

اضافه و لتاژها در خطوط انتقال انرژی

ترجمه و تدوین: طهماسب نای ساهر خشاهی

زنجان - ۱۳۹۶

کد ۵۰



کاوش برداز

سرشناسه: شاهرخشاهی، طهماسبقی، ۱۳۳۴ -
عنوان و نام پدیدآور: اضافه ولتاژها در خطوط انتقال انرژی / ترجمه و تدوین طهماسبقی شاهرخشاهی
مشخصات نشر: تهران: کاوش پرداز، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاهری: ۱۱۶ ص: مصور، جدول، نمودار
شابک: 9786006102252 وضعیت فهرست نویسی: فیا

موضوع: برق، خطوط، حفاظت.

موضوع: Electric line- protection

موضوع: برق، افزایش فشار

Over voltage: موضوع:

موضوع: فشار قوی (برق)

High voltage: موضوع:

رده بندی کنگره: ۱۳۸۶: ۶۷۲/ش/TK۲۳۲۶

رده بندی دیو: ۱۹۲۰: ۶۲۰

شماره کتابستاس: ملی: ۴۹۲۳۴۳۹



کاوش پرداز

اضافه ولتاژها در خطوط انتقال انرژی

ترجمه و تدوین: طهماسبقی شاهرخشاهی

چاپ و صحافی: واژه

چاپ اول: تهران، ۱۳۹۶

ناشر: کاوش پرداز

قیمت: ۲۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۱۰۲-۲۵-۲

همه حقوق این اثر به نشر کاوش پرداز تعلق دارد و هر نوع استفاده از این کتاب اعم از فتوکپی، بازنویسی، خلاصه نویسی، اسکن و ذخیره ی کامپیوتری و یا تکثیر به هر روشی، کلاً و جزئاً ممنوع و قابل پیگرد قانونی است.

تلفن انتشارات: ۶۶۴۸۴۹۵۷ ۶۶۴۹۹۵۹۱

www.kavoshbook.com

کانال تلگرام: @kavoshpardaz

مقدمه مولف: پروفسور: گ.ن. الکساندروف

پیش‌بینی‌ها و طراحی‌ها به منظور مقابله با عوارض و قطعی‌ها ناشی از اضافه ولتاژهای موجی تخلیه جوی، اضافه ولتاژهای قطع و وصل و اضافه ولتاژهای موقت فرکانس ۵۰ در ردیف موارد عمده در طراحی و مهندسی خطوط انتقال انرژی محسوب می‌گردند.

کاهش دامنه انواع مختلف اضافه ولتاژها شرایط بهره‌برداری خطوط انتقال انرژی را بهبود بخشیده، درصد قطعی‌ها را محدود نموده سطح ایزولاسیون در خطوط انتقال انرژی نیز با توجه به تقلیل دامنه اضافه ولتاژها کاهش می‌یابد.

در اولین مرحله ایزولاسیون به منظور کار مطمئن و مداوم خطوط و تجهیزات فشار قوی با توجه به ولتاژ اسمی فرکانس ۵۰ انتخاب می‌گردد. در این حالت هر مقدار افزایش ولتاژ و هر نوع اضافه ولتاژ تا بیش از حداکثر ولتاژ اسمی خط شرایط بهره‌برداری را واصل هوایی ایزولاسیون را فراهم می‌نماید. به همین علت بهره‌برداری ایده‌آل مستلزم عدم تاثیر اضافه ولتاژها بر محدود نمودن انواع مختلف اضافه ولتاژها تا سطح ایزولاسیون در نظر گرفته شده به عنوان سطح ایده‌آل خواهد بود. اضافه ولتاژها با دامنه بالا و در درازمدت به عنوان اضافه ولتاژهای موقت از قدرت راکتیو شارژ خطوط و عدم کمپانسه نمودن آن نتیجه می‌شوند. به همین علت کمپانسه نمودن قدرت راکتیو شارژ از اهمیت فوق‌العاده برخوردار می‌باشد.

عدم کمپانسه نمودن قدرت راکتیو شارژ خطوط مستلزم می‌گردد جریان برقرار شده، افت ولتاژ اضافی را در راکتانس ژنراتورها و راکتانس ترانسفورماتورها موجب شده، ولتاژ فرکانس ۵۰ اسمی خط افزایش یابد. حذف کامل اضافه ولتاژهای موقت ناشی از قدرت راکتیو شارژ خط در شبکه‌های سراسری به سهولت مقدور نمی‌باشد. قدرت راکتیو شارژ خطوط در فاصله $Q_{ch} \div 0$ تغییر نمی‌کند. افزایش جریان بار خط، مقدار Q_{ch} کاهش یافته در جریان بار طبیعی مقدار صفر را دارا می‌شود. لذا کمپانسه نمودن قدرت راکتیو شارژ خطوط به ازاء کلیه مقادیر جریان‌های بار، مستلزم تامین منبع قدرت راکتیو القایی قابل کنترل و اتوماتیک خواهد بود.

در حال حاضر قدرت راکتیو شارژ خطوط با استفاده از راکتورهای شنت با قدرت بالا و با وصل دائم به خط تنها تا میزان $70 \div 60\%$ کمپانسه می‌گردد. عدم کمپانسه نمودن کامل قدرت راکتیو شارژ موجب بخشی از قدرزت راکتیو شارژ به عنوان قدرت راکتیو اضافی همچنان در خط برقرار بوده، ظهور اضافه ولتاژهای خطرناک و بروز پدیده‌های جنبی را موجب شود از جمله پدیده فرورزناس و اضافه ولتاژهای ناشی از آن. اضافه ولتاژ موقت و افزایش ولتاژ فرکانس ۵۰ در درازمدت شرایط اشباع هسته مغناطیسی را در ژنراتورها، ترانسفورماتورها و راکتورها فراهم نموده، افزایش فوران مغناطیسی در هسته فولادی تجهیزات بروز رزناس و فرورزناس را موجب شده، به تغییر دینامیکی اندوکتانس در محدوده وسیع در هر نیم پریود فرکانس ۵۰ منجر می‌شود. عدم

کمپانسه نمودن کامل قدرت رآکتیو شارژ مدارهای بسته نوسانی را ایجاد نموده، ولتاژ تحریک تحت فرکانس ۵۰ و بالاتر به صورت نوسانی ظاهر می گردد.

در صورت کمپانسه نمودن کامل قدرت رآکتیو شارژ، احتمال افزایش ولتاژ فرکانس ۵۰ موجود نبوده، پدیده فرورزناس نیز روی نخواهد داد.

عدم کمپانسه نمودن کامل قدرت رآکتیو شارژ خطوط انتقال افزایش مولفه فرکانس ۵۰ را در اضافه ولتاژهای قطع و وصل به عنوان مولفه اجباری ولتاژ ظاهر می نماید. در حالیکه در صورت کمپانسه نمودن کامل به میزان ۱۰۰٪ مولفه فرکانس ۵۰ یا مولفه اجباری ولتاژ در اضافه ولتاژهای قطع و وصل در سطح ولتاژ اسمی محدود بوده، دامنه اضافه ولتاژهای قطع و وصل نیز از $1/4^{PU} + 1/3$ تجاوز نمی نماید.

کاهش دامنه اضافه ولتاژهای موقت درازمدت به عنوان مولفه فرکانس ۵۰ یا مولفه اجباری، در کلیه شرایط بهره برداری و کابیه مقابله بر تریا های بار (در محدوده تغییرات $O+I_n$) تنها با استفاده از رآکتورهای شنت قابل کنترل با سرعت مل بطور کامل محدود می گردد. یک نوع آن در فصل جداگانه (نوع رآکتور - ترانسفورماتور) مورد بررسی قرار گرفته است. در حال حاضر با استفاده از رآکتورهای شنت با قدرت ثابت، حفظ ولتاژ اسمی در کلیه شرایط بهره برداری، تغییرات جریان بار) غیر ممکن می باشد.

همچنانکه در فصول مختلف دیده خواهد شد، مولفه فرکانس ۵۰ تا سطح ولتاژ اسمی با استفاده از رآکتورهای شنت قابل کنترل و مؤلفه گذرا در اضافه ولتاژهای قطع و وصل با استفاده از برق گیرها بطور کامل محدود می گردد.

عامل تعیین کننده فواصل هوایی ایزولاسیون را در خطوط انتقال در ردیف ولتاژهای EHV و UHV اضافه ولتاژهای قطع و وصل تشکیل می دهند. در صورت محدود نمودن این اضافه ولتاژها تا سطح ولتاژ فرکانس ۵۰ اسمی خط با استفاده از رآکتورهای شنت قابل کنترل و یا برق گیرها ایجاد و اندازه های خطوط و فواصل ایزولاسیون نیز تا اندازه مناسب کاهش می یابند.

در کتاب حاضر جزئیات کامل مقابله با اضافه ولتاژهای قطع و وصل و کاهش دامنه مختلف اضافه ولتاژها بطور مبسوط مورد بررسی قرار گرفته است.

گ.ن. الکساندرف

در ردیف مشکلات و مسائل فنی - مهندسی انتقال انرژی به فواصل دور را تامین ایزولاسیون کافی و مطمئن تجهیزات فشار قوی و خطوط انتقال انرژی در ردیف ولتاژهای UHV تشکیل می‌دهد. در حال حاضر فواصل هوایی ایزولاسیون در خطوط انتقال انرژی با توجه به اضافه ولتاژهای موقت و اضافه ولتاژهای موجی (تخلیه جوی و قطع و وصل) انتخاب و برآورد می‌گردند. در ردیف ولتاژهای بالا اضافه ولتاژهای موقت فرکانس ۵۰، تحت تاثیر قدرت راکتیو خازنی خطوط به عنوان قدرت راکتیو شارژ قابل ملاحظه بوده با توجه به طول بالای خطوط، سطح ولتاژ فرکانس ۵۰ یا ولتاژ کار خط در ردیف ولتاژهای $U_n \geq 400 \text{ kV}$ به شدت تحت تاثیر قدرت راکتیو شارژ خطوط واقع می‌شود. عبارت دیگر در ردیف ولتاژهای $U_n \geq 750 \text{ kV}$ خط همواره در شرایط قدرت اسمی برابر قدرت طبیعی یا $P_n \leq P$ مورد بهره‌برداری بوده، در این محدوده خط مشخصه خازنی را دارا بوده با افزایش ولتاژ فرکانس ۵۰ یا اضافه ولتاژهای موقت، درازمدت و مداوم روبرو می‌باشد. در ردیف ولتاژهای $U_n \leq 400 \text{ kV}$ $P_0 \leq P_n$ بوده، خطوط انتقال در بخش اعظم ساعات بهره‌برداری مشخصه القایی را دارا بوده با افت ولتاژ روبرو می‌باشند. در ردیف ولتاژهای $U_n > 750 \text{ kV}$ نیاز برای قدرت راکتیو القایی به منظور کاهش ولتاژ و کمپانسه نمودن قدرت راکتیو شارژ خط به ازاء کلیه مسیرهای بار نیاز می‌باشند. در این خطوط بر حسب مقدار جریان بار، قدرت راکتیو خط در محدوده $0 \div Q_c$ همواره موجود بوده $(Q_c = P_0 \lambda)$ ، کمپانسه نمودن کامل قدرت راکتیو خازنی مستلزم تامین منبع قدرت راکتیو القایی قابل تأمین در هر لحظه برابر قدرت راکتیو شارژ خط خواهد بود. چنانچه در هر لحظه و به ازاء هر مقدار جریان بار قدرت راکتیو القایی برابر قدرت راکتیو خازنی تامین گردد، اضافه ولتاژهای موقت به عنوان مولفه عمده در اضافه ولتاژهای قطع و وصل موجود نبوده ضریب اضافه ولتاژ از سطح $1/4 \div 1/3$ تجاوز نمی‌نماید^۲.

منبع قدرت راکتیو مناسب به منظور تامین سطح ولتاژ در محدوده قابل قبول را راکتورهای شنت قابل کنترل با تنظیم اتوماتیک متناسب با قدرت راکتیو خازنی تشکیل می‌دهند. در سالهای اخیر منابع جدید قدرت راکتیو با تنظیم اتوماتیک به عنوان ابزار FACTS ساخته شده، این منظور را برآورده و بنابراین پیش‌بینی تجهیزات جدید یا ابزار FACTS با هزینه چند برابر هزینه راکتورهای شنت قابل کنترل نوع راکتور ترانسفورماتور همراه می‌باشند. در فصل جداگانه ساختمان راکتورهای شنت با کنترل پیوسته طرح و ابداع شده توسط پروفیسور

۱- به منظور آشنائی با قدرت راکتیو شارژ خط و تغییرات آن همزمان با تغییرات جریان بار خط، توصیه می‌گردد کتاب: "تئوری انتقال انرژی و طرح خطوط مدرن"، تالیف: طهماسبقلی شاهرخشاهی، انتشارات دانشگاه هرمزگان، چاپ دوم - سال ۱۳۸۷ - تهران مورد مطالعه قرار گیرد.

۲- ضمیمه شماره ۱ مطالعه شود.

الکساندروف نشان داده شده است. این نوع راکتور با قدرت نزدیک به 100^{MVA} در کشور هند با نظارت آقای پروفیسور الکساندروف ساخته، مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

نتایج بهره‌برداری و آزمایشات انجام شده تاثیر فوق‌العاده آن را در بهبود شرایط بهره‌برداری خطوط از جمله حفظ ولتاژ ثابت در محدوده تغییرات بار خط، کاهش دامنه اضافه ولتاژهای قطع و وصل، کاهش افت خط و غیره نشان داده است. در فصل سوم کتاب حاضر همچنین در کتاب: "انتقال انرژی به فواصل دور" کتاب چهارم، تالیف پروفیسور: گ.ن. الکساندروف، ترجمه و آماده چاپ با روابط تئوری نشان داده شده است. کاهش دامنه اضافه ولتاژهای قطع و وصل به عنوان تعیین کننده فواصل هوایی ایزولاسیون در ردیف ولتاژهای بالا از اهمیت ویژه برخوردار می‌باشد. حداکثر سطح اضافه ولتاژهای قطع و وصل برابر پیک حداکثر ولتاژ فرکانس ۵۰ در طی بهره‌برداری برابر $1/3 + 1/3$ مقدار ایده‌آل محسوب می‌گردد. این پیش‌بینی و کاهش دامنه اضافه ولتاژها در فصل مقدماتی کتاب آمده شده است.

ط. شاهرخشاهی

زنجان - بهار ۹۶

فصل اول - اضافه ولتاژها در خطوط انتقال

۱-۰: مقدمه	۱
۱-۱: اضافه ولتاژهای موقت در شبکه های سراسری انتقال انرژی	۱
۱-۲: خصوصیات اضافه ولتاژهای قطع و وصل در خطوط انتقال انرژی	۱۰
۱-۳: برآورد و تعیین پارامترهای مورد نیاز تجهیزات محدود کننده اضافه ولتاژ داخلی فرکانس ۵۰. ۱۹	۱۹
۱-۴: اضافه ولتاژها در شبکه های نول ایزوله	۲۸
۱-۵: انتخاب مشخصات برق گیرها مورد نصب در خطوط به منظور مقابله با اضافه ولتاژهای موجی تخلیه جوی	۳۶

فصل دوم - ساختمان و اصول کار رآکتورهای شنت قابل کنترل نوع رآکتور -

رانسفورماتور

۲-۰: مقدمه	۴۷
۲-۱: رآکتورهای شنت و نوع قابل تنظیم آن در خطوط انتقال انرژی	۴۷
۲-۲: ساختمان و مشخصات کمپانساتور استاتیک با قدرت رآکتیو قابل کنترل نوع رآکتور ترانسفورماتور	۵۲

فصل سوم - رآکتورهای شنت قابل کنترل در ردیف ولتاژهای EHV و UHV

مقدمه:	۷۳
نقش رآکتورهای شنت قابل کنترل در قدرت برقرار شده در ردیف ولتاژهای EHV و UHV	۷۳

ضمیمه - اضافه ولتاژها و برآورد فواصل هوایی ایزولاسیون در خطوط انتقال

انرژی در ردیف ولتاژهای UHV

مقدمه	۹۷
کنترل اضافه ولتاژهای موقت و قطع و وصل	۹۸
منابع و مراجع کتاب، ضمیمه و زیرنویس ها	۱۱۶