



کلیدهای فشار قوی

طراحی - بهره برداری - استانداردها

تالیف و گردآوری :

محمد علی کارآمد

بهار ۱۳۹۰

سرشناسه : کارآمد، محمد علی، ۱۳۵۸ -

عنوان و نام پدیدآور : کلیدهای فشار قوی (طراحی- بهره برداری-
استانداردها) / تألیف و گردآوری محمد علی کارآمد

مشخصات نشر : ماهشهر : محمد علی کارآمد، ۱۳۹۰.

مشخصات ظاهری : ۳۸۶ص: مصور، جدول، نمودار.

شابک : ۶۸۰۰۰ ریال : 978-964-04-7161-6

وضعیت فهرست نویسی : فیبا

یادداشت : پشت جلد به انگلیسی : High voltage circuit
breakers

یادداشت : نمایه

یادداشت : کتابنامه : ص. [۳۷۶]-۳۶۹.

موضوع : کلیدهای قطع کننده جریان برق

موضوع : فشار قوی (برق)

رده بندی کنگره : ۱۳۹۰ ک ۸۵۲/TK۲۸۴۲

رده بندی دیویی : ۶۲۱/۳۱۷

شماره کتابشناسی ملی : ۲۳۲۲۱۲۹

نام کتاب : کلیدهای فشار قوی (طراحی- بهره برداری- استانداردها)

تألیف و گردآوری : محمد علی کارآمد

قطع : رقعی

چاپ اول : بهار ۱۳۹۰

تیراژ : ۱۰۰۰ نسخه قیمت : ۶۸۰۰ تومان

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۰۴-۷۱۶۱-۶ ISBN: 978-964-04-7161-6

دفتر مرکزی فروش : ماهشهر- منطقه ویژه اقتصادی- سایت ۴- مجتمع

پتروشیمی امیرکبیر- واحد تحقیق و توسعه

تلفن تماس : ۰۶۵۲۲۶۵۴۱۳۵ دورنگار : ۰۶۵۲۲۶۵۴۱۳۶

فهرست مطالب

مقدمه مولف

۱

فصل اول: تئوری قوس

۷

۱-۱. مقدمه

۹

۱-۲. اصول تخلیه الکتریکی

۹

(non-self-sustaining) تخلیه های ناپایدار

(discharge)

۱۲

(self-sustaining) تخلیه های خود پایدار

(discharge)

۱۴

۳-۱. قوس های الکتریکی

۱۵

۱-۳-۱. قوس های فشار قوی

۱۹

۲-۳-۱. قوس های فشار ضعیف (قوس های خلاء)

۲۱

۴-۱. قوس های جریان متناوب

۲۳

۵-۱. قطع جریانهای متناوب

فصل دوم: ولتاژ استقرار گذرا (TRV)

- ۳۱ ۱-۲. مقدمه
- ۳۳ ۲-۲. TRV و مفاهیم پایه
- ۳۳ ۱-۲-۲. کلیات
- ۳۷ ۲-۲-۲. TRV در مدارات متفاوت
- ۴۴ ۳-۲-۲. فرضیات اولیه برای محاسبات TRV
- ۴۵ ۳-۲. محاسبات TRV
- ۴۶ ۱-۳-۲. ولتاژ استقرار تک فرکانسی
- ۴۹ ۲-۳-۲. ولتاژ استقرار گذرا با فرکانس مضاعف
- ۵۱ ۴-۲. اثرات جریان نامتقارن و کلیدهای فشار قوی بر روی TRV

فصل سوم: کلیدهای گازی SF_6

- ۵۵ ۱-۳. مقدمه
- ۵۸ ۲-۳. SF_6 و پیرامون آن
- ۵۸ ۱-۲-۳. مقدمه
- ۶۰ ۲-۲-۳. چرا از SF_6 استفاده می کنیم
- ۶۳ ۳-۲-۳. اثرات محیطی
- ۶۳ ۴-۲-۳. منشاء آلودگی SF_6
- ۶۸ ۵-۲-۳. اثرات آلودگی
- ۷۰ ۶-۲-۳. طبقه بندی آلاینده های موجود در محفظه گاز
- ۷۱ ۷-۲-۳. ماکزیمم تلورانس قابل قبول ناخالصی آلاینده های موجود در محفظه SF_6
- ۷۶ ۸-۲-۳. ملاحظات جوی SF_6
- ۷۸ ۳-۳. قطع جریان در SF_6
- ۸۰ ۴-۳. کلیدهای SF_6 با دو مخزن فشار
- ۸۴ ۵-۳. کلیدهای SF_6 با یک مخزن فشار
- ۸۷ ۱-۵-۳. کلیدهای گازی نوع puffer
- ۹۱ ۲-۵-۳. کلیدهای گازی نوع self blast

فصل چهارم: کلیدهای خلاء

- ۹۳ ۱-۴. مقدمه
- ۹۵ ۲-۴. تاریخچه و روند توسعه تکنولوژی خلاء
- ۱۰۱ ۳-۴. فواید خلاء
- ۱۰۲ ۴-۴. قطع جریان در کلیدهای خلاء
- ۱۰۴ ۵-۴. قوس در خلاء و تکنولوژی مهار آن
- ۱۱۴ ۶-۴. ساختار محفظه قطع خلاء
- ۱۲۱ ۷-۴. عملکرد محفظه قطع
- ۱۲۴ ۸-۴. تکنولوژی ساخت کنتاکتها و مواد تشکیل دهنده آنها

فصل پنجم: انتخاب کلید بر اساس جریانهای اتصال کوتاه

- ۱۳۱ ۱-۵. مقدمه
- ۱۳۳ ۲-۵. لزوم قطع به موقع کلید
- ۱۳۴ ۳-۵. ارزیابی جریانهای اتصال کوتاه سیستم
- ۱۳۶ ۴-۵. مولفه DC جریان عیب و انتخاب کلید مطابق با استاندارد ANSI

فصل ششم: کلید زنی بارهای القایی و پدیده Current

Shopping

- ۱۴۳ ۱-۶. مقدمه
- ۱۴۷ ۲-۶. پدیده برش جریان
- ۱۴۷ ۱-۲-۶. کلیات
- ۱۵۲ ۲-۲-۶. محاسبه سطح برش
- ۱۵۷ ۳-۲-۶. اضافه ولتاژهای تولید شده
- ۱۵۹ ۳-۶. کلید زنی موتورها
- ۱۵۹ ۱-۳-۶. مقدمه
- ۱۶۲ ۲-۳-۶. اضافه ولتاژها و انتخاب کلید

۱۶۴	۳-۳-۶. کلیدهای خلاء و اضافه ولتاژهای کلید زنی
۱۶۴	۱-۳-۳-۶. مقدمه
۱۶۵	۲-۳-۳-۶. پارامترهای کلیدهای خلاء (VCB)
۱۶۶	۳-۳-۳-۶. پدیده برش جریان
۱۶۶	۴-۳-۳-۶. شیب ولتاژ استقامت دی الکتریک
۱۶۶	۵-۳-۳-۶. توانایی قطع جریانهای فرکانس بالا
۱۶۷	۶-۳-۳-۶. مدار معادل الکتریکی
۱۷۴	۷-۳-۳-۶. بررسی تاثیر طول کابل و معیار توانایی قطع جریانهای فرکانس بالا
۱۷۵	۸-۳-۳-۶. بررسی تاثیرات توان موتور
۱۷۵	۹-۳-۳-۶. بررسی تاثیرات ضریب K
۱۷۵	۱۰-۳-۳-۶. بررسی تاثیرات کنتاکتهای نوع "low surge" در VCB ها
۱۷۶	۱۱-۳-۳-۶. نتیجه
۱۷۷	۴-۶. کلید زنی ترانسفورماتورها در شرایط بی باری
۱۷۷	۱-۴-۶. مقدمه
۱۸۰	۲-۴-۶. انرژی مغناطیسی هوثر
۱۹۳	۳-۴-۶. قطع جریان در وضعیت پایدار ترانسفورماتور
۱۹۶	۴-۴-۶. قطع جریان هجومی مغناطیس کننده ترانسفورماتور
۲۰۳	۵-۴-۶. نتایج حاصل از آزمایشات
۲۰۷	۱-۵-۴-۶. ترانسفورماتورهای بی بار $> 72/5^{KV}$
۲۰۸	۲-۵-۴-۶. ترانسفورماتورهای بی بار $< 72/5^{KV}$
۲۰۹	۳-۵-۴-۶. ملاحظات و نتایج کلی

فصل هفتم: کلید زنی جریانهای خازنی و پدیده های

Prestrike & Restrike

۲۱۳	۱-۷. مقدمه
۲۱۴	۲-۷. تنوری قطع بارهای خازنی

۲۱۴	۱-۲-۷. بانکهای خازنی
۲۲۲	۲-۲-۷. کابل‌های بی بار
۲۲۴	۳-۲-۷. خطوط هوایی در شرایط بی باری
۲۲۴	۱-۳-۲-۷. خطوط هوایی در وضعیت جبران‌سازی نشده
۲۲۷	۲-۳-۲-۷. خطوط هوایی در وضعیت جبران‌سازی شده
۲۳۱	۳-۷. تنوری وصل بارهای خازنی
۲۳۱	۱-۳-۷. بانکهای خازنی
۲۴۰	۲-۳-۷. کابلها
۲۵۲	۳-۳-۷. وصل و وصل مجدد اتوماتیک خطوط هوایی
۲۵۴	۴-۷. ملاحظات کاربردی
۲۵۴	۱-۴-۷. حداکثر ولتاژ بهره برداری
۲۵۵	۲-۴-۷. فرکانس نامی
۲۵۵	۳-۴-۷. جریان خازنی نامی
۲۵۶	۴-۴-۷. ولتاژ و وضعیت اتصال به زمین شبکه
۲۵۷	۵-۴-۷. عملکرد Restrike
۲۵۸	۶-۴-۷. کلاس بندی کلیدهای فشارقوی
۲۶۰	۷-۴-۷. زمان قطع
۲۶۰	۸-۴-۷. اضافه ولتاژهای گذرا و محدودسازی آنها
۲۶۳	۹-۴-۷. خطوط هوایی در شرایط بی باری
۲۶۶	۱۰-۴-۷. بانکهای خازنی
۲۷۷	۱۱-۴-۷. کابلها
۲۷۸	۱۲-۴-۷. ملاحظات کاربردی در بهره برداری از انواع کلیدها

فصل هشتم: مقایسه استانداردهای کلیدهای فشار قوی

۲۸۳	۱-۸. مقدمه
۲۸۴	۲-۸. سازماندهی استانداردها
۲۸۶	۱-۲-۸. NEMA / IEEE / ANSI
۲۸۷	۲-۲-۸. IEC

۲۸۸	۳-۸. مقایسه ارزیابی ها در استانداردهای کلیدهای فشار قوی
۲۹۱	۴-۸. ارزیابی های ولتاژی
۲۹۱	۱-۴-۸. حداکثر ولتاژ کاری
۲۹۳	۲-۴-۸. حد استقامت عایقی
۲۹۳	۱-۲-۴-۸. استقامت عایقی فرکانس ۵۰ یا ۶۰
۲۹۴	۲-۲-۴-۸. حد استقامت ضربه
۲۹۷	۳-۲-۴-۸. تست ضربه
۲۹۹	۴-۲-۴-۸. حد استقامت سوئیچینگ
۳۰۰	۳-۴-۸. مقدار مجاز ولتاژ استقرار گذرا
۳۰۱	۱-۳-۴-۸. عیوب انتهایی (TF)
۳۰۸	۲-۳-۴-۸. عیوب کوتاه (SLF)
۳۰۹	۵-۸. ارزیابی های جریان
۳۰۹	۱-۵-۸. دنباله اعداد پیشنهادی
۳۱۰	۲-۵-۸. ارزیابی جریانهای نامی
۳۱۳	۳-۵-۸. ارزیابی جریانهای اتصال کوتاه
۳۱۴	۱-۳-۵-۸. جریانهای نامنقارن
۳۱۵	۲-۳-۵-۸. حداکثر جریان کلید بهنگام وصل
۳۱۷	۳-۳-۵-۸. جریان قابل تحمل کوتاه
۳۱۸	۴-۳-۵-۸. سیکل کاری وصل اتوماتیک کلید
۳۱۹	۵-۳-۵-۸. قابلیت در سرویس بودن کلید
۳۱۹	۶-۳-۵-۸. پایداری الکتریکی
۳۲۰	۶-۸. ملزومات مکانیکی
۳۲۰	۱-۶-۸. عمر مکانیکی کلید
۳۲۰	۲-۶-۸. مشخصه Trip Free

فصل نهم: سفارش کلید و تکمیل جداول مربوطه

۳۲۳	۱-۹. مقدمه
۳۲۶	۲-۹. مقادیر نامی سیستم

۳۲۷	۳-۹. شرایط محیطی و اقلیمی
۳۳۱	۴-۹. مشخصه های الکتریکی کلید
۳۴۰	۵-۹. مشخصه های مکانیزم عملکرد

۳۴۵	پیوست ۱: قابلیت های VCB های مدل 3AH زیمنس در مقایسه با بریکرهای SF ₆
-----	--

۳۵۷	نمایه
۳۶۷	منابع

www.ketab.ir

مقدمه مولف

کلیدهای فشار قوی از جمله بزرگترین اختراعات قرن بیستم در شبکه های قدرت بشمار می آیند. انواع گوناگون کلیدها در ادوار مختلف ساخته و عرضه شدند و هنگامی که برای اولین بار سخن از این تجهیزات به میان آمد، بواسطه ایفای نقش بسیار مهم آنها، مدت زمانی بطول انجامید تا شاهد عرضه این تجهیزات قطع و وصل در صنعت شدیم.

به بیانی ساده، کلیدها وسایل الکترومکانیکی هستند که در شبکه های قدرت برای قطع و وصل ژنراتورها، ترانسفورماتورها، راکتورها، ایستگاههای برق و غیره مورد استفاده قرار می گیرند. آنها قادرند عمل باز و بست را بنا به شرایط موجود، با سه کیفیت ارائه نمایند :

۱- قطع و وصل مدار در شرایط عادی (با یا بدون بار)

۲- قطع و وصل مدار در بازه زمانی مشخص

۳- قطع مدار در صورت بروز یک خطا

صرف نظر از این سه عملکرد، آنها می بایست شرایط فیزیکی و مکانیکی ذیل را نیز فراهم آورند :

الف) هنگامیکه در وضعیت بسته قرار دارند، نقش یک هادی الکتریکی را ایفا نمایند و هنگامیکه در وضعیت باز قرار می گیرند، خاصیت عایقی خوبی از خود نشان دهند.

ب) تغییر وضعیت بویژه از بسته به باز را در مدت زمان کوتاه مورد انتظار انجام دهند.

ج) حین عملیات کلید زنی، عاری از بروز اضافه ولتاژها باشند.

د) عملکرد آنها قابلیت اطمینان بالایی را دارا باشد.

در این مجموعه کلیت مباحث پیرامون مطالب فوق بوده که مرور فصلهای آتی، موجب تبیین آنها خواهد شد، و در پایان نیز با مروری بر استانداردها معیارهای انتخاب مناسب این وسیله را بررسی خواهیم نمود.

گذر زمان توام با تلاش، بشر را به دانش نوین رهنمون ساخته، از اینرو به مسایل پیرامون خویش تسلط می یابد. لذا آنچه مسلم است این است که نوآوریهای جدید و استانداردهای برآمده از آن، بایستی منجر به تالیف کتب فنی گردند.

در ارائه مطالب فنی، برخورداری از بیانی ساده و رسا به روشی کاملاً کاربردی که حاکی از تلفیق تئوری و عمل باشد، همواره مورد استقبال

واقع بوده، که در نوشتار پیش روی به این مهم، توجه خاصی مبذول داشته شده است.

مطالعه دو فصل نخست که پایه و اساس مباحث کلیدهای فشار قوی را شامل می شوند، مخاطب را برای مبحث کلان کلیدهای فشار قوی مهیا ساخته و از آنجاییکه مسایل مطرح شده در این دو فصل در بخشهای آتی به کرار مورد استفاده واقع شده اند، تفهیم صحیح آنها حائز اهمیت می باشد بطوریکه مرور مجدد آنها خالی از لطف نخواهد بود.

در طبقه بندی کلیدها، بسته به اینکه چه عواملی را ملاک و معیار قرار دهیم می توان آنها را به گروههای متعددی تقسیم بندی نمود؛ اما تمرکز ما در این مجموعه، از منظر نوع محفظه های قطع خواهد بود. محفظه های قطع از اصلی ترین فاکتورهای طراحی کلیدها بشمار می آیند. محفظه های قطع از نوع هوا و روغن ابتدایی ترین نوع آنها بوده و قریب به ۱۰۰ سال از عمر آنها می گذرد. این نوع از کلیدها هنوز کارایی داشته اما دیگر توسعه چندانی بر روی آنها شاهد نیستیم چرا که در کلیه ردیفهای ولتاژی، نیازها و انتظاراتی که امروزه مطرح هستند را به نحوی شایسته و مقرون به صرفه ای پاسخگو نیستند. مهم تر اینکه مشکلات زیست محیطی ناشی از آنها، رفته رفته از اعتبارشان در صنعت برق می کاهد.

امروزه صنعت برق در تولید و احیای محفظه های قطع از نوع خلاء و گازی متمرکز شده است. در ردیفهای پایین و متوسط ولتاژی، نوع خلاء و در ردیفهای بالاتر ولتاژی نوع گازی بطور وسیع مورد استفاده قرار می گیرند. لاجرم در این کتاب نیز مباحث مطروحه، به سمت

کلیدهای نوع خلاء و گازی هدایت شده اند و دو فصل سوم و چهارم نیز بطور کامل به آنها اختصاص داده شده است. در این فصول ضمن بیان فواید هر یک از این مواد عایقی، ویژگی های آنها مطرح، نحوه قطع جریان در آنها بررسی و ساختمان و عملکرد کلیدهای مربوطه تشریح شده است.

نظر به حجم کتاب، مناسب دیده شد بخشهایی از جمله : تنش های وارده بر کلیدها در حین بهره برداری، عیب یابی و نگهداری کلیدها و روشهای تست روتین کلیدها منطبق بر استاندارد IEC حذف، و مطالبی با عنوان مقایسه استانداردهای کلیدهای فشار قوی و نحوه سفارش کلید و تکمیل جداول مربوطه جایگزین شوند. در مورد محاسبات اتصال کوتاه نیز از آنجاییکه خود، مبحث طولانی است و مجال جدایی را می طلبد و نیز بدلیل وجود تالیفات متعدد در این باره، از تکرار آنها خودداری و تنها مختصری در مورد مولفه dc اتصال کوتاه با همراهی مثالی در فصل پنجم ذکر گردید.

برای افزایش غنای مجموعه حاضر، از منابع ارزشمندی نیز همچون " کلیدهای فشار قوی " (منبع نخست) اثر روبن گارزون، اسناد انجمن فشار قوی سیگره و اسناد IEEE بهره کافی برده شده است. روبن گارزون که جزو هیئت مولفین استانداردهای IEEE در حوزه کلیدهای قدرت می باشد را می توان از جمله بزرگترین صاحب نظران در این عرصه قلمداد نمود. انجمن فشار قوی سیگره نیز در راستای خط مشی خود مبنی بر گسترش مفاهیم و تفسیر مفاد مندرج در استانداردها، به آثار خود اعتباری جهانی بخشیده است.

در نهایت با تلفیق این منابع بر تحقیقات و تجربیات حاصل در امر طراحی و تعمیر و نگهداری، سعی شده است ارائه مفاد حاکم بر مباحث کلیدهای فشار قوی تا حد امکان روان و ساده انجام گیرد.

از خصوصیات بارز مجموعه حاضر، معرفی انبوهی از واژگان و اصطلاحات فنی است که در هر سطحی از نیاز و کاربردها با آنها مواجه هستیم. ضمن جاری بودن این واژگان در سراسر کتاب، نمایه جامعی از این اصطلاحات نیز مهیا شده است که حسن ختامی درخور توجه بوده و مراجعه خواننده را برای دسترسی به مطالعه موردی، تسهیل می بخشد.

و از آنجاییکه هدف عمده از نگارش این مجموعه ارائه یک نگرش عملی توأم با تئوری از کلیدهای فشار قوی بوده است، در نهایت مجموعه ای که اینک در اختیارتان هست به جامعه برق معرفی شد.

کتاب حاضر نظر به نوع مباحث پیرامونی کلیدها و فصول انتخاب شده می تواند توسط طیف وسیعی از مخاطبین اعم از دانشجویان، محققان، طراحان و مهندسین شاغل در صنعت مورد استفاده قرار گیرد. می دانیم هیچ اثری بدون نقص نبوده و همواره فرصتی برای ارائه بهتر وجود داشته است. لذا در پایان تمنا دارم که در جشواره تقد خود، به بنده این فرصت را عنایت نمایید تا که در ویراستی دیگر شایسته تر از پیش، انجام وظیفه نمایم.

با تشکر / محمد علی کارآمد

ماهشهر / زمستان ۱۳۸۹

Ma.karamad@gmail.com