



بروندادهای تخصصی

گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست

پژوهشگاه نیرو - گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست

سال پنجم، شماره ۱۷، تابستان ۱۳۹۹



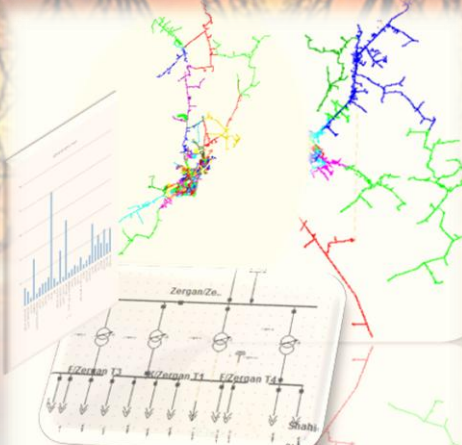
Electrical Power and Energy Systems

A survey on fault current limiters: Development and technical aspects

Authors: Amir Akbari, Amir Shokrgozar, Mehdi Shokrgozar, Saeed K. Ghobadipour

Abstract: This paper presents a survey on the development and technical aspects of fault current limiters (FCLs). The paper discusses the different types of FCLs, their operating principles, and their applications in power systems. It also reviews the current status of FCL technology and the challenges associated with their implementation.

Abstract: This paper presents a survey on the development and technical aspects of fault current limiters (FCLs). The paper discusses the different types of FCLs, their operating principles, and their applications in power systems. It also reviews the current status of FCL technology and the challenges associated with their implementation.



energies

Effects of Fast Elongation on Switching Arcs Characteristics in Fast Air Switches

Authors: Amir Akbari, Amir Shokrgozar, Mehdi Shokrgozar, Saeed K. Ghobadipour

Abstract: This paper is devoted to investigating the effects of high-speed elongation of air switch contacts on the characteristics of switching arcs. The paper discusses the different types of air switches and their applications in power systems. It also reviews the current status of air switch technology and the challenges associated with their implementation.

Abstract: This paper is devoted to investigating the effects of high-speed elongation of air switch contacts on the characteristics of switching arcs. The paper discusses the different types of air switches and their applications in power systems. It also reviews the current status of air switch technology and the challenges associated with their implementation.



به نام خدا

اعضای هیئت تحریریه:

مجتبی گیلوانژاد، فرشید منصوربخت، آرمان صفایی، علی کدیور، امیرحسین محمدزاده نیاکی و هادی نوروزی

اهداف و رویکرد:

«بروندادهای تخصصی گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست» با هدف ایجاد بستر مناسب برای تبادل اطلاعات مربوط به تجهیزات خط و پست به صورت داخل پژوهشگاهی منتشر می شود. این مجموعه از هرگونه پیشنهاد یا انتقاد برای هرچه بهتر شدن مطالب استقبال می کند و استفاده از مطالب آن با ذکر منبع بلامانع است. مسئولیت مطالب، مقالات و پژوهش های درج شده بر عهده نویسندگان است.

گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست

صاحب امتیاز: پژوهشگاه نیرو

مدیرمسئول: مجتبی گیلوانژاد

سر دبیر: هادی نوروزی

مدیر اجرایی: هادی نوروزی

گرافیک و صفحه آرا: هادی نوروزی

ویراستار: هادی نوروزی، آرمان صفایی

عکس روی جلد: هادی نوروزی

همکاران این شماره: مجتبی گیلوانژاد، آرمان

صفایی، فرشید منصوربخت، علی کدیور،

امیرحسین محمدزاده نیاکی، هادی نوروزی

همکاران گروه: مجتبی گیلوانژاد، فرشید

منصوربخت، آرمان صفایی، علی کدیور،

امیرحسین محمدزاده نیاکی و هادی نوروزی

همکاران معاونت پژوهشی: مسعود حسنی

مرزونی، نوشین فرودی

ناشر:

نشانی الکترونیکی: hnorouzi@nri.ac.ir

نشانی: تهران، شهرک غرب، انتهای بلوار

شهید دادمان، پژوهشگاه نیرو، گروه

تجهیزات خط و پست

تلفن: ۰۲۱-۸۸۵۹۰۱۷۳

• سخن سردبیر

۱

• شناسایی امکانات آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور به منظور نیاز سنجی و اولویت بندی
راه‌اندازی و توسعه آزمایشگاه‌های مورد نیاز

۲

• معرفی محورهای پژوهشی گروه و حوزه مطالعات شبکه‌های فشار قوی

۹

• خبر و گزارش

۱۷

• تازه‌های نشر-معرفی مقالات

۳۰

سخن سردبیر

سپاس خداوند را که هستی، نام از او یافت و خرد را بی میانجی حکمت آموخت تا او را بشناسیم که شناخت او، از شناخت خود و دنیای اطراف خود شروع می شود.

بدون شک یکی از ویژگی های عصر حاضر این است که نشر و تبادل اطلاعات همزمان با پیشرفت تکنولوژی و فناوری در زمینه های مختلف علمی، با سرعت زیاد در حال انجام است. در مورد سیستم های قدرت و تجهیزات مرتبط با آن نیز چه در زمینه تکنولوژی و چه در زمینه پژوهش ها و خدمات انجام یافته، تغییرات رو به جلو بوده و پیشرفت های زیادی در مراحل مختلف تولید تا توزیع و مصرف برق، شکل گرفته است. تجهیزات و فعالیت های مربوط به خط و پست نیز از این مقوله مستثنی نبوده و با توجه به اهمیت فراوان آن، در کارایی سیستم قدرت نقش بسزایی دارد.

پروژه ها و تحقیقات انجام شده در گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست پژوهشگاه نیرو، همواره در مسیر پیشرفت و در سطح فعالیت های پیشرو در دنیا می باشد. با توجه به اهمیت نشر و تبادل اطلاعات سعی شده است که این نشریه پژوهشی از انواع فعالیت های پژوهشی و تخصصی انجام شده در گروه باشد تا بتوان با استفاده از نشر این فعالیت ها در قالب گزارشات و مقالات، ارتباط مناسبی با گروه های مختلف داخل پژوهشگاه و همچنین سایر مراکز علمی و تحقیقاتی مثل دانشگاه ها برقرار کرد.

هادی نوروزی

گروه پژوهشی تجهیزات خط و پست

شروع پروژه

شناسایی امکانات آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور به منظور نیاز سنجی و اولویت بندی

راه‌اندازی و توسعه آزمایشگاه‌های مورد نیاز و تدوین برنامه و اقدامات لازم جهت توسعه

شبکه آزمایشگاهی

مدیر پروژه: آرمان صفائی

صنعت برق و انرژی کشور هر ساله جهت تامین نیاز مصرف کنندگان در حال توسعه می‌باشد. کیفیت بهره‌برداری از صنعت برق رابطه مستقیمی با کیفیت تجهیزات بکار رفته در آن دارد، بطوریکه در صورت استفاده از تجهیزات با کیفیت و دارای استانداردهای فنی مناسب، حجم سرمایه‌گذاری جهت توسعه صنعت برق کاهش یافته و همچنین کیفیت و قابلیت اطمینان این صنعت نیز افزایش می‌یابد. صنعت برق را می‌توان به سه حوزه تولید برق، انتقال نیرو و توزیع نیرو تقسیم بندی نمود. در نتیجه برای توسعه شبکه انتقال نیرو نیاز به استفاده از تجهیزات با کیفیت و با استانداردهای فنی بالا هستیم که این امر نقش آزمایشگاه‌های مرجع منطبق با استانداردهای معتبر را برای کنترل کیفیت تجهیزات حوزه انتقال نیرو را آشکار مینماید.

برای اطمینان از کیفیت تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق لازم است که این تجهیزات قبل از نصب و راه‌اندازی در شبکه، مورد آزمایش قرار گرفته و کیفیت آنها محرز گردد. سپس در صورت موفقیت در این آزمون‌ها مجوز نصب و راه‌اندازی آنها در شبکه صادر گردد. عدم وجود و یا تکمیل نبودن آزمایشگاه‌های

مورد نیاز حوزه انتقال در کشور سبب شده است که برخی از این آزمونها اصلا بر روی تجهیزات انجام نشده و یا در آزمایشگاههای کشورهای دیگر انجام پذیرد. از طرفی با توجه به محدود بودن منابع مالی، لازم است امکانات آزمایشگاههای داخل کشور شناسایی شده تا از صرف منابع برای خرید تجهیزات آزمایشگاهی که نمونه آنها در آزمایشگاههای داخل کشور وجود دارد، پرهیز شده و منابع مالی موجود بصورت بهینه مصرف گردند. همچنین به دلیل ورود تکنولوژیهای جدید و همچنین شرایط آب و هوایی نوظهور کشور، لازم است آینده پژوهی لازم به منظور تعیین آزمایشگاههای جدید مورد نیاز حوزه انتقال انجام گیرد.



از طرفی در کشور ما با وجود سرمایه‌گذاری زیاد در خرید تجهیزات پیشرفته و ایجاد آزمایشگاه‌های مختلف، همواره به دلیل ناکارآمدی سیستم خدمات‌دهی این آزمایشگاه‌ها، مشتریان با مشکل دسترسی به سرویس آزمایشگاهی مناسب مواجه بوده‌اند و تقاضا برای خرید تجهیزات جدید همیشه وجود داشته است. یکی از راهکارهای اجرایی مدیریت این موضوع، ایجاد شبکه‌ای جامع از توانمندی‌های آزمایشگاهی کشور در حوزه انتقال است. به همین منظور، تدوین و بروزرسانی برنامه و اقدامات مورد نیاز جهت توسعه شبکه آزمایشگاهی و نظام همکاری آزمایشگاه‌های حوزه انتقال امری ضروری است.



بنابراین با توجه به اهمیت این موضوع برای صنعت برق ایران، ضروری است امکانات آزمایشگاه‌های

داخل کشور در حوزه انتقال شناسایی شده و سپس نیازسنجی و اولویت‌بندی توسعه و راه‌اندازی آزمایشگاه-

های مورد نیاز در دستور کار قرار گیرد. برای این منظور ابتدا امکانات و توانمندی آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور شناسایی شده و بانک اطلاعاتی شامل امکانات و تجهیزات، آزمون‌های قابل انجام و ... تهیه می‌گردد. سپس با توجه به امکانات و محدودیت‌های آزمایشگاه‌های داخل کشور و آینده پژوهی لازم، آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز و تجهیزات مورد نیاز جهت توسعه آزمایشگاه‌های موجود تعیین می‌گردد و این تجهیزات آزمایشگاهی و آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز با توجه به معیارهای فنی و اقتصادی، اولویت-بندی می‌شوند و بودجه مورد نیاز جهت طراحی، تجهیز، راه‌اندازی و توسعه آزمایشگاه‌ها برآورد می‌گردد. در نهایت با بررسی نمونه‌های شبکه آزمایشگاهی در خارج کشور و انجام مطالعه تطبیقی، برنامه و اقدامات مورد نیاز جهت توسعه شبکه آزمایشگاهی و نظام همکاری آزمایشگاه‌های حوزه انتقال شامل برنامه و ساز و کار شبکه آزمایشگاهی و معیارهای ارزیابی دوره‌ای شبکه آزمایشگاهی، تدوین و بروزرسانی می‌گردد.

نتایج مورد انتظار و دستاوردهای جانبی :

- بررسی امکانات و محدودیت‌های آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور
- تهیه بانک اطلاعاتی از امکانات و آزمون‌های قابل انجام آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور
- نیازسنجی آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز و تجهیزات مورد نیاز جهت توسعه آزمایشگاه‌های

موجود

➤ اولویت‌بندی آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز و تجهیزات مورد نیاز جهت توسعه آزمایشگاه‌های

موجود

➤ بررسی نمونه‌های شبکه آزمایشگاهی خارج کشور

➤ تدوین و بروزرسانی برنامه و اقدامات مورد نیاز جهت توسعه شبکه آزمایشگاهی

➤ ارتقاء کیفیت کالا و تجهیزات حوزه انتقال نیرو بر اساس مقررات و استانداردهای کنترل کیفیت

➤ ایجاد امکان انجام تمام آزمون‌های نوعی تجهیزات حوزه انتقال در داخل کشور

➤ جلوگیری از خروج ارز از کشور

➤ ارتقاء جایگاه رقابت‌پذیری خدمات در منطقه

➤ فراهم نمودن زیرساخت اساسی برای ورود و ایجاد تکنولوژی‌های جدید در آینده

➤ ارتقاء پایداری شبکه برق و افزایش رفاه عمومی و حفاظت از محیط زیست

➤ حمایت از تولیدکنندگان تجهیزات حوزه انتقال

مراحل انجام پروژه

➤ بررسی امکانات آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور و تهیه بانک اطلاعاتی

➤ شناسایی مراکز آزمایشگاهی حوزه انتقال کشور موجود در صنایع، دانشگاه‌ها و مراکز

تحقیقاتی

➤ بررسی سوابق آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور

➤ بررسی آزمون‌های قابل انجام آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور

➤ بررسی امکانات آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور

➤ تهیه اطلاعات لازم جهت بروزرسانی بانک اطلاعاتی آزمایشگاه‌ها در بستر مرکز آبانیرو

شامل نام آزمایشگاه، امکانات و تجهیزات آزمایشگاه و (<http://labsnet.abaniroo.ir/>)

آزمون‌های قابل انجام

➤ نیازسنجی آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز و تجهیزات مورد نیاز جهت توسعه آزمایشگاه‌های

موجود

➤ تعیین فهرست، قیمت حدودی، سازندگان و تامین کنندگان تجهیزات مورد نیاز جهت

توسعه آزمایشگاه‌های حوزه انتقال کشور

➤ آینده پژوهی به منظور تعیین فهرست عناوین آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز با توجه به

فناوری‌های جدید

➤ تعیین فهرست تجهیزات اصلی، قیمت حدودی و پیمانکاران جهت راه‌اندازی

آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز

➤ اولویت بندی توسعه و راه‌اندازی آزمایشگاه‌های مورد نیاز حوزه انتقال

➤ تعیین معیارها و شاخص‌های اولویت‌بندی

➤ اولویت بندی تجهیزات مورد نیاز جهت توسعه آزمایشگاه‌های موجود

➤ اولویت بندی شده آزمایشگاه‌های جدید مورد نیاز

➤ تدوین و بروزرسانی برنامه و اقدامات مورد نیاز جهت توسعه شبکه آزمایشگاهی حوزه انتقال

➤ بررسی نمونه‌های شبکه آزمایشگاهی در خارج کشور

➤ بررسی سابقه موضوعی در داخل کشور و انجام مطالعه تطبیقی

➤ تدوین و بروزرسانی برنامه و ساز و کار شبکه آزمایشگاهی

➤ تدوین و بروزرسانی معیارهای ارزیابی دوره‌ای و الزامات جذب و انگیزش شبکه

آزمایشگاهی

معرفی محورهای پژوهشی گروه و حوزه مطالعات شبکه‌های فشار قوی

خطوط انتقال و توزیع نیرو

➤ فشرده‌سازی خطوط فشار قوی

➤ هادی‌های خطوط

➤ مطالعات خطوط EHVAC و UHVAC

➤ طراحی خطوط انتقال و توزیع DC

➤ نوسانات هادی‌ها و روش‌های میرا کردن

➤ آنها، یخ زدایی و روشهای رفع مشکلات برف

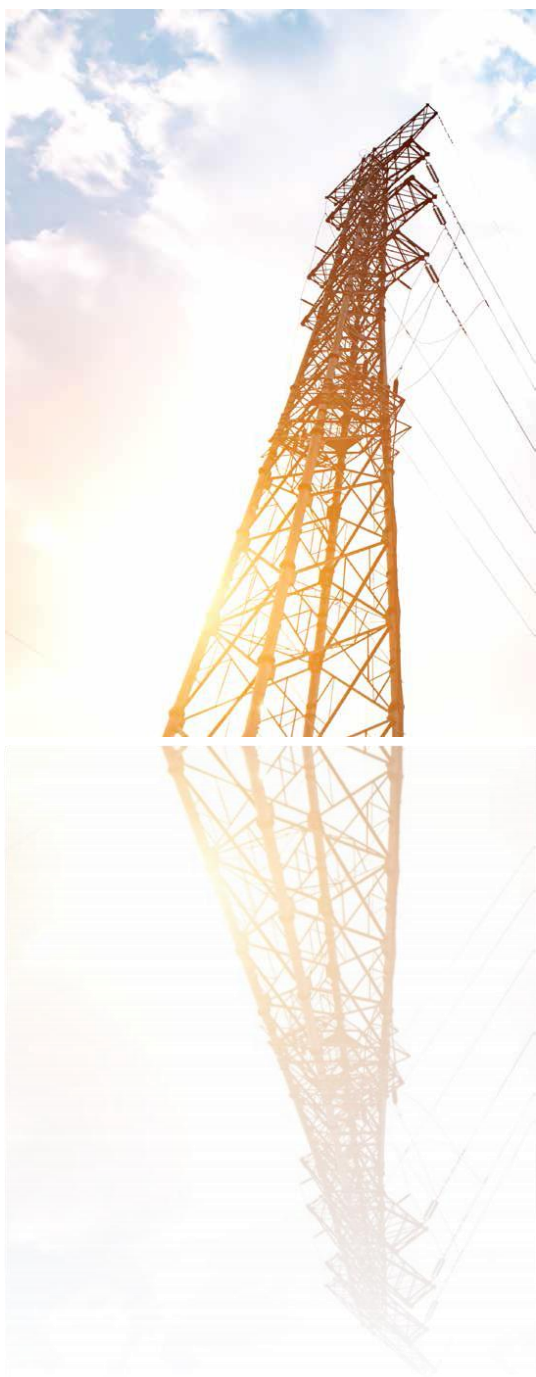
➤ گرفتگی خطوط انتقال

➤ خطوط گازی GIL

➤ مطالعات حریم خطوط انتقال و توزیع

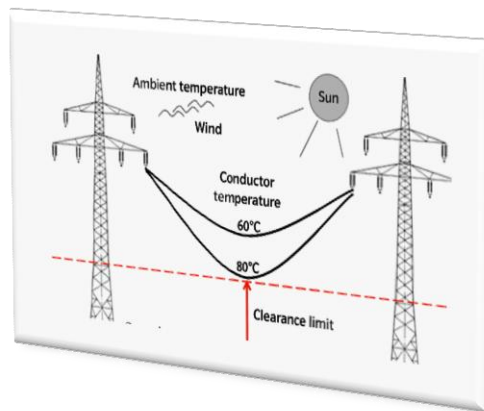
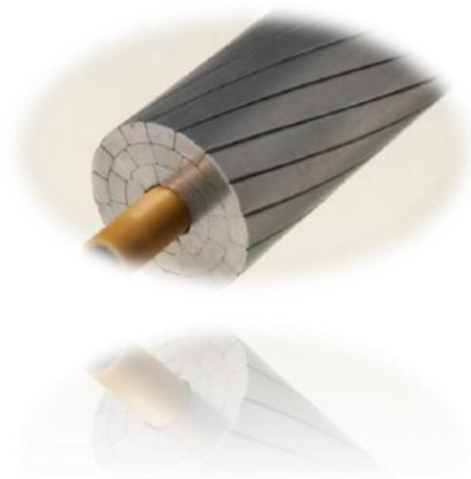
➤ پایش و بازرسی مکانیزه خطوط فشار قوی

➤ طراحی شبکه‌های توزیع



افزایش ظرفیت و مانیتورینگ خطوط انتقال نیرو

- روش‌های نوین مانیتورینگ آنالین خطوط انتقال و پستهای فشار قوی
- پایش مکانیزه خطوط با بهره‌گیری از پرنده‌های پروازی (بالگرد، پهباد، ربات و ...)
- سیستم‌های چند فازه
- استفاده از تجهیزات کمکی مانند فازشیفتر، اتوبوستر، خازن سری و غیره
- روش‌های ابتکاری نظیر باندهای غیر منتظم، هادیهای غیر دایروی و ...
- ارتقاء سطح ولتاژ (UPGRADING) & UPRATING
- مطالعه هادی‌های پر ظرفیت



پست‌های انتقال و توزیع نیرو

- طراحی پست‌های هایبرید، GIS و AIS
- روش‌های فشرده‌سازی پست‌های فشارقوی
- طراحی تابلوهای الکتریکی و بانک‌های خازنی
- پست‌های انتقال EHVAC و UHVAC
- طرح اتصال مولدهای تولید پراکنده به پست‌های فشار قوی
- پایش و مانیتورینگ پست‌های گازی



➤ ترانسفورماتورهای قدرت و اندازه‌گیری

- طراحی ترانسفورماتورهای متداول و نوین (نظیر نوع روغنی، خشک، آمورف، و...)
- تخمین و یا مدیریت عمر، پایش وضعیت (مشخصات عایقی چون تخلیه جزئی و پاسخ دی الکتریک و ...) و تعمیر و نگهداری
- روش‌های طراحی محدودساز جریان خطا
- طراحی ترانسفورماتورهای خاص نظیر ترانس‌های کوره‌های قوس، ترانس‌های نیروگاه بادی، راکتور، اتوبوستر و فازشیفر
- طراحی و ساخت تجهیزات اندازه‌گیری آزمایشگاهی
- طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ الکترونیکی
- طراحی و ساخت ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ متعارف و نوین با عایق‌های جدید
- طراحی و ساخت ادوات پایش و مانیتورینگ ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ



مطالعات شرایط محیطی بر تجهیزات فشارقوی

- تخمین عمر، پایش وضعیت، عیب یابی و ارزیابی میدانی و آزمایشگاهی مقره ها
- تاثیرات آلودگی بر استقامت عایقی و روشهای مقاوم سازی خطوط انتقال و توزیع نیرو

DC و AC

- تاثیرات آلودگی بر استقامت عایقی و روشهای مقاوم سازی پستهای انتقال و توزیع نیرو

DC و AC

- شرایط یخزدگی در مقره های آلوده، حفاظت در برابر جانوران و پرندگان

- انواع راهکارهای بهره برداری: مکانیزم های مختلف شستشو، پوشش های سیلیکونی،

کاورهای عایقی، چترک افزاها و بوستر شدها و ...

- نسل های جدید مقره، عایقهای جدید:

ساختارهای و طراحی های نوین، ساخت و

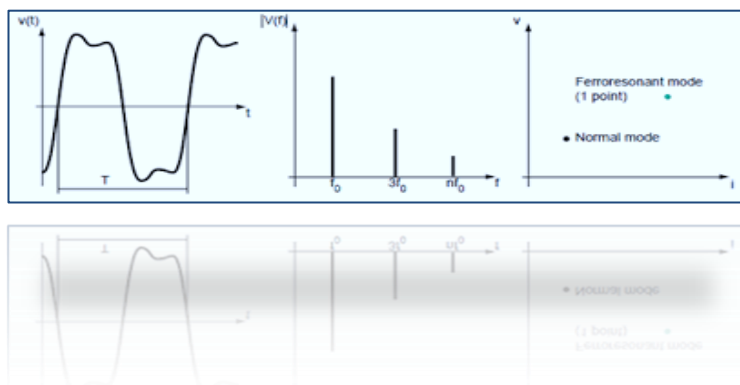
نمونه سازی

- مقره و پوشینگ های شبکه HVDC



مطالعات حالت گذرا

- مدل‌سازی حالت گذرای سیستم‌های قدرت
- تحلیل پایداری گذرا در سیستم‌های قدرت
- اضافه ولتاژهای موقت و هماهنگی عایقی
- ارزیابی و اندازه‌گیری حالت‌های گذرا
- مقابله با حالت‌های گذرا
- انواع حالات گذرای ولتاژی سیستم‌های قدرت در خطوط و پست‌های انتقال و توزیع
- انواع برقگیرها و جایابی تجهیزات حفاظتی خطوط و پست‌های رده انتقال و توزیع
- طراحی سیستم‌های حفاظت در برابر صاعقه
- هماهنگی عایقی در شبکه قدرت
- انتخاب روش، تعیین مشخصات فنی و جایابی تجهیزات حفاظتی



کلیدهای قدرت و ادوات کلیدزنی

- تجهیزات کلیدزنی نوین : انواع کلیدها، سکسیونرها، جداسازها و غیره
- مکانیزم‌های نوین خاموش‌سازی قوس، عایق‌های نوین
- شرایط مختلف کلیدزنی نظیر کلیدزنی راکتورها و بانک‌های خازنی یا شبکه کابلی
- مدیریت عمر
- پایش وضعیت، مانیتورینگ و تعمیر و نگهداری



شبکه‌های کابلی

- تخمین/مدیریت عمر انواع کابل‌های فشار قوی
- پایش وضعیت (مشخصات عایقی چون تخلیه جزئی و پاسخ دی الکتریک و ...) و تعمیر

و نگهداری

- ساختارهای و طراحی‌های نوین
- عایق‌های جدید
- مانیتورینگ ظرفیت شبکه‌های کابلی
- کابل‌های زیر دریایی
- تجهیزات و ملحقات شبکه کابلی: انواع سرکابل‌ها، مفصل‌ها و غیره

امکان‌سنجی فنی و اقتصادی تغییر سطوح ولتاژی شبکه فشار متوسط خوزستان به ۲۰

کیلوولت با در نظرگیری تغییرات پست‌های انتقال و فوق توزیع با هدف بهبود آماد و

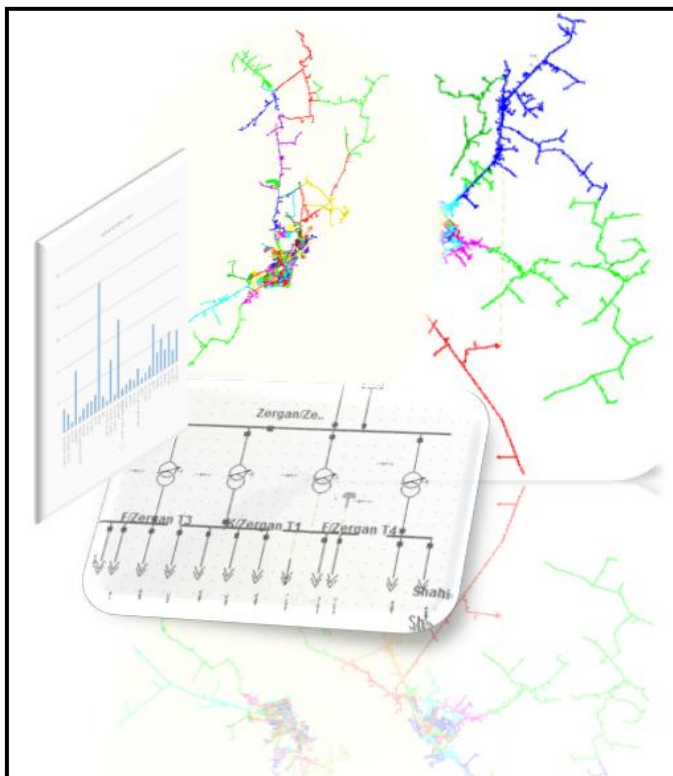
پشتیبانی شبکه در شرایط وقوع حوادث طبیعی سخت - فاز اول: شهر اهواز

مدیر پروژه: هادی نوروزی

یکی از چالش‌ها و معضلاتی که در شبکه برق ایران در سالیان اخیر به وجود آمده است، تغییرات اقلیمی و محیطی و اثرات آن بر روی سیستم‌های قدرت می‌باشد. پدیده گرد و غبار موسوم به ریزگردها از جمله مهمترین عوامل بروز حوادث و قطعی‌ها در چندین استان کشور به خصوص استان خوزستان می‌باشد که باعث ایجاد خاموشی‌ها و خسارت‌های متعدد به سیستم شده است. اما یکی از تفاوت‌های شبکه برق استان خوزستان نسبت به اکثر شبکه کشور تفاوت در سطوح ولتاژی سیستم می‌باشد بطوریکه شبکه در رده فشار متوسط در ایران معمولا دارای سطح ولتاژ ۲۰ کیلوولت می‌باشد اما استان خوزستان دارای ولتاژ متفاوتی بوده و در سطح ولتاژ ۱۱ و ۳۳ کیلوولت بهره‌برداری می‌شود. با توجه به اینکه در هنگام وقوع انواع حوادث و صدمات ایجاد شده در شبکه نیاز به جایگزینی و تغییرات در سیستم وجود دارد در نتیجه تنوع زدایی از سیستم می‌تواند یکی از راهکارهای مطلوب برای کاهش اثرات ناشی از انواع حوادث طبیعی می‌باشد. علاوه بر این موضوع با کاهش سطح ولتاژ ۳۳ کیلوولت به ۲۰ کیلوولت با توجه به اینکه ولتاژ نامی شبکه کاهش

پیدا کرده است، در نتیجه تعداد خطاهای ناشی از بروز شکست الکتریکی ناشی از ریزگرد به علت افزایش تحمل الکتریکی در حالت نامی، می‌تواند کاهش یافته و قابلیت اطمینان سیستم بالا رود.

در مراحل این پروژه در ابتدا به بررسی مشکلات ناشی از وقوع گرد و غبار پرداخته شده و راهکارهای کلی موجود برای مقابله با انواع حوادث طبیعی بیان شده است، همچنین توجیه‌پذیری تغییر سطوح ولتاژی مورد بررسی قرار گرفت. مشخصات و وضعیت موجود شبکه فشار متوسط شهر اهواز از قبیل نوع و تعداد ترانسفورماتورها، نوع هادی‌ها، تلفات شبکه، مقادیر افت ولتاژ، مشخصات پست‌های فوق توزیع و انتقال تغذیه کننده شبکه فشار متوسط و سایر موارد بیان شد.

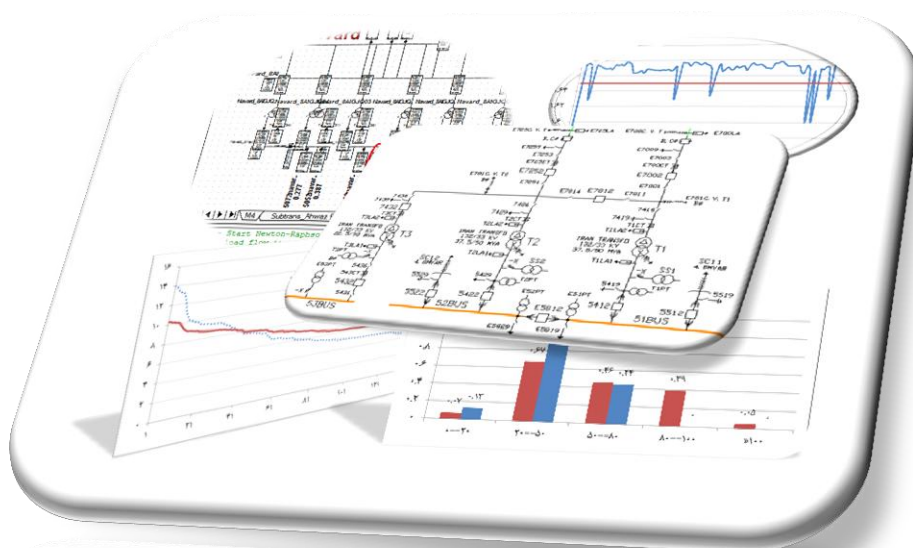


انواع تجربیات مختلفی که در زمینه تغییرات و اصلاح شبکه‌های فشار متوسط در دنیا انجام شده است بیان گردید. تمرکز اصلی در مطالعات انجام شده بر روی تغییرات سطوح ولتاژی فشار متوسط بوده و مواردی نظیر کاهش سطوح ولتاژی از دو سطح ولتاژ به یک سطح ولتاژ، افزایش سطح ولتاژ، تغییرات ساختاری شبکه توزیع با هدف تقویت شبکه موجود، توسعه شبکه برای برقرسانی با توجه به افزایش میزان تقاضا، افزایش قابلیت اطمینان شبکه و سایر مواردی از این قبیل، مورد بررسی قرار گرفت. کشورهایی که در این پروژه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند دارای تنوع از لحاظ ناحیه جغرافیایی بوده و هم شامل کشورهای اروپایی از قبیل انگلستان، فنلاند و یا اسکاتلند بوده و هم شامل کشورهای آفریقایی و آسیایی نظیر چین، نپال و غنا می‌باشد. همچنین به صورت موردی چند نمونه از مطالعاتی که در زمینه انتخاب سطح ولتاژ مناسب برای شبکه فشار متوسط صورت گرفته است آورده شد. از جمله مهمترین تجربیات مورد بررسی قرار گرفته می‌توان مطالعات جایگزینی شبکه کاونتری، تجربه تغییر سطح ولتاژ توزیع شبکه جنوب غربی فنلاند، تقویت شبکه توزیع شمالی در بریتانیا، گسترش و تقویت شبکه توزیع ولتاژ متوسط در کشور کوزوو، پروژه تقویت و گسترش شبکه توزیع غنا، مطالعه و بررسی تغییر سطوح ولتاژ در چین، مطالعه و بررسی تغییر سطوح ولتاژ دره کاتماندو-نپال و ترکیه، اشاره کرد.



در ادامه مراحل پروژه برای هر کدام از پست‌های فشار متوسط شهر اهواز و به تفکیک فیدرها، تغییر سطح ولتاژ شبکه به ۲۰ کیلوولت بررسی شده و امکان‌سنجی فنی این مطالعه از لحاظ ابعاد مختلف مورد تحلیل قرار خواهد گرفت. شبکه توزیع فشار متوسط شهر اهواز که از دو بخش غرب و شرق تشکیل شده است، دارای سطوح ولتاژ ۳۳ و ۱۱ کیلوولتی می‌باشد. پست‌های فوق توزیع دارای ترانسفورماتورهای ۱۳۲ به ۱۱ و ۳۳ کیلوولت می‌باشد که فیدرهای ۳۳ و ۱۱ کیلوولتی از آنها خارج می‌شود. البته داخل شبکه توزیع ترانسفورماتورهای ۳۳ به ۱۱ کیلوولتی وجود دارد که برخی فیدرهای ۱۱ کیلوولت با استفاده از آنها ایجاد می‌شوند. همچنین برخی از فیدرهای توزیع از بخش انتقال انشعاب گرفته شده‌اند در واقع این فیدرها با استفاده از ترانسفورماتورهای ۲۳۰ به ۳۳ و ۱۱ کیلوولت ایجاد می‌شوند. تعداد ۲۸ پست فوق توزیع و انتقال، تغذیه شبکه فشار متوسط بخش شرق را بر عهده دارد. از این پست‌ها در مجموع ۱۶۶ فیدر فشار

متوسط خارج می شود که ۲۹ فیدر سطح ولتاژ ۱۱ کیلوولت و ۱۳۷ فیدر ۳۳ کیلوولت می باشد. همچنین تعداد ۱۸ پست فوق توزیع و انتقال، تغذیه شبکه فشار متوسط بخش غرب را بر عهده دارد. از این پست ها در مجموع ۱۳۱ فیدر فشار متوسط خارج می شود که ۳۹ فیدر سطح ولتاژ ۱۱ کیلوولت و ۹۲ فیدر ۳۳ کیلوولت می باشد.



از مهمترین چالش‌هایی که برای این شبکه در مورد تغییر سطوح ولتاژی وجود داشت عبارت بودند از:

✚ جایگزینی تجهیزات با توجه به مشخصات جدید

با تغییر سطح ولتاژ شبکه نیاز است که برخی از تجهیزات سیستم، برای آنکه با شرایط جدید سازگار باشند تغییر کرده و تجهیزاتی با مشخصات جدید جایگزین آن شود. به عنوان نمونه ترانسفورماتورها چه در سمت فوق توزیع و چه در سمت توزیع با توجه به تغییر سطح ولتاژی که دارند نیاز است که تعویض شده و یا تغییر داده شوند. برای مثال در صورتی که سطح ولتاژ از ۱۱ به ۲۰ کیلوولت ارتقاء داده شود با توجه به امکان افزایش توان انتقالی در نتیجه باید از ترانس با سطح توان و ولتاژ اولیه بالاتر استفاده کرد. همچنین در شبکه ۲۰ کیلوولت سطح اتصال کوتاه نسبت به شبکه ۱۱ کیلوولت بالاتر می‌باشد که در نتیجه باید تجهیزاتی مانند کلیدهای قطع‌کننده و یا ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری نیز با رنج بالاتری قرار داده شوند. اما بعضی از تجهیزات نیاز به تعویض نخواهند داشت برای مثال مقره‌های خطوط ۳۳ کیلوولت با توجه به اینکه دارای سطح عایقی بالاتری نسبت به ۲۰ کیلوولت می‌باشند در صورت تغییر سطح ولتاژ به ۲۰ کیلوولت دیگر نیازی به تعویض نخواهند داشت.

✚ مقدار توان انتقالی و نحوه تامین بار موجود

یکی از موارد دیگری که در روند این پروژه نیاز مطالعه و بررسی شد تغییرات در میزان انتقال توان در شبکه اصلاح شده می‌باشد. با توجه به اینکه هنگام تغییر سطح ولتاژ شبکه ۳۳ کیلوولت به ۲۰ کیلوولت در صورتیکه هادی‌های خط تعویض نشوند در آنصورت به علت حد حرارتی هادی‌ها حداکثر توان انتقال در خط جدید نسبت به حالت قبل کاهش می‌یابد که این کاهش توان انتقالی باید از طریق دیگر جبران گردد. یکی از راهکارها تعویض هادی با هادی با ظرفیت بالا بود که ملاحظات مکانیکی و تحمل نیروی ناشی از هادی‌های جدید توسط تیرهای شبکه مورد بررسی قرار گرفت.

تلفات شبکه

تلفات در سیستم قدرت از معیارها و شاخص‌های مهمی می‌باشد که طراحی صحیح شبکه را می‌توان با این شاخص مورد ارزیابی قرار داد. با ارتقاء خط به صورت افزایش ولتاژ نسبت به حالتی که خط با ولتاژ پایین‌تر بهره‌برداری می‌شد، تلفات کمتری در خط ایجاد خواهد شد چرا که اگر قرار باشد در دو حالت یک توان را انتقال داد در آن صورت در شبکه با ولتاژ بالاتر، جریان عبوری از خط کمتر بوده و در نتیجه تلفات اهمی پایین‌تر خواهد بود. اما در صورتیکه سطح ولتاژ شبکه کاهش یابد در آن صورت برای انتقال توان به صورت بیشینه نیاز است که جریان عبوری از خط تا حد امکان بالا رود که این افزایش جریان باعث افزایش تلفات اهمی و در نتیجه افزایش هزینه بهره‌برداری سیستم می‌شود.

قابلیت اطمینان

افزایش استحکام ساختارهای اصلی اجزای شبکه منجر به افزایش عملکرد الکتریکی خط و قابلیت اطمینان سیستم خواهد شد. هرچند ارتقاء تجهیزات شبکه باعث بالاتر رفتن عملکرد و کاهش نرخ خطا، خرابی و از دست رفتن خط می‌شود، اما هزینه زیادی را نیز شامل می‌شود. به طور کلی در حالتی که سطح ولتاژ شبکه از ۳۳ کیلوولت به ۲۰ کیلوولت تغییر می‌کند به علت اینکه مشکلات عایقی ناشی از ریزگردها کاهش می‌یابد در نتیجه میزان قطعی‌ها کاهش یافته و متناسب با آن قابلیت اطمینان سیستم افزایش می‌یابد.

طول فیدر و مباحث افت ولتاژی

یکی دیگر از مشخصات و ویژگی‌های موثر در تعیین سطح ولتاژ شبکه، طول فیدر بود. به طور کلی در فیدرهایی که طولانی‌تر می‌باشند مشکل ناشی از افت ولتاژ در انتهای خط بیشتر نمایان خواهد شد. البته یکی از پارامترهایی که در افت ولتاژ تاثیرگذار خواهد بود میزان توان انتقالی از خط خواهد بود. در واقع در صورتیکه که طول فیدر و توان انتقالی از آن بالا باشد در نتیجه میزان افت ولتاژ نیز بیشتر خواهد شد.

حد حرارتی هادی‌ها

یکی از چالش‌های مهم که در میزان توان انتقالی از خط تاثیرگذار است حد حرارتی هادی‌های خطوط می‌باشد. در حالتی که ولتاژ شبکه از ۱۱ به ۲۰ کیلوولت ارتقاء یابد با توجه به اینکه برای انتقال توان یکسان نسبت به حالت قبل جریان عبوری از خط کاهش می‌یابد در این حالت حد حرارتی تعیین کننده عبور توان نخواهد بود و می‌توان توان بیشتری را نسبت به حالت قبل از خط انتقال داد. اما در حالتی که سطح ولتاژ خط از ۳۳ به ۲۰ کیلوولت کاهش یابد در آن صورت نیاز است که برای انتقال توان جریان بیشتری از خط عبور داد و حد حرارتی هادی باید در نظر گرفته شود.

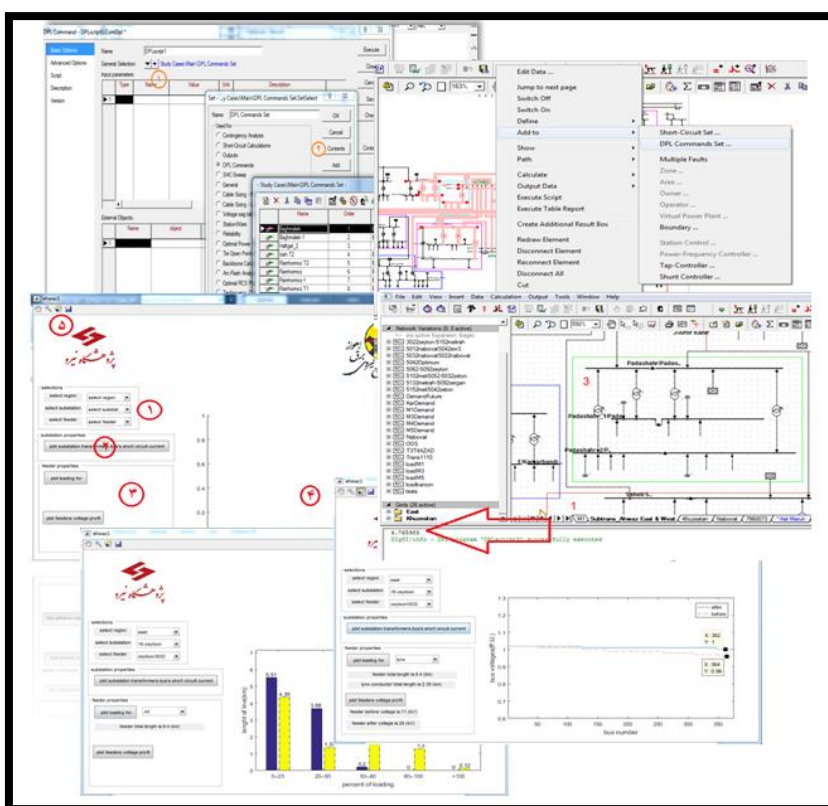
تحمل مکانیکی

بررسی‌های مکانیکی و تحمل مجاز وزن تجهیزات توسط نگهدارنده‌ها از دیگر موضوعاتی می‌باشد که باید در این پروژه در نظر گرفته شد. در واقع با توجه به تغییراتی که در وزن و ابعاد تجهیزات نسبت به حالت قبل از تغییر سطح ولتاژ وجود دارد، نیاز بود که این تغییرات لحاظ شود. برای نمونه وزن قابل تحمل توسط تیرها و دکل‌های موجود در شبکه باید مورد بررسی قرار می‌گرفت و در صورت لزوم با توجه به تحلیل‌های فنی و اقتصادی تیرهای جدیدی در مسیر خط نصب می‌شد.

چالش‌های حفاظتی

معضلات حفاظتی که در تغییر سطح ولتاژ شبکه می‌تواند به وجود بیاید عمدتاً به علت تغییرات جریان خط و در نتیجه تاثیر آن بر روی عملکرد تجهیزات حفاظتی از قبیل رله‌های اضافه جریان، رکلوزرها و کلیدهای قدرت می‌باشد. همچنین تجهیزات اندازه‌گیری و البته کلاس آنها نیز دچار تغییر خواهد شد که این تغییرات مورد بررسی قرار گرفت.

در ادامه پروژه، نرم افزار بانک اطلاعاتی که جهت بررسی تغییرات سطح ولتاژ شهر اهواز تهیه شد. در واقع با توجه به اینکه شبکه شرق و غرب اهواز از تعداد تجهیزات بالایی برخوردار است یکی از راه های عملی برای دستیابی به اطلاعات مورد نیاز در بررسی های مختلف استفاده از زبان برنامه نویسی نرم افزار دیگسایلنت و همچنین نرم افزار اینترکتیو بانک اطلاعاتی شبکه توزیع شرق و غرب اهواز با استفاده از رابط کاربری نرم افزار متلب و بخش های مختلف این نرم افزار می باشد.



در مرحله چهارم به ترتیب اثرات تغییر سطح ولتاژ بر روی شبکه شرق و غرب اهواز مورد بررسی قرار گرفته است. اطلاعات بارگیری خطوط در هر فیدر و به تفکیک نوع هادی و پروفیل ولتاژ باس ها به تفکیک

پست و فیدر، مطالعه و بررسی شد که در نتیجه به صورت دقیق شرایط حاکم در همه بخش‌های شبکه بعد از تغییر سطح ولتاژ قابل مشاهده بود. همچنین وضعیت شبکه با در نظرگیری رشد بار آینده و با تغییرات سطوح ولتاژی نیز در این پروژه به صورت کامل مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این روش بهبود شبکه با استفاده از تعویض هادی با سطح مقطع بالاتر به جای هادی موجود نیز به صورت مجزا برای فیدرهای بحرانی نیز آورده شد. برای هر پست وضعیت فیدرهای خروجی از هر پست بعد از تغییر سطح ولتاژ، ولتاژ اولیه هر فیدر، طول فیدر، تعداد ترانسفورماتورهای توزیع و مجموع ظرفیت آن‌ها، طول خطوط نیازمند اصلاح بر اساس دو معیار بارگیری ۱۰۰٪ و بارگیری ۸۰٪، حداقل ولتاژ باس‌های موجود در فیدر و نتایج حاصل از اجرای تغییر هادی در فیدرهایی از پست که این قابلیت را دارند، آورده شد.

گزارش شرایط آب و هوایی روزهای حوادث بهمن ۹۵ مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه حوادث ناشی از ریزگردها در بهمن ۹۵ در شرایطی اتفاق افتاد که با وزش باد شدید همراه با گرد و خاک و همچنین بارندگی به میزان کم همراه بود و همچنین حوادث روزهای بعد به علت افزایش میزان رطوبت نسبی هوا اتفاق افتاده است، در نتیجه برای دریافت اطلاعات و تحلیل مناسب شرایط، برای شهرهایی که دچار حوادث قطعی شده‌اند، داده‌های آب و هوایی از جمله میزان بارش، جهت باد و سرعت باد و البته سایر پارامترها با توجه به نزدیک‌ترین ایستگاه آب و هواشناسی، اخذ شده و مورد تحلیل قرار

گرفت. یکی از تفاوت‌ها بین حوادث روز ۸ بهمن و روز ۹ام این بوده است که در روز ۸ام اغلب حوادث در مرکز و شرق اهواز رخ داده است در صورتیکه در روز ۹ بهمن حوادث در غرب و شمالغرب اهواز بیشتر بوده است. با توجه به تحلیل آب و هوایی روز ۸ و ۹ بهمن می‌توان دریافت که دو عامل عمده‌ای که در حین وقوع ریزگردها و پس از آن باعث ایجاد قطعی‌ها و حوادث در شبکه شده، بارش کم باران در روز ۸ام و رطوبت بالا در روز ۹ام بوده است. آمار کلی حوادث شبکه اهواز که هم ناشی از شرایط آب و هوایی و هم به علت خطاهایی نظیر اتصالی کابل فشار متوسط، اشکال در پایه، اشکال در ترانسفورماتور، اشکال در جمپر، اشکال در مقره، اشکال در یراق آلات، برخورد اشیاء خارجی، برخورد پرندگان، برخورد درختان مزاحم، برخورد هادیهای شبکه به هم یا به پایه، بروز عیب در قطع کننده‌ها (ریکلوزر، سکسیونر هوایی، ...)، خطای انسانی و سایر عوامل می‌باشد، مورد تحلیل و بررسی کلی قرار گرفت. همچنین در این پروژه تعداد خاموشی‌ها، میزان خاموشی و مدت زمان خاموشی‌های رخ داده در بهمن ماه نود و پنج در مناطق تحت پوشش شرکت توزیع اهواز، مطالعه و بررسی گشت. فهرست حوادث و خاموشی‌های گسترده‌ای که در پست‌ها و خطوط فوق توزیع و انتقال تغذیه کننده شبکه فشار به وجود آمده در روزهای مهم که ۸، ۹ و ۲۳ بهمن بوده‌اند، مورد بررسی قرار گرفته است. ریشه حوادث بهمن دارای دو عامل عمده می‌باشد که یکی وقوع پدیده ریزگرد در ظهر روز ۸ بهمن و ماندگاری آن بر روی خطوط و تجهیزات پست می‌باشد و عامل

دوم ایجاد شرایط آب و هوایی که مهمترین آن بارش اندک باران مدتی پس از وقوع این پدیده می باشد که باعث ایجاد رطوبت در سطوح عایقی تجهیزات پست و خط شده و در نتیجه خطاهای متعددی در شبکه روی داده است.



خاموشی ها و قطعی های بهمن ۹۵ برای شبکه فشار متوسط به صورت پست به پست هم برای شرق و هم برای غرب اهواز و برای تمام فیدرهای تغذیه شده از آن پست مورد بررسی قرار گرفته است. مدت و میزان خاموشی در هر پست فوق برای روزهای مختلف آورده شده است و با مقایسه آمار حوادث در فیدرهای زیر مجموعه یک پست، میزان آسیب پذیر بودن فیدر و در نتیجه پست ها مشخص می گردد.

در نهایت هزینه های اقتصادی تغییرات سطوح ولتاژی برای شبکه فشار متوسط اهواز مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. مواردی از قبیل تغییر ترانسفورماتورها، برقگیرها، تغییر و ارتقاء هادی خطوط،

تغییرات پست فوق توزیع و سایر تغییرات برای شبکه شرق و غرب اهواز محاسبه شده است. همچنین

تغییرات سطوح ولتاژی برای تمامی پست‌ها و فیدرهای زیر مجموعه پست به صورت تفکیک شده در این

پروژه آورده شده است.

Title: Effects of Fast Elongation on Switching Arcs Characteristics in Fast Air Switches



Article

Effects of Fast Elongation on Switching Arcs Characteristics in Fast Air Switches

Ali Kadivar ^{1,2,*} and Kaveh Niayesh ¹

¹ Department of Electric Power Engineering, Norwegian University of Science and Technology, 7034 Trondheim, Norway; kaveh.niayesh@ntnu.no

² Department of Transmission Line and Substation Equipment, Niroy Research Institute (NRI), End of Dadman Street, Shahrak Ghods, Tehran 1468613113, Iran

* Correspondence: ali.kadivar@ntnu.no

Received: 25 July 2020; Accepted: 14 September 2020; Published: 16 September 2020



Abstract: This paper is devoted to investigating the effects of high-speed elongation of arcs inside ultra-fast switches ($v_{contact} \approx 5\text{--}80\text{ m/s}$), through a 2-D time-dependent model, in Cartesian coordinates. Two air arcs in series, one between a stationary anode and a moving cathode and the other between a stationary cathode and a moving anode in the arc chamber, are considered. A variable speed experimental setup through a Thomson drive actuator is designed to support this study. A computational fluid dynamics (CFD) equations system is solved for fluid velocity, pressure, temperature, and electric potential, as well as the magnetic vector potential. Electron emission mechanisms on the contact surface and induced current density due to magnetic field changes are also considered to describe the arc root formation, arc bending, lengthening, and calculating the arc current density, as well as the contact temperatures, in a better way. Data processing techniques are utilized to derive instantaneous core shape and profiles of the arc to investigate thermo-electrical characteristics during the elongation progress. The results are compared with another experimentally verified magnetohydrodynamics model of a fixed-length, free-burning arc in the air. The simulation and experimental results confirm each other.

Keywords: air arc plasma; Thomson actuator; magnetohydrodynamic simulations; fast switch

1. Introduction

Studies show that about 20% of industries have to change 5% to 10% of their circuit breakers (CBs) by 2020, due to the increase of the short circuit level [1]. Techno-commercial studies prove the feasibility of fault current limiters (FCL) and many investigations have been initiated and reported by EPRI and CIGRE [2] to design a practical FCL. Hybrid FCLs are among the most powerful current limiters developed so far and the most affordable idea in terms of cost [3]. In one of the hybrid FCL designs, a simple multi-contact fast switch (FS), along with the inherent features of the series arcs, has been used to commutate the current to current-limiting parallel branches [3]. Mechanical FSs can also be used in HVDC interrupters [4–6] where a rapid operation is required and semi-conductor switches are not preferred due to their high cost-loss, harmonic effects, sophisticated control, and continuous maintenance. Electromagnetic driven switches make 100- μs close/open times possible, which, in comparison with semiconductor power devices, are low-loss in ON-state and more reliable.

The actuating mechanism of many fast switch designs is based on electromagnetic repulsion. The theory of such a mechanism is thoroughly presented in [7] and the first patent filed in the late 60 s. Some more recent works on the design of such operating mechanisms have been reported elsewhere [8–10]. In a recent study, a design has been introduced to cut off 2 kA at 12 kV single-phase

Title: A survey on fault current limiters: Development and technical aspects

Electrical Power and Energy Systems 118 (2020) 105729

Contents lists available at ScienceDirect

Electrical Power and Energy Systems

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jepes

A survey on fault current limiters: Development and technical aspects

Arman Safaei^{a,*}, Mahdi Zolfaghari^{a,b}, Mojtaba Gilvanejad^a, Gevork B. Gharehpetian^b

^aTransmission & Substation Department, Niroo Research Institute (NRI), Tehran, Iran
^bElectrical Engineering Department, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Keywords:
Power system protection
Short circuit
Fault current limiter
Technical aspects
Statistical analysis

ABSTRACT

This paper presents an overview on fault current limiters (FCL) technologies in power systems. First, the FCLs have been classified into four groups: superconducting FCLs (SFCLs), solid-state FCLs (SSFCLs), hybrid FCLs (HFCLs), and other technologies. Then, for each group, the literature is reviewed, and the technical characteristics of each cluster are specified. Also, the technical development barriers of the FCLs are described. Based on these characteristics and specifications, the FCLs have been compared. At last, the FCLs future trend is discussed based on the papers analysis, investigated in IEEE and SCOPUS databases, and patent analysis, investigated in the US Patent Office, European Patent Office, and considering patents in queues. The pioneer countries, universities, and researchers in this field are also distinguished.

1. Introduction

Power systems should provide reliable electrical energy for different types of loads. As a complex system, the last-long power systems constitute a large number of different components with various characteristics [1,2]. The integration of renewable resources with intermittent behavior, such as wind turbine and photovoltaic (PV) systems, in the conventional power systems has added more complexities to the power systems [3,4]. Considering other agents e.g., environmental effects such as weather conditions etc., this complex system is always exposed to different faults. The short-circuit (SC) faults are the most common failures which occur in the power systems [5–8]. A SC is a low-impedance path resulted from the connection of two nodes with different potentials in an electrical circuit [9]. During a SC fault, the fault current may reach to more than 10 times of the nominal current resulting in excessive heat in the power system equipment, such as generators, power transformers, conductors etc.

Generally, the negative effects of the SC fault on power systems are: 1- power interruption, 2- damped mechanical oscillations on the generators and motors' shaft, 3- negative rotational inertia and stress on the damping windings of synchronous machines, 4- increase in the reactive power demanded by inductive impedance of the transmission lines and leakage impedance of power transformers, 5- voltage drop in buses with voltage-sensitive loads, 6- torque reduction in induction motors; this also increases the demanded reactive power, 7- thermal stress on equipment, 8- voltage swell and voltage sag in un-faulted buses, 9- electromagnetic interference, 10- increased unsupplied energy and economic losses, 11- corrosion in the connection area, and 12- reduction in power system reliability and power quality indexes [10].

The short circuit capacity (SCC) is defined as the maximum current flowing through the fault point [11,12]. Usually, the installed equipment in a power system have specific tolerable fault current limits (TFCLs). If TFCL for an element is lower than the system SCC, then the element is exposed to damage. Therefore, to avoid malfunctions and failures, a redundant capacity in the ratings of the equipment must be considered which in turn dramatically increases the costs [13]. On the other hand, the contribution of some equipment during a SC fault increase the fault current.

Ordinarily, the fault current is fed through: 1- synchronous generators installed at neighbor buses, 2- large induction motors, and 3- distributed generation units (DGs). The synchronous generators have a major effect on increasing the magnitude of the fault current in the steady-state condition. However, the large induction motors have a dominant effect on increasing the transient components of the fault current [14]. The DGs contribution in the fault current is different considering the DG type. For example, if a SC fault occurs at the output terminals of the inverter-based DGs, such as PVs, the maximum fault current is about 1.2 times of the nominal current whereas this fault current may reach to 6 times of the rated current for doubly-fed induction generator (DFIG)-based wind turbines [15].

During a SC fault in the distribution systems, the DGs may cause the following problems: 1- unwanted trip due to function of the protection relays, 2- blinded protection, and 3- unintentional islanding.

To overcome these problems different measures have been taken in

*Corresponding author.
E-mail address: asafaei@nri.ac.ir (A. Safaei).

<https://doi.org/10.1016/j.jepes.2019.105729>
Received 2 May 2019; Received in revised form 18 September 2019; Accepted 21 November 2019
1042-0615/ © 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved.