصمیم‌گیری برای امکان تأمین برق آن مناطق می‌باشد. به‌همین دلیل کاهش هزینه‌های انتقال می‌تواند موجب تسهیل در تأمین برق مناطق دوردست مانند روستاهای پراکنده شود.

یکی از راه‌حل‌های تجربی کاهش این هزینه‌ها، استفاده از زمین به‌عنوان یک هادی شبکه‌های تک‌فاز می‌باشد که در چند کشور مختلف مورد استفاده قرار گرفته است.

در این مقاله ضمن بررسی فنی- اقتصادی شبکه‌های تک‌فاز یک‌سیمه با شبکه‌های تک‌فاز دوسیمه، شبکه‌های سه‌فاز دوسیمه نیز معرفی شده، نتایج آزمایش‌های مربوطه ارائه می‌گردد.

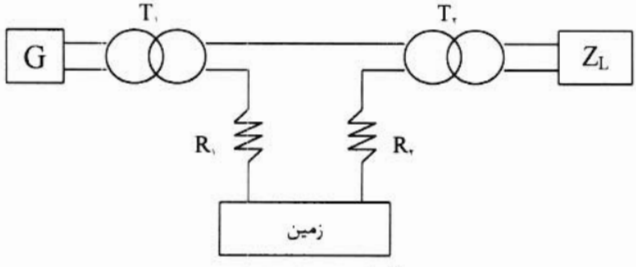
۲ - مشاهدات و سوابق تجربی موضوع

بنابر مشاهدات کارشناسان متعدد و اطلاعات موثق در مناطقی از کشورهای اتحاد جماهیر شوروی سابق [مانند جلفا]، فنلاند و استرالیا در مواردی انتقال انرژی الکتریکی به فواصل نسبتاً طولانی ، در سطح ولتاژ فشارمتوسط و حتی بالاتر (خط ۱۳۲K در فنلاند) به‌صورت تک‌فاز و تنها با استفاده از یک سیم انجام می‌شود.

همچنین در روسیه ، به‌جز مناطقی از سیبری که یخبندان زمستانی تا عمق زمین نفوذ کرده موجب اختلالاتی می‌شود، در بقیه مناطق مشکلی برای استفاده از این روش وجود نداشته است .

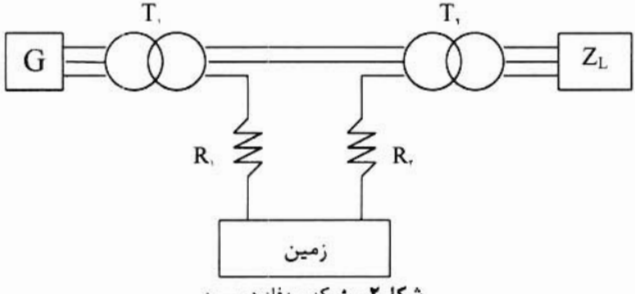
قابل ذکر است که در محل مصرف می‌توان انرژی را به‌صورت تک‌فاز یا سه‌فاز دریافت کرد.

نحوه انتقال در شکل ۱ نشان داده شده است:



شکل۱ - شبکه تک‌فاز تک‌سیمه

اما درمورد استفاده از زمین به‌عنوان یک هادی در شبکه سه‌فاز ؛ مطابق شکل۲ ؛ از نظر تئوری تنها مرجع [۱] یافته شد:



شکل۲ - شبکه سه‌فاز دوسیمه

۳ - بررسی مبانی علمی روش

یکی از اولین کارهای انجام شده پاسخ‌گویی به پرسش‌های ذیل بود :

آیا مبانی موضوع به‌صورت آکادمیک مورد ارزیابی قرار گرفته است ؟ آیا در زمینه شبیه‌سازی سیستم و تحلیل مسائل حفاظتی ، بررسی اختلاف‌فاز نسبی جریان فازها، نحوه پاسخ‌گویی تجهیزات حفاظتی به خطاها خصوصاً اتصال‌کوتاه و قدرت عایقی موردنیاز و ... کاری انجام‌شده است؟

با بررسی‌های اولیه طی جستجوی چندساعته روی CD های چندسال ازمقالات IEEE و ... (با لغات Earth ، Ground و Phase) حتی یک‌عنوان مقاله مرتبط با این موضوع پیدا نشد.

در ادامه جستجو، علی‌رغم مشاوره با صاحب‌نظران، بررسی مجلات علمی مرتبط با موضوع و یاری گرفتن از اساتید دانشگاه یزد و پیام‌گذاری در اینترنت برای کسب اطلاع درباره مبانی علمی موضوع، تاکنون به‌جز مرجع [۱] مرجع علمی دیگری دراین زمینه یافته نشده است.

به‌طور خلاصه به‌نظرمی‌رسد مبانی علمی این روش، در سطح دانشگاهی چندان بررسی نشده و عمدتاً به‌عنوان یک راه‌حل اقتصادی (آن هم فقط به‌صورت تک‌فاز) و در چند کشورخاص، برای انتقال انرژی الکتریکی به مناطق کم‌مصرف و دور از محل تولید مدنظر بوده‌است .

۴- ماهیت زمین ازنظر مقاومت الکتریکی و پتانسیل و نحوه اتصال الکتریکی

زمین را می‌توان مشابه شینه‌ای با سطح مقطع بسیار بزرگ درنظرگرفت که مقاومت بین هردو نقطه آن خیلی کم و عملا" حدود صفر می‌باشد .

ازآنجاکه بزرگی ابعاد زمین در مقایسه با دیگر تجهیزات ، درحد بینهایت فیزیکی است ؛ تأثیرپذیری و تغییر پتانسیل نسبی آن پس از اتصال به هر منبع تولید انرژی الکتریکی در سطح زمین ، منتفی می‌باشد . ازاین‌رو مبنای سنجشِ اختلاف‌پتانسیل، زمین است و در تعاریف آن را با پتانسیل صفر درنظر می‌گیرند.

به‌طورخلاصه ازنظر بررسی موردنظر، زمین یک هادی با مقاومت‌صفر و پتانسیل‌ثابت[صفر] می‌باشد.

در شبکه‌های الکتریکی، اتصال به‌زمین به‌وسیله الکترود با تمهیدات مربوطه انجام می‌شود .

اتصال الکترود به جرم‌کلی زمین همیشه همراه با مقاومت است (مقاومت الکترود زمین) که با روش‌های معمولی قابل اندازه‌گیری است.

مقاومت زمین بستگی به نوع زمین و چگونگی عبور جریان از طبقات آن دارد ولی به دلیل عبور جریان از عمق زیاد و تغییرات ناچیز مقاومت زمین به‌طور متوسط $0.05\Omega/km$ درنظرگرفته می‌شود. مقاومت زمین مصنوعی بسته به شرایط کار و جریان عبوری انتخاب می‌شود. سعی می‌شود افت ولتاژ الکتریکی در آن کم بوده و از ۵۰V تجاوز ننماید. استفاده از الکترود زمین بررسی ولتاژهای‌گامی ، تماس ، انتقالی و عیب را ایجاب می‌کند. روش‌های کاهش و حذف خطرات ولتاژهای مذکور در مراجع [۲]، [۳] و [۴] ذکرشده است.

۵ - بررسی نحوه انتقال انرژی از زمین

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده زمین به‌عنوان جایگزین هادی دوم استفاده شده است: یکی از خروجی‌های ترانسفورماتور تک‌فاز T_1 توسط الکترود به زمین متصل و با آن هم‌پتانسیل شده است. یکی از ورودی‌های ترانسفورماتور T_2 نیز توسط الکترود به زمین متصل شده ، مسیرجریان بسته می‌شود .

بافرض کوچک‌بودن R_1 و R_2 اختلاف پتانسیل و جریان عبوری و همچنین تجهیزات حفاظتی در سیستم تک‌فاز دوسیمه و شبکه تک‌فاز یک‌سیمه با تقریب بسیارزیادی یکسان می‌باشند .

درمورد سیستم سه‌فاز نشان داده شده در شکل ۲ مستقل از نوع اتصال ثانویه T_1 با اولیه T_2 (ستاره زمین نشده یا مثلث) یکی از خروجی‌های ترانسفورماتور T_1 توسط الکترود به زمین ایزوله وصل شده و دو فاز دیگر به طریق معمولی مرتبط هستند و برای بسته شدن مسیر جریان توسط هادی زمین ، یکی از ورودی‌های ترانسفورماتور T_2 توسط الکترود از زمین گرفته‌شده است. در این حالت نیز زمین ، تنها به‌عنوان یک هادی عمل می‌کند. ازنظر انتقال انرژی الکتریکی، سیستم سه‌فاز سه‌سیمه با این حالت تفاوتی ندارد. زیرا وضعیت نسبی

ولتاژ سه‌فاز تغییری نمی‌کند. ولی ازآنجاکه زمین و فاز متصل به زمین هم‌پتانسیل شده‌اند، اختلاف پتانسیل هر یک از فازهای دیگر با زمین، معادل ولتاژ خط می‌باشد . بنابراین نسبت به حالت سه‌سیمه، اختلاف پتانسیل دوفاز مذکور نسبت به زمین ۳ √ برابر می‌باشد . به‌همین دلیل درمواردی این دو سیستم اختلاف دارند که به برخی از تفاوت‌های آنها در بند ۷ مقاله اشاره می‌شود.

۶ -مزیت اقتصادی استفاده از زمین به‌عنوان هادی

یکی از مزایای عمده شبکه سه‌فاز نسبت به شبکه تک‌فاز توانایی انتقال قدرت بیشتر باتوجه به حجم سیم مصرفی شبکه تک‌فاز دوسیمه می‌باشد ، زیرا مقدارسیم شبکه سه‌فاز ۵۰٪ بیشتر از شبکه تک‌فاز دوسیمه است ولی ظرفیت انتقال انرژی الکتریکی آن ۷۳٪ (۳√برابر) بیشتراست . بنابراین نسبت به شبکه تک‌فاز دوسیمه مقرون‌به‌صرفه است . اما اگر همین شبکه تک‌فاز را به‌صورت یک‌سیمه داشته باشیم ، دیگر سیستم سه‌فاز مقرون‌به‌صرفه نیست ، زیرا نسبت به شبکه تک‌فاز ۳۰۰٪ سیم بیشتر و تنها ۷۳٪ ظرفیت بیشتر دارد . به‌عبارت دیگر شبکه تک‌فاز یک‌سیمه با ظرفیت حدود ۵۸٪ شبکه سه‌فاز، تقریبا" ۱/۳ هزینه آنرا خواهد داشت و انتقال انرژی الکتریکی با هزینه حدود ۰/۵۸ ≈ (۱۰۰/۵۸) × (۱/۳) شبکه سه‌فاز انجام می‌شود. (اگرچه برخی از هزینه ها مانند بهای تیرها ۱/۳ نخواهد شد ، ولی در بررسی کلی و باتوجه به نقش عمده بهای سیم در کل هزینه شبکه با تقریب خوبی می‌توان محاسبه فوق را پذیرفت)

درمورد شبکه دو سیمه شکل۲ نیز تقریباً ۱/۳ هزینه‌ها کم می‌شود و ظرفیت توان انتقالی هم تغییری نمی‌کند. (۱/۳سیم هوایی ومقره و رله‌های ارت‌فالت و اورکارنت و ... حذف ، و کراس آرم نصف می‌شود ، تیرهای کوچکتری هم مورد نیاز خواهد بود [هرتیر نسبت به تیر بزرگ‌تر حدود ۲۰٪ ارزانتر است] و یا با درنظرگرفتن استقامت مکانیکی تجهیزات دیگر، می‌توان فاصله بین پایه‌های خط انتقال را افزایش داد) بنابراین با تقریب قابل‌قبول می‌توان ۳۰٪ کاهش هزینه راپذیرفت.

به‌طور خلاصه شبکه تک‌فاز یک‌سیمه حدود ۴۰٪ و شبکه دوسیمه حدود ۳۰٪ ارزان‌تر از شبکه سه‌فاز سه‌سیمه با ظرفیت مشابه هستند.

۷ - بررسی تفاوت‌های فنی حالات استفاده از زمین به‌عنوان هادی

۱ - به‌طور کلی در شبکه تک‌فاز دوسیمه، افت ولتاژ و تلفات ناشی از جریان بار نه‌تنها در هادی فاز، بلکه در مسیر بازگشت نیز به‌وجود می‌آید و این ایراد، موجب ترغیب استفاده از شبکه‌های سه‌فاز سه‌سیمه می‌شده است[۵]. باتوجه به مقاومت ناچیز زمین، و با فرض مقاومت کم نقاط اتصال به‌زمین، درصورت استفاده از شبکه‌های تک‌فاز تک‌سیمه این ایراد عمده شبکه‌های تک‌فاز دوسیمه برطرف می‌شود. (مزیت)

۲ - در شبکه سه‌فاز دوسیمه رله‌های ارت‌فالت به‌دلیل افزایش ولتاژ بین فاز و زمین سریع‌تر عمل‌می‌نمایند. (مزیت)

۳ - در شبکه سه‌فاز بدون سیم خنثی معمولا" عایق‌ها تحت فشار الکتریکی فازی نسبت به زمین کار می‌کنند. در حالی که در اینجا اختلاف پتانسیل هر فاز نسبت به زمین ۳√ برابر حالت سه‌سیمه می‌باشد . این اختلاف می‌بایستی در بررسی و گزینش قدرت عایقی درنظرگرفته شود. [البته درسطح ولتاژ ۲۰ kv حساسیت چندانی دراین زمینه وجودندارد]

۴- ازنظر حفاظت در مقابل جریان زیاد یا اتصالی به دلیل اینکه تعریف اتصالی تک‌فاز به زمین (SLG) در حالت دوسیمه تغییر می‌کند، رله خطای زمین (Earth Fault) مانند حالت سه‌سیمه نمی‌تواند استفاده شود. اما اگر اتصالی بین فازهای دیگر به زمین به‌وجودآید، حفاظت در مقابل جریان زیاد یا اتصالی روی خط زمین شده یا فاز اتصالی عمل نموده و فرمان قطع را صادر می‌نماید. (به دلیل افزایش اختلاف‌پتانسیل فاز، جریان‌خطای فازبه زمین افزایش یافته و رله مربوطه سریع‌تر عمل می‌کند)

۵- باتوجه به عبور جریان از زمین، تأثیر حالت سه‌فاز دوسیمه بر روی خطوط ارتباطی نظیر تلفن از سیستم سه‌فاز سه‌سیمه بیشتر می‌باشد. ازاین‌رو، روش مذکور

عمدتاً برای انتقال انرژی الکتریکی به مناطقی با فواصل زیاد از محل تولید (بین شهرها) پیشنهاد می‌شود.

۶- باتوجه به اینکه مقاومت زمین نسبت به مقاومت سیم‌های دو فاز دیگر متفاوت است، ولتاژ در طول خط برای سه‌فاز یکسان نخواهد بود در نتیجه ولتاژ و فلوی ترانسفورماتور برای سه‌فاز کمی نامتقارن خواهد شد. البته این ایراد با انتخاب مناسب الکترود و نحوه مناسب اتصال به زمین تا اندازه‌ای کاهش می‌یابد. البته استاندارد نیز عدم‌تقارن ولتاژ را تاحدودی مجاز می‌داند.

به‌نظر می‌رسد مزایای اقتصادی بسیار مهم‌تر از مزایای فنی باشند . به‌عبارت دیگر همین مطلب که مشکل فنی خاصی بروز نکند و صرفه‌جویی اقتصادی زیادی شود ، یک مزیت بزرگ است .

۸ - آزمایش‌های انجام شده

کلیه آزمایش‌ها در کارگاه شرکت توزیع برق استان یزد اجرا شده است.

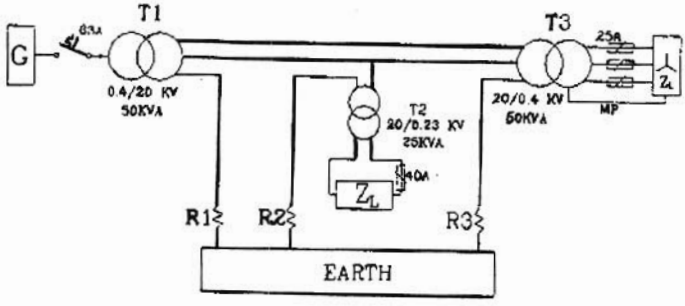
در سال ۱۳۷۶ یک آزمایش‌مقدماتی به‌شرح زیر انجام شد : مطابق مدار شکل ۱ انرژی الکتریکی با ولتاژ ۲۰kv به مسافت حدود ۱۰۰ m با استفاده از یک رشته کابل منتقل شد و بدون بروزمشکل درسمت ثانویه ترانسفورماتور ۲۰kv/۲۲۰v ولتاژ حدود ۲۳۵v یک لامپ ۱۰۰W و یک هیتر را روشن نمود.

همچنین آزمایش دیگری با زمین‌کردن یک فاز از سه‌فاز یک ترانسفورماتور سه‌فاز درحالی‌که مرکز ستاره آن از زمین جداشده‌بود، انجام گردید ؛ و هیچ‌گونه عمل‌کرد سیستم حفاظتی مشاهده‌نشد.

در سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ پس از احداث یک شبکه آزمایشی به‌طول ۱۱۰۰ m بررسی‌ها و آزمایش‌ها به حالت موردنظر نزدیک‌تر شدند.

دیاگرام تک‌خطی سیستم مورد آزمایش مطابق شکل ۳ می‌باشد.

منبع ورودی شبکه یک خط فشار ضعیف سه‌فاز ۳۸۰V با کلید ۶۳A است و همراه با رله‌مغناطیسی و حرارتی وصل شده است و از خروجی کلید به طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور T_1 وصل می‌شود. دو فاز خروجی ۲۰ KV ترانسفورماتور از طریق خط هوایی انتقال یافته و یک فازخروجی با مقاومت حدود ۹Ω (توسط الکترود زمین و چاهی به‌عمق حدود ۷۵cm) به‌زمین ایزوله وصل شده است.



شکل ۳ آزمایش تحت بار شبکه سه‌فاز دوسیمه با طول متوسط

یکی از ورودی‌های ترانسفورماتور تک‌فاز T_2 ازیک فاز هوایی و ورودی دیگر از زمین گرفته شده است. ($R_2=9\Omega$)

مشخصات ترانسفورماتور T_2 مشابه T_1 است. دو ورودی آن از طریق فازهای هوایی و ورودی دیگر از زمین گرفته می‌شود($R_3=10\Omega$) . طول شبکه حدود ۱۱۰۰ m می‌باشد

آزمایش بی‌باری : ابتدا شبکه شکل ۳ به‌صورت بی‌بار برق‌دارشد. به‌کمک فازمتر فشار قوی ، برق‌دار بودن دو فاز فشارقوی را آزمایش گردید.همچنین مطابق انتظار با نزدیک کردن فازمتر به فاز زمین شده به دلیل هم‌پتانسیل بودن با زمین، فازمتر عمل نکرد. حتی با دست نیز می‌توان این فاز زمین شده را لمس نمود (نمونه فیلم آزمایش و لمس نمودن فاز زمین شده در پنجمین نمایشگاه صنعت برق [خرداد۷۸] نمایش داده شد) در این حالت ولتاژها و جریان‌های سیستم به شرح زیر اندازه‌گیری شدند :

I_R=۴,۴A I_S=۴,۲A I_T=۴,۲A
I_N=۲,۵A V_{LL}=۳۹۳V V_{φ}=۲۲۶V

باتوجه‌به اینکه جریان بی‌باری ترانسفورماتور T_1 و T_2حدود ۲A (%۲,۸I_{FL}) و جریان بی‌باری ترانسفورماتور T_2 حدود ۳A می‌باشد. نتایج با دقت زیادی با جریان‌های بی‌باری محاسبه‌شده مطابقت دارد.

در آزمایش بی‌باری جریان فاز زمین شده در طرف خروجی زمین شده ترانسفورماتور T_1 اندازه‌گیری شد که به دلیل کم بودن جریان بی‌باری در طرف ۲۰KV ($\frac{42}{50}A$) و دقت آمپرمتر اندازه‌گیری (دقت ۰,۱A) آمپرمتر عددی را نشان نداد.

این آزمایش نشان می‌دهد جریان عبوری از زمین فقط به دلیل بسته‌شدن مسیر جریان مورد نیاز بی‌باری ترانسفورماتور T_2وT_2 بوده و مسیردیگری برای عبور جریان وجود ندارد، به همین دلیل جریان خیلی کمی از این مسیر عبور می‌کند.

آزمایش‌های تحت بار : بارها درطرف ثانویه ترانسفورماتور تک‌فاز T_2 شامل ۳ لامپ رشته‌ای و یک بارحرارتی (ظرف آب نمک و شمش مسی) می‌باشند. بارها درطرف ثانویه ترانسفورماتور سه‌فاز T_2 شامل ۳ لامپ رشته‌ای با اتصال ستاره و بارحرارتی (سه شمش‌مسی داخل یک ظرف آب‌نمک) است. بااتصال بارها به‌شبکه ، مقادیر جریان و ولتاژ ثانویه به‌شرح زیر اندازه‌گیری شدند :

I_{2T_2}=۳۳,۴A V_{2T_2}=۲۳۲V I_{1T_1}=۰,۴A

در حالت اتصال بار سه‌فاز به شبکه جریان و ولتاژ ثانویه T_2 به قرار زیر اندازه‌گیری شدند:

I_{2T_2}=۱۸A $V_{\varphi T_2}$=۲۲۶V I_{1T_2}=۰,۴A

در حالت بارداری و حضور کلیه بارها جریان و ولتاژ T_1 به قرار زیر اندازه‌گیری شدند:

I_{1T_1}=۳۳,۶A I_{NT_1}=۱,۵A I_{2T_1}=۰,۷A

نتایج آزمایش، مباحث‌نظری را تأیید می‌نمایند :

جریان عبوری از فاز زمین‌شده T_1 دقیقاً برابر جریان‌های ورودی به T_2 و T_2 ازطریق فازِ زمین‌شده است.

همچنین توسط اسیلوسکوپ زاویه فاز ولتاژها در طرف اولیه T_1 اندازه‌گیری شد و اختلافی در زاویه فازها در حالت سه‌سیمه مشاهده نگردید.

(عدم تغییر اختلاف زاویه فازها ، نکته جالب‌توجهی است که حتی در آزمایش‌های انجام شده با بارهای غیراهمی نیز مشاهده‌شده‌است)

آزمایش در فاصله طولانی : آزمایش در شبکه‌ای به طول ۱۴km بین نیروگاه ساغند و دهستان مغستان برای انتقال توان یک نیروگاه دیزلی به‌قدرت ۲۵۰KW با خروجی ۴۰۰V ازطریق یک ترانسفورماتور ۴۰۰V/۲۰KV انجام شده است . جریان عبوری از زمین در سطح ولتاژ فشارمتوسط در حالت بی‌باری ۰,۱A و در حالت تحت‌بار ۰,۴A بود . این مقادیر در هر دو حالت بی‌باری و تحت‌بار، در سمت ورود به زمین (نیروگاه)و سمت خروج از زمین(دهستان مغستان) یکسان بود . در حالت تحت بار جریان سمت فشارضعیف در محل مصرف روی فازها ۱۶ ، ۲۰ و ۹ آمپر اندازه‌گیری شده‌اند . همچنین مجدداً" در حالت تحت بار ، جریان سمت نیروگاه اندازه‌گیری شد و مجموع جریان بی‌باری ترانسفورماتورها و جریان مصرف دهستان مغستان به‌دست آمد.

به‌طور خلاصه می‌توان گفت آزمایش‌های ۲۰kv در فاصله کوتاه [۱۰۰m] ، متوسط [۱۱۰۰m] و طویل [14km] باموفقیت برای مقادیر بار محدود انجام شده ، نتایج محاسبات تئوری انتقال تأیید شده است .

۹ - توضیح درباره شبهه انتقال توان به زمین

تعمیم یک تصور نادرست درمورد ماهیت صاعقه و نیز جریان آب موجب تصور انتقال انرژی زیاد و نامحدود پس

از اتصال به زمین(مشابه جریان آب نشتی) می‌شود : برخی تصور می‌کنند صاعقه " *تخلیه بار الکتریکی یک ابر به زمین* " است ، درحالی‌که صاعقه " *تخلیه بار الکتریکی بین دو ابر* " است. درحالتی که فاصله هوایی دو ابر نسبتاً زیاد باشد، مسیر تخلیه بار الکتریکی از زمین بسته شده و دو صاعقه همزمان (در دونقطه مختلف زمین) رخ داده و به‌سرعت نور، بار الکتریکی تخلیه می‌شود. به‌عبارت دیگر یک صاعقه مفروض نمی‌تواند موجب تخلیه بار الکتریکی شود.

درمورد جریان الکتریکی نیز مشابه بار الکتریکی، انتقال انرژی الکتریکی نیازمند یک مسیر است و به‌صرف یک اتصال جریان برقرار نمی‌شود : پس از ارتباط الکتریکی و بسته شدن مسیر بین محل مصرف و محل تولید (که ممکن است از طریق زمین باشد) به‌اندازه نیاز محل مصرف انرژی الکتریکی منتقل می‌شود. جریان انرژی الکتریکی برخلاف جریان آب، با جابجایی الکترون‌ها انجام نمی‌شود، بلکه با انتقال سریع ضربه الکترون‌ها به‌یکدیگر صورت می‌گیرد. ماهیت این انتقال نیاز به مسیر بسته دارد و برخلاف ماهیت انتقال جریان آب تابع جاذبه زمین (جریان به سمت پایین) نیست و به‌صرف ارتباط با زمین، برقرار نمی‌شود.

به‌طورکلی میزان انتقال جریان‌الکتریکی یا بارالکتریکی به‌زمین ؛ ازسمت تولید ؛ بسته به‌میزان جریان یا بار موردتقاضا ؛ درسمت مصرف ؛ است و امکان انتقالِ بی‌حساب انرژی به‌زمین وجودندارد.

۱۰ - نتیجه‌گیری

باتوجه‌به وسعت ایران و نتایج به‌دست آمده درمورد امکان استفاده از زمین به‌عنوان یک هادی شبکه‌های تک‌فاز و سه‌فاز فشارمتوسط، بکارگیری این راه‌حل می‌تواند به نحو چشمگیری هزینه‌های انتقال انرژی الکتریکی را کاهش دهد.

محاسبات‌اقتصادی نشان می‌دهد شبکه تک‌فاز یک‌سیمه حدود ۴۰٪ و شبکه دوسیمه حدود ۳۰٪ ارزان‌تر از شبکه سه‌فاز قادر به انتقال انرژی الکتریکی هستند .

مراجع

۱- پ.ذواشتیاق ، " انتقال انرژی سه‌فاز متناوب با دو سیم و زمین در شبکه‌های برقی روستایی " ، نشریه شماره ۱۱ دانشکده فنی دانشگاه تهران ، مهر ۱۳۴۷

۲ - م.ح. میرزازاده ، ا. شریف‌یزدی ، " استفاده از زمین به‌عنوان یک هادی شبکه تک‌فاز و سه‌فاز فشارمتوسط هوایی" [پروژه تحقیقاتی با نظارت کمیته تحقیقات شرکت توزیع برق استان یزد] ، یزد ، ۱۳۷۸

۳- ع. صفرنورا... ، م.نوروزیان " اتصال زمین " ، جزوه آموزشی شرکت برق منطقه‌ای اصفهان

۴- م.سلطانی ، " تجهیزات نیروگاه " ، جلد دوم، انتشارات هنر، ۱۳۶۴

۵- م.رضایی‌ساروی،" مهندسی‌توزیع‌برق " ، (ترجمه " Electric Power Distribution System Engineering " نوشته Toran.Gonen [McGraw-Hill ۱۹۸۶])، مرکز نشردانشگاهی، ۱۳۷۵