

حفاظت سیستم های الکتریکی

تهیه کننده

حمید طرقي (rich)

این مقاله از کتاب مرجع زیرمنس در تاسیسات الکتریکی برای شما تهیه شده است

از انتشارات مرکز نشر دانشگاهی

زمانی که جداسازی بر مبنای زمان به کار گرفته می شود درجه بندی جریانهای کار نیز باید اعمال شود ، به این معنی که ، رهاگر اتصال کوتاه مدارشکن فرادستی باید برای جریانی حداقل ۱,۲۵ برابر بیشتر از مدار شکن فرودستی تنظیم شود ، تا اینکه اجازه دهد جریانهای کار به رهاگرهای اضافه جریان با تاخیر زمان ثابت («z») برسند

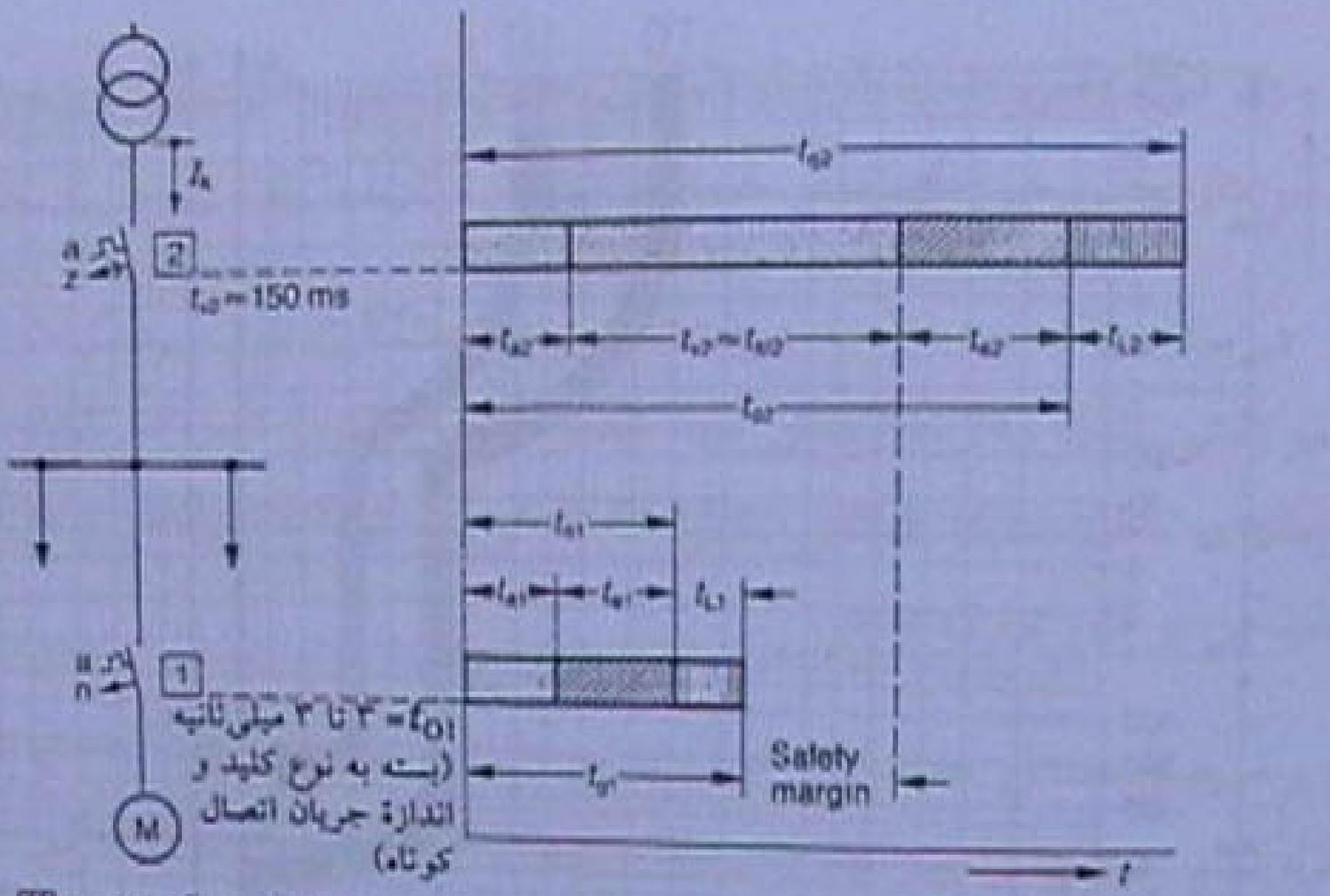
اصطلاحات مربوط به زمان برای مدارشکنهای فشار ضعیف

مثال

مدار شکنی با رهاگرهای اضافه جریان مکانیکی و عنصر تاخیر زمانی مکانیکی آماده سازی نمودارهای درجه بندی

هنگامی که مشخصه های رهاسازی ، مطابق با رهنمودهای DIN۴۳۶۵۵ و IEC۲۶۹-۱ (ویرایش اول ۱۹۶۸) بر روی کاغذ لگاریتمی با مقیاسهای به نسبت ۲ به ۱ رسم می شود . باید به نکات زیر توجه کرد :

مشخصه های رهاسازی ، به منظور تامین جداسازی قطعی ، باید نه همدیگر را قطع کنند و نه با هم مماس شوند (استثنای ممکن : شکل ۱-۴-۱-۴۱ را ببینید) شکل زیر ترتیب زمانی برای عملیات قطع است شکل ۱-۴-۱



زمان بار کردن کلید [۱]	t_{a1}	زمان تاخیر کلید [۲]	t_{a2}
زمان بار کردن کلید [۲]	t_{a2}	زمان درآوردن کلید [۳]	t_{a3}
زمان کار کلید [۱]	t_{a1}	زمان شعله کشی کلید [۱]	t_{a1}
زمان کار کلید [۲]	t_{a2}	زمان شعله کشی کلید [۲]	t_{a2}
زمان تاخیر کلید [۲]	t_{a2}	زمان بار کردن کل کلید [۱]	t_{a1}
زمان درآوردن کلید [۱]	t_{a1}	زمان بار کردن کل کلید [۲]	t_{a2}
		زمان درآوردن کل کلید [۲]	t_{a2}
		زمان درآوردن کلید [۱]	t_{a1}

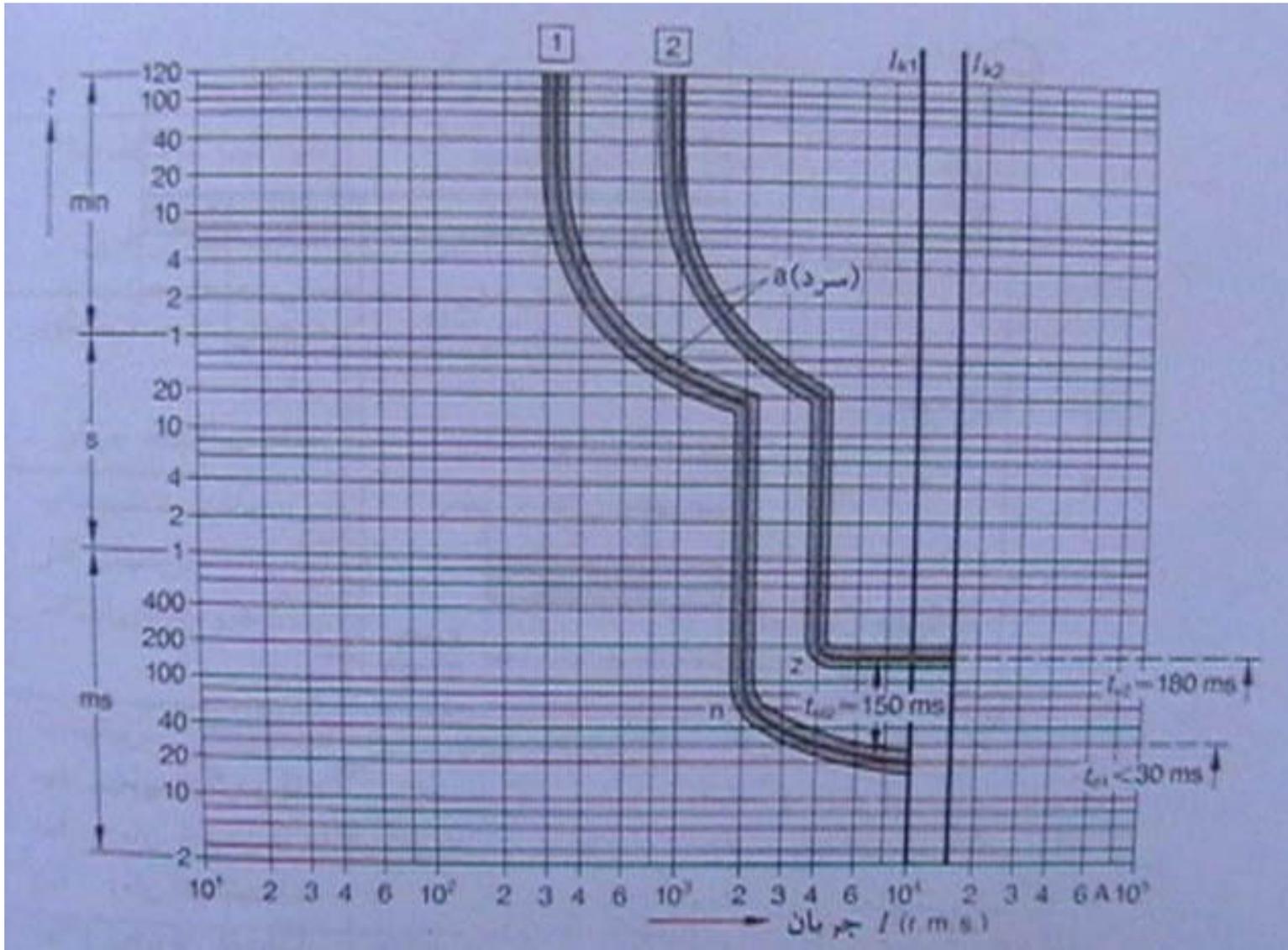
$t_{a3} = 3 \text{ تا } 4 \text{ میلی ثانیه}$ (بسته به نوع کلید و اندازه جریان اتصال کوتاه)

$t_{a4} = t_{a1} + t_{a2}$

مشخصه های نمایش داده شده در کاتالوگهای سازندگان ، در مورد رهاگرهای اضافه جریان مکانیکی (گرمایی) با تاخیر زمانی معکوس مربوط به وضعیت سرد است . در دمای کار عادی ، زمانهای باز کردن TO تا ۲۵% کاهش می یابد .

لیکن ، برای رهاگرهای اضافه جریان الکترونیکی با تاخیر زمانی معکوس مشخصه های « سرد » یا « گرم » وجود ندارد ، زیرا پیش بارکنش تاثیری بر آنها نمی گذارد . بنابراین ، مشخصه انتخاب شده باید برای موتور یا ترانسفورماتور مورد نظر در دمای کارشان مناسب باشد . مشخصه های رهاسازی که در کاتالوگهای سازندگان برای مدارشکنها داده می شود معمولاً مقادیر میانگین اند ، و باید با توجه به محدوده رواداشت (تولرانس) بسط داده شوند (برای داشتن وضوح بیشتر محدوده های بسط داده شده ، تنها در شکلهای ۱-۴-۲ و ۱-۴-۳ به نمایش درآمده اند)

براساس VDE ۶۶۰ بخش ۱۰۱ این رواداشت در مورد رهاگرهای اتصال کوتاه (Z.N,Z.N) ممکن است به ۲۰% جریان تنظیم شده نیز برسد . برای داشتن وضوح بیشتر ، برای مدارشکنهاي مجهز به رهاگرهای اضافه جریان با تاخیر زمانی ثابت (Z) تنها زمان تاخیر T و برای مدارشکنهاي با رهاگرهای لحظه ای N تنها زمان باز کردن T رسم شده است . شکل ۱-۴-۲



رهاگرهای اضافه جریان: زمانهای منتهی به از گیر درآمدن:

- a تاخیر زمانی معکوس t_{01} زمان باز کردن مدارشکن ❶
- b تاخیر زمانی ثابت t_{02} زمان تاخیر \approx زمان درجه بندی
- n لحظه ای t_{03} مدارشکن ❷

مبنای محدودسازی مشخصه ها:

ماکزیمم جریان اتصال کوتاه در محل نصب تجهیزات

❶ برای مدارشکن I_{k1}

❷ برای مدارشکن I_{k2}

بسط منحنی مشخصه:

❸ $\pm 10\%$ برای رهاگرهای «z» در مدارشکنهاي زمینس نوع ۳WE

زمان درجه بندی T فاصله زمانی لازم بین عملکرد و وسیله کلیدزنی متوالی است ، برای حصول اطمینان از اینکه تنها وسیله حفاظت درست قبل از محل عیب عمل کند .

هشدار : زمان درجه بندی Tst را نباید با مینیمم تاخیر زمانی ثابت Tv اشتباه کرد در جایی که چند مدار شکن متوالی با هم اند ، این دو مقدار تنها برای مدار شکن دوم (مدار شکن ۲) تقریباً برابرند .

زمانهای تاخیر و جریانهای کار در خلاف جهت گذر توان را ، که از تابلوهای توزیع شروع می شود درجه بندی کرد :

بدون فیوز وقتی مدار شکن بار بالاترین جریان تنظیم رهاگر اتصال کوتاه را دارد ، با فیوز دار ، وقتی فیوزهای مدار خروجی فیوز دار از شینه ها بالاترین جریاتن نامی را دارند .

در مواردی که فیوزهای با جریان نامی زیاد جداسازی لازم با رهاگر اضافه جریان با تاخیر زمانی ثابت (Z) مدار شکن خط تغذیه ترانسفورماتور را تامین نمی کنند ، یا اینکه تنها با زمانهای تاخیر بسیار طولانی Tv (۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی ثانیه) این کار را می کنند ، کاربرد مدار شکن بر فیوز برتری دارد .

در برخورد با مسائل جداسازی که دو سطح ولتاژ را شامل می شوند (شکل ۱-۴-۳۵ به بعد) تمام جریانها و مشخصه های رهاسازی در طرف فشار قوی با مبنای نسبت تبدیل ترانسفورماتور به طرف فشار ضعیف منتقل می شوند .

وسایل کمکی برای تهیه نمودارهای درجه بندی

فرمهای استاندارد با زوج مقدارهای جریان برای ولتاژهای متداول – از قبیل ۰,۴:۲۰ ، ۰,۴:۱۰ و ۰,۴:۱۳,۸ کیلوولت و غیره .

شابلونهای رسم مشخصه های رهاسازی برای رهاگرهای نوع «A»

جداسازی زمانی در طرف فشار ضعیف

برای جداسازی زمانی بین تعدادی مدار شکن ، یا بین مدار شکنها و فیوزهای HRC در عمل تنها زمان درجه بندی Tst و زمان تاخیر Tv اهمیت دارند (شکل ۱-۴-۳) را ببینید .

زمان تاخیر Tv2 مدار شکن ۲ را می توان تقریباً برابر با زمان درجه بندی Tst گرفت زمان تاخیر Tv برای مدار شکن ۳ از مجموع دو زمان درجه بندی Tst + Tst تشکیل می شود .

حاشیه های درجه بندی در نظر گرفته شده خطاهای ناشی از این کار را جبران می کنند .

زمان هخای درجه بندی Tst به دست آمده در عمل

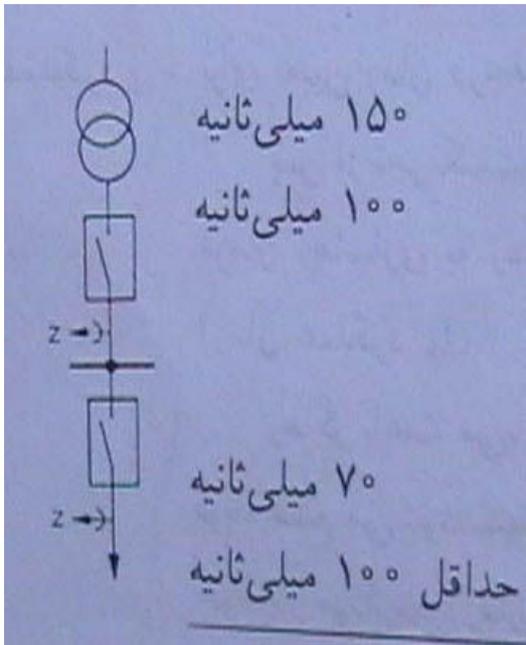
مدار شکنهای متوالی

با رهاگرهای اضافه جریان مکانیکی

با رهاگرهای اضافه جریان مکانیکی و رله های تاخیر زمانی جداگانه وابسته به آنها

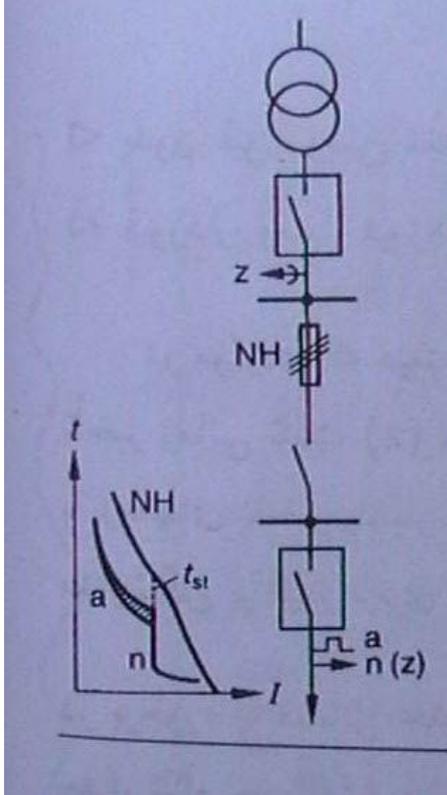
با رهاگرهای اضافه جریان الکترونیکی بین مدار شکنهای ۱ و ۲

بین مدار شکنهای ۲ و ۳



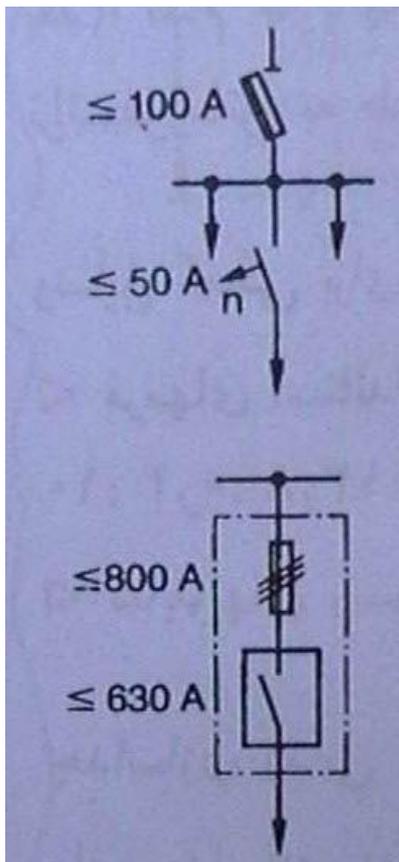
بدون توجه به نوع رهاگر Z - مکانیکی یا الکترونیکی - زمان درجه بندی حداقل ۱۰۰ میلی ثانیه بین مدارشکن و فیوز فشار قوی hrc به دنبالش لازم است .

بیش فیوز فشارقوی HRC و مدارشکن دنبالش ، باید زمان درجه بندی حداقل يك ثانيه از مشخصه زمان پیش شعله کشي جریان فیوز به محل تقاطع مشخصه هاي رهاگرهاي A و N یا Z جهت به حساب آوردن محدوده رواداشت رهاگر A منظور شود (شکل ۱-۴-۲۳ را ببینید) .



حفاظت پشتیبان

بر اساس VDE ۱۰۰ بخش ۳۱ ، مدارشکنهاي مینیاتوري باید به فیوزهاي پشتیبان با جریان نامی حداکثر ۱۰۰ آمپر ، برای حفاظت در برابر صدمه ناشی از جریانهاي اتصال کوتاه ، مجهز شوند . مدارشکنهاي خودکار فشار ضعیف MCCB با جریانهاي نامی بالاتر تا ۶۳۰ آمپر نیز ، در صورتی که جریان اتصال کوتاه در محل نصبشان از ظرفیت کلیدزنیشان بیشتر باشد ، بر همین اساس محافظت می شوند . در چنین موردی ، نباید از بیشترین جریان نامی مجاز فیوز تجاوز کرد .



راهنمایی بیشتر در رابطه با تجهیزات کلیدزنی و حفاظت فشار ضعیف در نشریه « کتاب راهنمایی فشار ضعیف » زمس ارائه شده است . این کتاب « راهنمایی برای برنامه ریزی طرح براساس کلیدافزار ، تابلوکلیدها و تابلوهای توزیع » به شمار می رود .

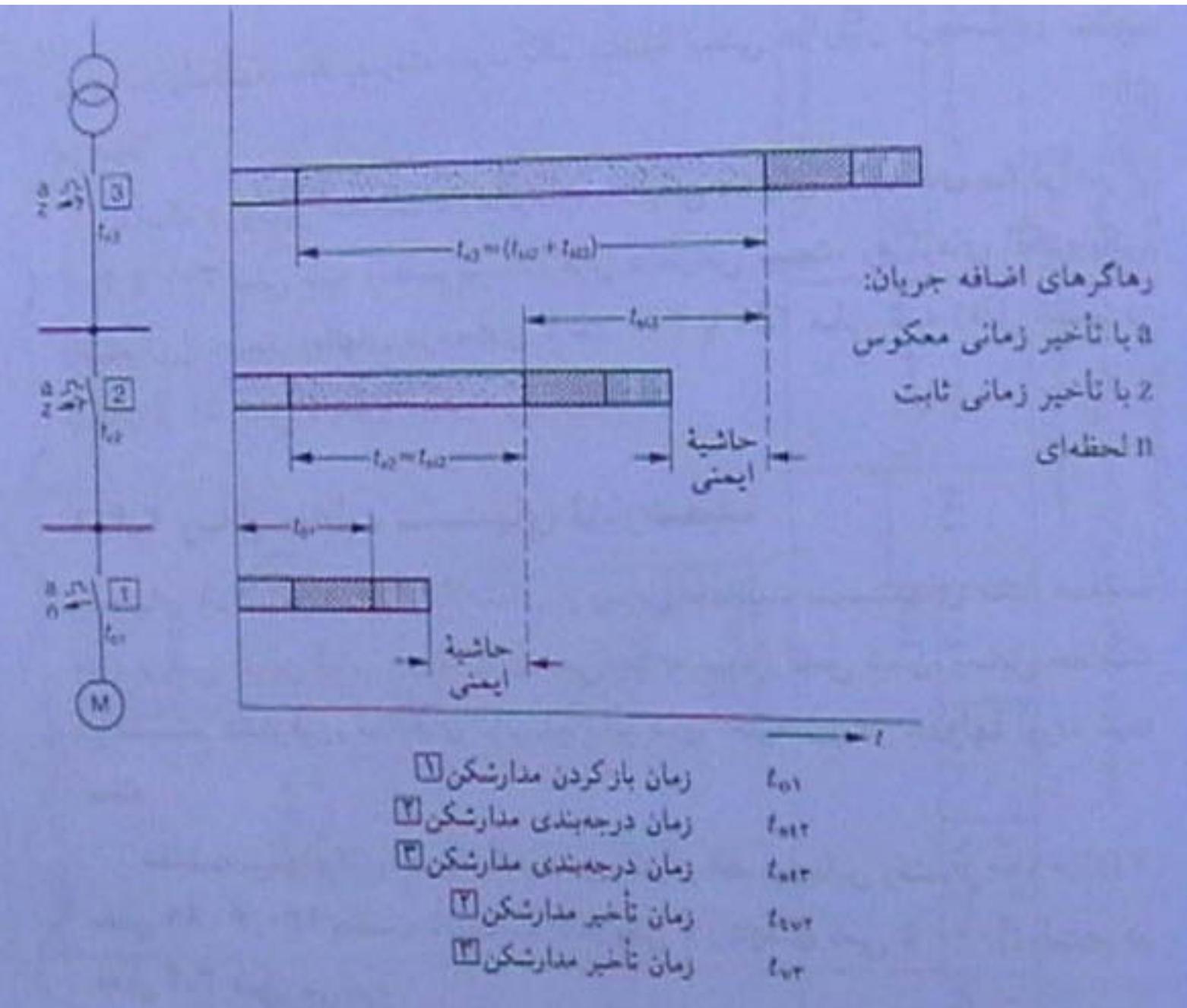
جداسازی زمانی در طرف فشار قوی

برای تعیین زمان درجه بندی Tst در طرف فشار قوی باید موارد زیر را در نظر داشت :

پس از تحريك شدن وسيله حفاظت (شکل ۱-۴-۴) زمان تنظيم شده ، پيش از آنکه فرمان رها سازي به رهاگر شنت يا کاهش ولتاژ مدارشکن را صادر کند ، سپري مي شود (زمان عملکرد tk) .

رهاگر باعث مي شود مدارشکن باز شود . پس از خاموش شدن شعله ، جريان اتصال کوتاه قطع مي شود . تنها پس از آن است که سيستم حفاظت به

وضعيت عادي (سکون) خود باز مي گردد (زمان رها سازي) شکل ۱-۴-۳



زمان درجه بندي Tst بين وسايل حفاظت پستهاي متوالي بايد از مجموع زمان کل برطرف سازي Tg مدارشکن و زمان رها سازي سيستم حفاظت بيشتر باشد .

چون به سبب عوامل مختلف ، بسط فاصله هاي زماني در وسايل حفاظت و در مدارشکنها بايد پذيرفته شود ، يك حاشيه ایمني در زمان درجه بندي منظور مي شود .

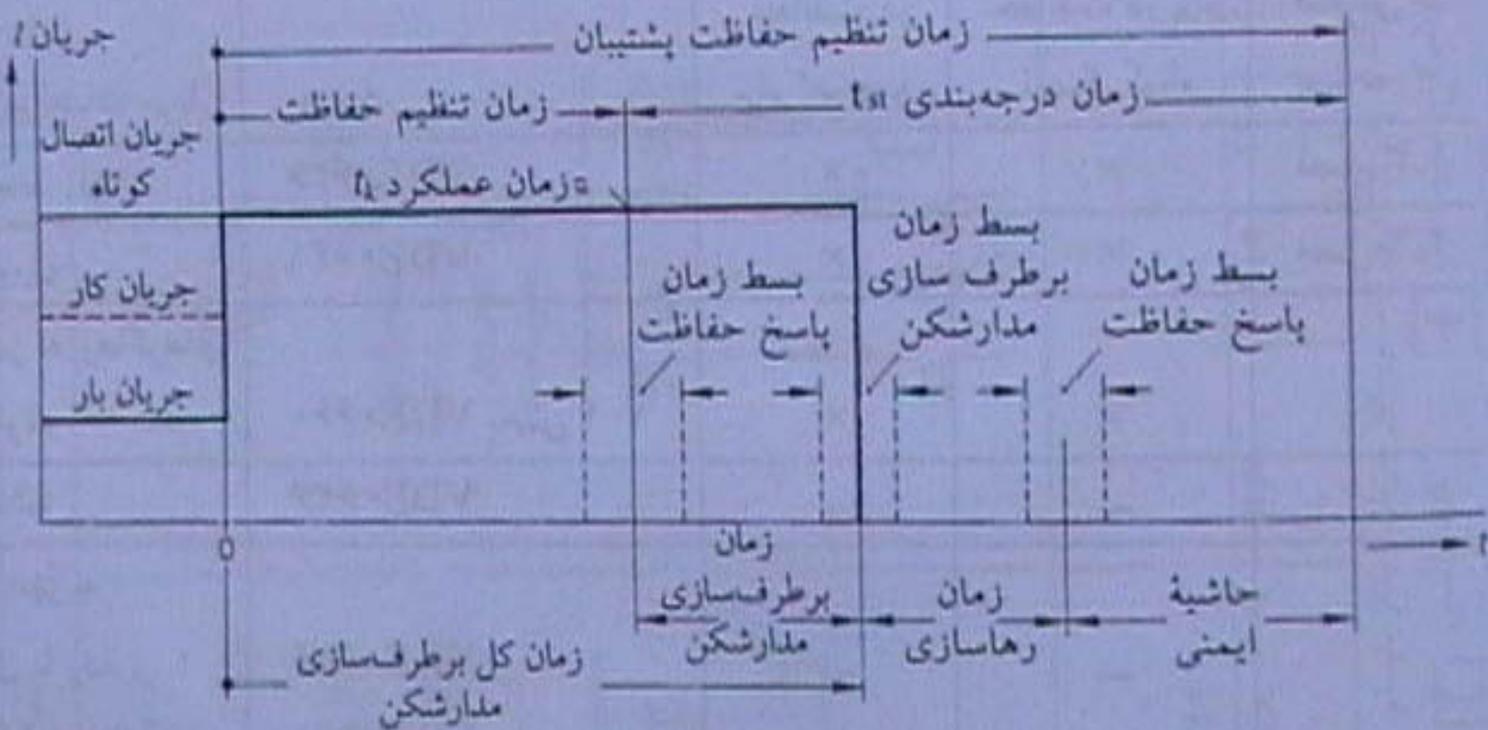
با اینکه در وسايل حفاظت با رهاگرهای مکانیکی زمانهای درجه بندي Tst کوتاهتر از ۴۰۰ تا ۳۰۰ ميلي ثانيه (تنظيم پيوسته) قابل دسترسي نيست ، رهاگرهای الکترونیکی (استاتیکی) جدیدتر زمانهای درجه بندي تا حد ۳۰۰ تا ۲۵۰ ميلي ثانيه (قابل تنظيم در گامهاي از ۵۰ ميلي ثانيه) را ممکن مي سازند .

۱-۴-۲- وسايل حفاظت سيستمهاي فشار ضعيف

جدولهاي ۱-۴-۲ و ۱-۴-۳ خلاصه اي از وسايل حفاظت سيستمهاي فشار ضعيف مورد بررسي در اين کتاب راهنما را ارائه مي کند ؛ به منظور کامل شدن ، وسايل حفاظت در سيستم فشار قوي مدارهاي ترانسفورماتورهاي تغذيه نیز در جدولها آورده شده است .

حفاظت سیمها و کابلها در برابر گرم شدن بیش از حد، براساس رهنمود VDE 100 بخش ۴۳۰/۶۰۸۱ « نصب تاسیسات الکتریکی با ولتاژهای نامی تا ۱۰۰۰ ولت » در فصل ۲-۲ عنوان می شود.

شکل ۴-۴-۱



شکل ۴-۴-۱ درجه بندی زمانی در سیستمهای فشارقوی.

جدول ۲-۴-۱

جدول ۲-۴-۱ خلاصه وسایل حفاظت کابلی در برابر اضافه جریان مورد بحث در این کتاب و پهنه حفاظت آنها

فصل یا صفحه	حفاظت در برابر اتصال کوتاه	حفاظت در برابر اضافه بار	رهنمود	وسایل حفاظت در برابر اضافه جریان
فصل ۱-۳	×	×	VDE 0636	فیوزهای حفاظت خط gL
فصل ۲-۳	×	×	VDE 0641	مدار شکنهای مینیاتوری
				مدار شکنهای مجهز به رهاگرهای اضافه بار و اتصال کوتاه
	×	×	VDE 0660 بخش ۱۰۱	
	—	—	VDE 0636	فیوزهای کلیدافزار gM
				مجموعه کلیدافزار مجهز به فیوزهای پشتیبان با رده عملکرد gL یا gM و کنتاکتگر همراه با رله اضافه بار
	—	—	VDE 0636	
	×	—	VDE 0660 بخش ۱۰۲ و ۱۰۴	
	×	—	VDE 0660 بخش ۱۰۱	یا کلید حفاظت موتوری و کنتاکتگر همراه با رله اضافه بار
	—	×	VDE 0660 بخش ۱۰۲ و ۱۰۴	

سیمها و کابلها باید بر طبق این رهنمود با وسایل حفاظت در برابر اضافه جریان ، در مقابل اضافه گرم شدنی که ممکن است به علت هم اضافه بارهای بهره برداری و هم اتصال کوتاههای کامل پدید آید ، محافظت می شوند .

۱-۴-۲-۱ مدار شکنهای حفاظتگر

انواع مدارشکن

مدار شکنها عمدتاً برای حفاظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه و همچنین برای حفاظت در برابر نشت به زمین و کاهش ولتاژ به کار می رود .

آنها بر طبق عملکرد حفاظتیشان ، به شرح زیر دسته بندی می شوند (جدول ۱-۴-۱ را ببینید) :

مدار شکنهای ویژه حفاظت سیستم بر طبق vde۶۶۰ بخش ۱۰۱ و مدار شکنهای ویژه حفاظت موتور به عنوان راه انداز موتور بر طبق vde۶۶۰ بخشهای ۱۰۱ و ۱۰۴ .

مدار شکنهای مورد استفاده در سیستمهای توزیع برق از نظر ساختمان بر دو نوع اند :

مدار شکن نوع بسته (کلید خودکار) مثل سری ۳ v زیمنس

ولتاژ کار نامی ue ۶۶۰ v و ۵۰ hz

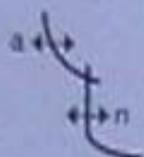
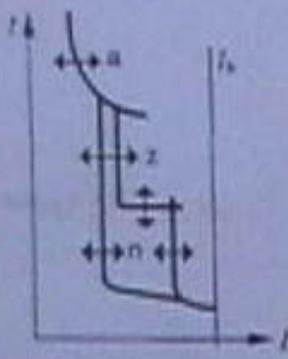
ماکزیمم جریان نامی مداوم ، سه قطبی ۶۳۰ تا ۴۰۰۰ آمپر

ماکزیمم جریان نامی مداوم ، چهار قطبی ۶۳۰ تا ۱۶۰۰ آمپر

که عمدتاً در تابلو کلیدهای نوع ۸ pu (فصل ۱-۱۱) در سیستمهای توزیع اصلی و در تابلوهای توزیع به عنوان واحدهای mcc (مرکز کنترل موتورها) (فصل ۱-۱۱) به کار گرفته می شوند .

جدول ۱-۴-۲ انواع مدارشکن از نظر عملکرد حفاظتی و کاربرد

رهایرهای اضافه جریان نشانههای مشخص رهایر	نشانه	ماکزیمم جریان نامی مداوم $I_u(A)$	ساختمان	حفاظت		عملکرد حفاظتی	کاربرد
				حفاظت موتور	حفاظت سیستم		
	an	۱۶ ۸۵ ۳۲ ۶۳۰ ۲۵۰ ۱۶۰	سته در داخل محفظه پلاستیکی	۳VE	-	مدارشکن ویژه حفاظت موتورها	
	n	۱۶ ۵۸ ۳۲ ۸۰۰ ۲۵۰ ۱۶۰	MCCB) مدارشکن با محفظه بکیارچه	۳VN	-	مدارشکن راهانداز	
	an	۶۳ ۲۵۰ ۱۶۰ ۱۲۰۰ ۶۳۰		-	۳VT	مدارشکن توزیع	
		۱۶۰ ۲۵۰ ۸۰۰		-	۳VP	قطع مدار با حفاظت در برابر اتصال کوتاه	
	an	۲۰۰ ۲۲۵ ۱۰۰ ۸۰۰ ۶۰۰			۳VS	مدارشکن ویژه حفاظت با ظرفیت کلیدزنی زیاد (محدودهکننده جریان)	

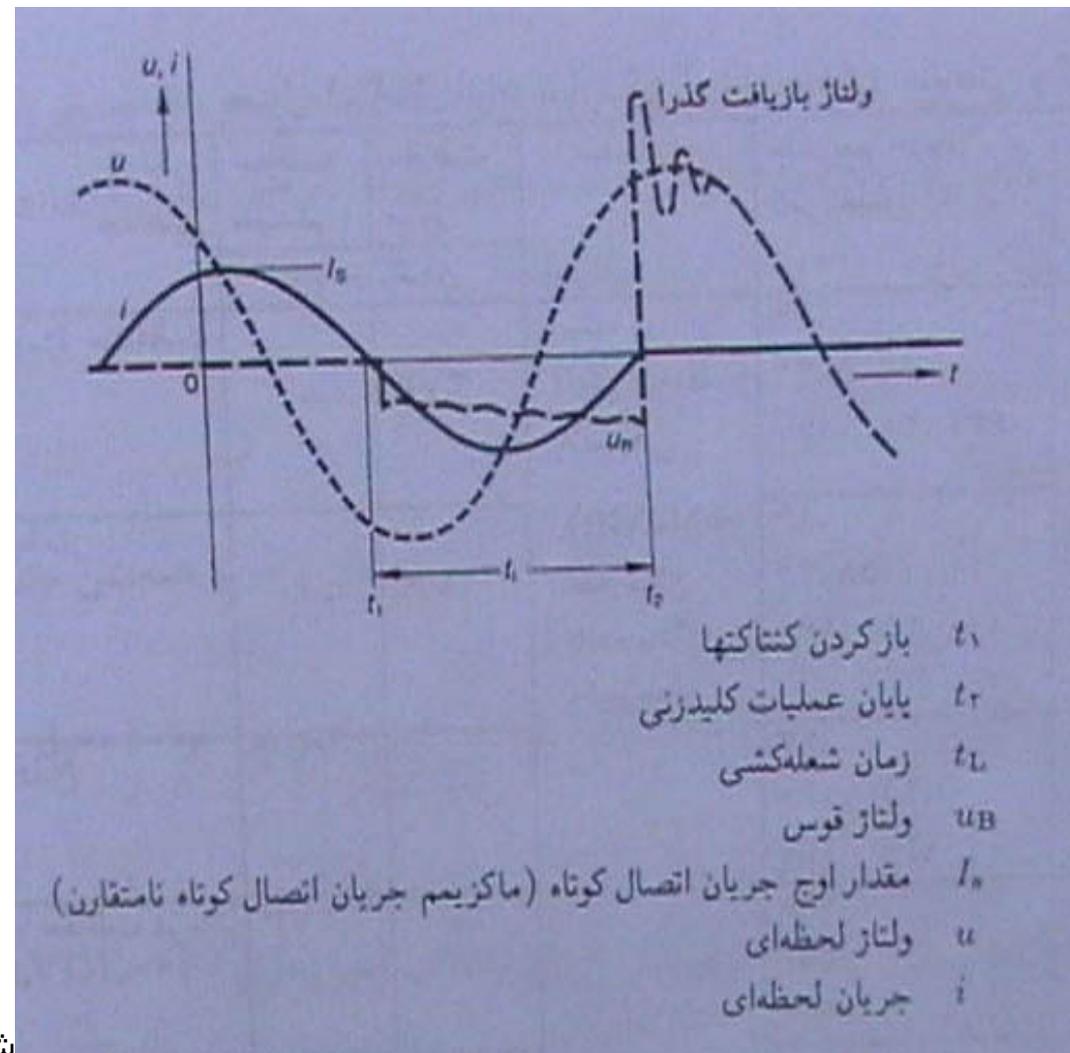
	an	.۲۰۰ .۲۲۵ .۱۰۰ ۸۰۰ .۶۰۰		۳VS	مدار شکن ویژه حفاظت با ظرفیت کلیدزنی زیاد (محدوده کننده جریان)
	azn	۱۰۰۰ .۸۰۰ .۶۳۰	بار، در سه اندازه برای I	۳WE	مدار شکنهای با جریان نامی زیاد برای تمام کارستهای حفاظتی
	az, an	۱۶۰۰ .۱۲۵۰	تأسیسات II		
	,zn	۲۵۰۰ .۲۰۰۰	کشویی و III		
	z, n	۲۰۰۰ .۳۱۵۰	ثابت		

۱. برای دستیابی به جزئیات بیشتر در مورد انواع مشخصه های رهاگرهای اضافه جریان به جدول ۱-۴-۶ رجوع کنید.

۲. مدار شکن نوع ۳VS با ظرفیت قطع اتصال کوتاه نامی زیاد (۵۰kA ≤ در ۳۸۰V) یا خیلی زیاد (۱۰۰kA در ۳۸۰V) در دسترس است.

۳. مدار شکنهای کشویی اندازه III، در بعضی موارد، جریانهای نامی مداوم کمتری دارند.

مدار شکنهای ac بر طبق روش قطع جریان در شرایط اتصال کوتاه، به دو گروه تقسیم می شوند:
 مدار شکنهای با قطع در جریان صفر
 مدار شکنهای محدود کننده جریان



شکل ۱-۴-۵

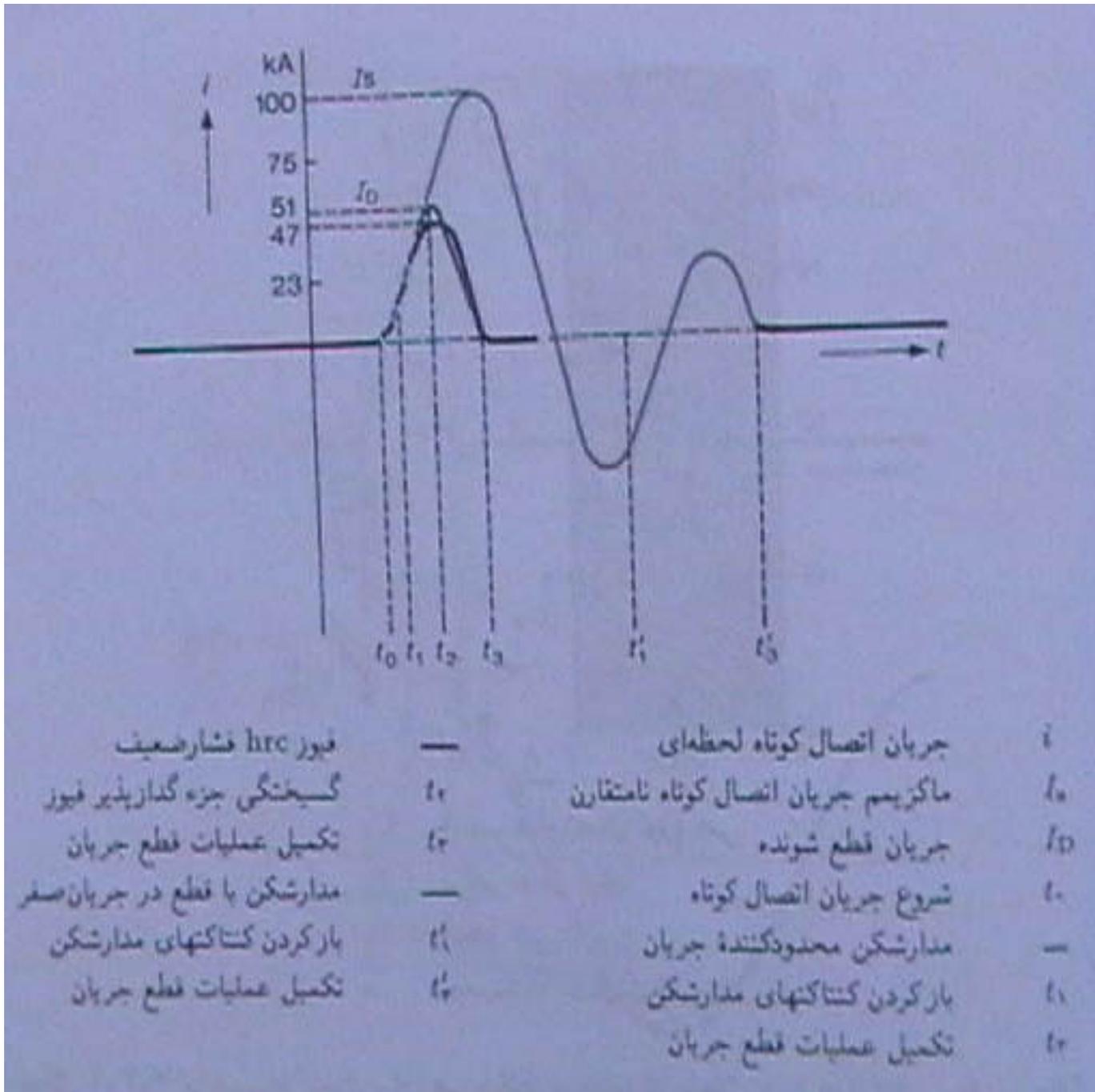
مدار شکنهای با قطع در جریان صفر

مدار شکنهای با قطع در جریان صفر قوس ناشی از کلیدزنی ac را زمانی که جیان ، در نیم سیکل دومش ، به طور طبیعی از صفر می گذرد خاموش می کنند

مدار شکنهای محدودکننده جریان

منظور از محدود کردن جریان این است که جریان اتصال کوتاه در حالی که هنوز در نیم سیکل اول ، پیش از رسیدن به مقدار اوج (ماکزیمم جریان اتصال کوتاه نامتقارن T_s) در حال افزایش یافتن است قطع می شود و در نتیجه به جریان قطع شونده (گذرنده) I_d کمتری محدود می شود . محدود کردن جریان می تواند به وسیله روشهای متعددی حاصل شود .

شکل ۱-۴-۶ مقایسه ای بین قطع جریان اتصال کوتاه در يك قطب به وسیله فیوز hrc را با مدارشکنی با و بدون محدود کردن جریان نشان می دهد .



شکل ۱-۴-۶

روشهای محدود کردن جریان

مدار شکنهای با رهاگرهای اضافه جریان پرمقاومت

در مدار شکنهایی که رهاگر اضافه جریان با تاخیر زمانی معکوس (حرارتی) دارند ، مقاومت مسیر جریان در سیم پیچ گرمکن تسه دو فلزی ، به علاوه پیچ رهاگر اضافه جریان الکترومغناطیسی ، بسیار زیاد است . مقاومت مدارشکن R_s می تواند آنقدر زیاد باشد که جریان اتصال کوتاه I_k را به حدی محدود کند که مدارشکن بتواند آن را از نظر حرارتی و دینامیکی کنترل و قطع کند . چنین مدارشکنی « پاد اتصال کوتاه » است و آن را می

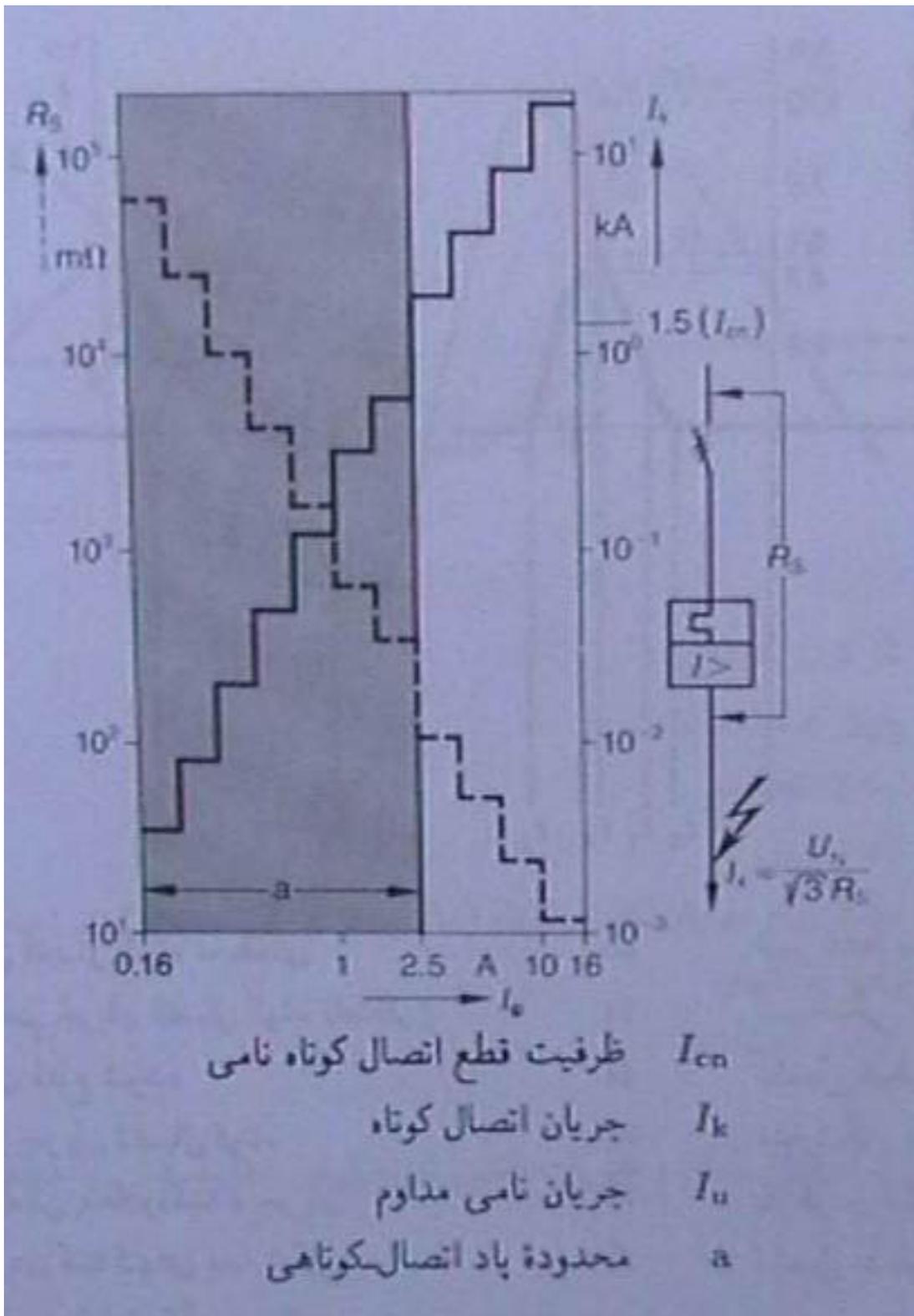
تواند در نقاطی از سیستم که در آنها جریانهای اتصال کوتاه متجاوز از ۵۰ ka از کار گرفت . محدوده تنظیمی که مدارشکن تا آن حد هنوز پاد اتصال کوتاه است به ظرفیت کلید زنیش بستگی دارد . چون این هم به نوبه خویش به ولتاژ نامی بستگی دارد ، « توانایی پاد اتصالی » با ولتاژ نامی فرق می کند .

شکل ۱-۴-۷ با کمک مثالی از مدارشکن ویژه حفاظت موتور نوع ۱ VE ۳ ، این واقعیت را به نمایش می گذارد که جریان اتصال کوتاه گذرنده از مقاومت R_s مدارشکن ، چه با جریانهای نامی مداوم کم I_u تا حد ۲,۵ آمپر و چه با اتصال کوتاه کاملی در سرهای مدارشکن ، در ولتاژ ۳۸۰ ولت از ۱,۵ کیلو آمپر (ظرفیت قطع اتصالی نامی I_{cn} مدارشکن) تجاوز نمی کند . بنابراین ، می توان آن را در نقاطی از سیستم که جریان اتصال کوتاه ممکن است از ، برای مثال ۵۰ کیلوآمپر بیشتر باشد به کار گرفت .

مداشکنهای با زمان ازگيردرآمدن فوق العاده کوتاه و ولتاژ قوس زیاد

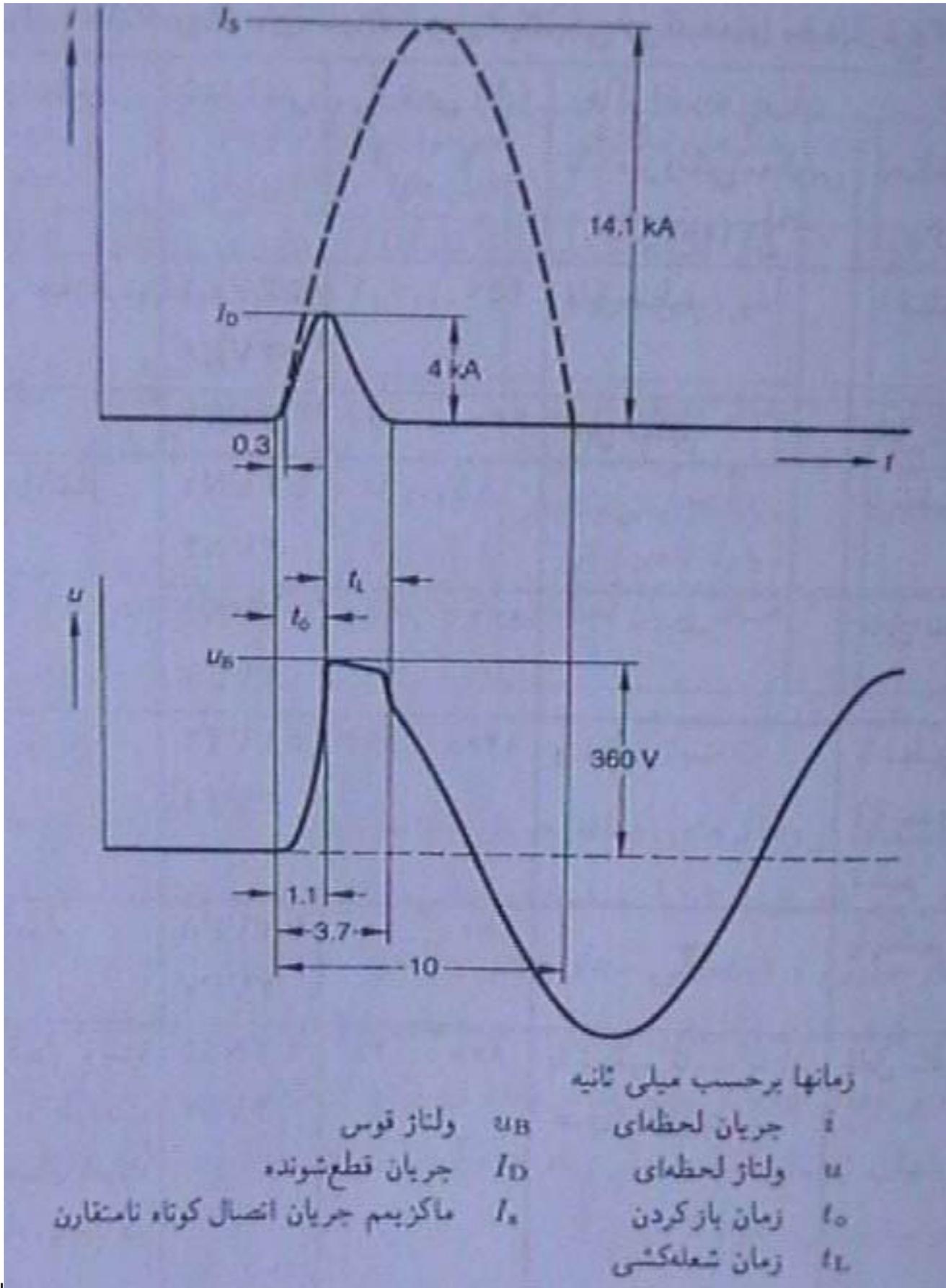
مدارشکنهای محدود کننده جریان مکانیزم رهاسازی ، باز کردن و شعله خاموش کنی دارند که آثارشان ، مطابق شکل ۱-۴-۸ به شرح زیر است : کنتاکتها پیش از فرارسیدن ماکزیمم جریان اتصال کوتاه نامتقارن I_s باز می کنند و در نتیجه بلافاصله ولتاژ قوس u_b بزرگی ، متقابلاً همراه با یک مقاومت بزرگ ، در مدار پدید می آید .

شکل ۱-۴-۷



صورتی از انواع رهاگرهاي اضافه جريان موجود ، مکانیکی یا الکترونیکی (تنها برای مدارشکتهای نوع باز we ۳) در جدولهای ۱-۴-۵ تا ۱-۴-۷ داده شده است .

رهاگرهاي اضافه جريان را می توان به صورت بخشی از ساختمان داخلی مدارشکن ساخت و یا آنها را به صورت مدولهایی جداگانه برای نصب بر روی مدارشکتهای موجود یا نشانیدن به جای رهاگرهایی قدیمی تولید کرد . موارد استثنا را سازندگان در برگه های مشخصات مشخص می کنند .



شکل ۱-۴-۸

جدول ۱-۴-۵ نمادهای رهاگرهای اضافه جریان بر طبق کاربرد حفاظتی آنها

نمادهای نمایشی بر طبق DIN ۴۰۷۱۳		مشخصه تأخیر زمانی	نماد زمینس	کاربرد حفاظتی
نمودار بلوکی	نمودار مداری یا	رهاگر اضافه جریان		
		تأخیر زمانی معکوس	a	حفاظت در اضافه بار
		تأخیر زمانی ثابت به وسیله عنصر زمانگیری	z	حفاظت در برابر اتصال کوتاه با جداسازی زمانی
		لحظه‌ای	n	حفاظت در برابر اتصال کوتاه

از این پس، مجموعه رهاگرها تنها به وسیله نمادهای حرفی مشخص خواهند شد، مثل رهاگرهای «an»، «azn» و «zn».

جدول ۱-۴-۶ رهاگرهای اضافه جریان مکانیکی در کلیدهای خودکار نوع ۳۷

نوع کلید بر اساس کاربرد	شماره فنی	I_{II} نامی (A) از تا	رهاگر اضافه جریان
مدار شکن حفاظت موتوری	۳VE۱ تا ۳VE۶	۱ تا ۲۵۰	رهاگر «a» قابل تنظیم با تأخیر زمانی معکوس (رهاگر «an») لحظه‌ای
	۳VE۷	۱۶۰ تا ۶۳۰	رهاگر «a» قابل تنظیم (رهاگر «an») قابل تنظیم
مدار شکن راه‌انداز	۳VN۱ تا ۳VN۴	۱ تا ۸۵	رهاگر «a» قابل تنظیم (رهاگر «an») با تنظیم ثابت
	۳VN۵ تا ۳VN۷	۱۰۰ تا ۸۰۰	رهاگر «a» قابل تنظیم (رهاگر «an») قابل تنظیم
مدار شکن توزیع	۳VT۴ تا ۳VT۸	۶۳ تا ۱۲۰۰	رهاگر «a» قابل تنظیم (رهاگر «an») با تنظیم ثابت یا (تا حدی) قابل تنظیم

مدار شکن توزیع	۳۷۷۴ تا ۳۷۷۸	۱۲۰۰...۶۳	با تنظیم ثابت	با تنظیم ثابت یا (تا حدی) قابل تنظیم
قطع کننده مدار	۳۷۷۵ تا ۳۷۷۷	۸۰۰...۱۰۰	—	با تنظیم ثابت
مدار شکن ویژه حفاظت با ظرفیت قطع اتصال کوتاه نامی زیاد I_{CN} در ۳۸۰ ولت $\leq 50kA$	۳NS۵ تا ۳VS۷	۸۰۰...۴۰	با تنظیم ثابت یا (تا حدی) قابل تنظیم	قابل تنظیم
۱۰۰kA	۳VSA	۸۰۰...۶۰	با تنظیم ثابت	قابل تنظیم

روشهای محدود کردن جریان

مدار شکنهای با رهاگرهای اضافه جریان پرمقاومت

در مدار شکنهایی که رهاگر اضافه جریان با تاخیز زمانی معکوس (حرارتی) دارند، مقاومت مسیر جریان در سیم پیچ گرمکن تسمه دو فلزی، به علاوه پیچ رهاگر اضافه جریان الکترومغناطیسی، بسیار زیاد است. مقاومت مدار شکن R_s می تواند آنقدر زیاد باشد که جریان اتصال کوتاه I_k را به حدی محدود کند که مدار شکن بتواند آن را از نظر حرارتی و دینامیکی کنترل و قطع کند. چنین مدار شکنی «پاد اتصال کوتاه» است و آن را می تواند در نقاطی از سیستم که در آنها جریانهای اتصال کوتاه متجاوز از $50 ka$ انتظار می رود به کار گرفت. محدوده تنظیمی که مدار شکن تا آن حد هنوز پاد اتصال کوتاه است به ظرفیت کلید زنیست بستگی دارد. چون این هم به نوبه خویش به ولتاژ نامی بستگی دارد، «توانایی پاد اتصالی» با ولتاژ نامی فرق می کند.

شکل ۱-۴-۷ با کمک مثالی از مدار شکن ویژه حفاظت موتور نوع $VE1$ ۳، این واقعیت را به نمایش می گذارد که جریان اتصال کوتاه گذرنده از مقاومت R_s مدار شکن، چه با جریانهای نامی مداوم کم I_u تا حد ۲,۵ آمپر و چه با اتصال کوتاه کاملی در سرهای مدار شکن، در ولتاژ ۳۸۰ ولت از ۱,۵ کیلو آمپر (ظرفیت قطع اتصالی نامی I_{cn} مدار شکن) تجاوز نمی کند. بنابراین، می توان آن را در نقاطی از سیستم که جریان اتصال کوتاه ممکن است از، برای مثال ۵۰ کیلو آمپر بیشتر باشد به کار گرفت.

مداشکنهای با زمان از گیر در آمدن فوق العاده کوتاه و ولتاژ قوس زیاد

مدار شکنهای محدود کننده جریان مکانیزم رهاسازی، باز کردن و شعله خاموش کنی دارند که آثارشان، مطابق شکل ۱-۴-۸ به شرح زیر است: کنتاکتها پیش از فرارسیدن ماکزیمم جریان اتصال کوتاه نامتقارن I_s باز می کنند و در نتیجه بلافاصله ولتاژ قوس u_b بزرگی، متقابلاً همراه با یک مقاومت بزرگ، در مدار پدید می آید.

رهاگرهای اضافه جریان

صورتی از انواع رهاگرهای اضافه جریان موجود، مکانیکی یا الکترونیکی (تنها برای مدار شکنهای نوع باز we ۳) در جدولهای ۱-۴-۵ تا ۱-۴-۷ داده شده است.

رهاگرهاي اضافه جريان را مي توان به صورت بخشي از ساختمان داخلي مدارشكن ساخت و يا آنها را به صورت مدولهاي جداگانه براي نصب بر روي مدارشكنهاي موجود يا نشانند به جاي رهاگرگيهاي قديمي توليد كرد . موارد استثنا را سازندگان در برگهاي مشخصات مشخص مي كنند . رهاگر اضافه جريان (حرارتي) به تاخير زماني

قابليت استقامت در برابر اتصالي و ظرفيتهاي نامي وصل و قطع اتصال کوتاه جريانهاي نامي

ولتاژ سيستم ، در ارتباط با تعيين ولتاژ عايق بندي نامي u_i و

ولتاژ نامي u_e عملي اساسي در انتخاب مدارشكن است

ولتاژ عايقبندي نامي u_i مقدار ولتاژ استاندارد شده اي است كه عايقبندي مدارشكن و اجزاي مرتبط با آن ، بر اساس $vde \cdot 110$ و مطابق با گروه عايقبندي e براي آن ولتاژ طراحي مي شوند .

ولتاژ نامي u_e مدارشكن ولتاژي است كه ظرفيتهاي نامي وصل و وصل اتصال کوتاه و رده پاسخ كليد به اتصال کوتاه به آن ولتاژ مربوط مي شود .

اندازه نامي u_e مدارشكن ولتاژي است كه ظرفيتهاي نامي وصل و وصل اتصال کوتاه و رده پاسخ كليد به اتصال کوتاه به آن ولتاژ مربوط مي شود.

اندازه جريان اتصال کوتاه در محل نصب ، از نظر تعيين توانايي استقامت در برابر اتصالي ، و

ظرفيتهاي نامي وصل و قطع اتصال کوتاه ، عملي اساسي در انتخاب مدارشكن است .

توانايي استقامت ديناميكي در برابر اتصالي ، طبق تعريف ، همان ماكزيمم جريان اتصال کوتاه نامتقارن i_s است . اين كميت بيشتري مقدار لحظه اي مجاز جريان اتصال کوتاه مورد انتظار در مسير عبور جرياني است كه تحت بيشتري تنش قرار دارد .

توانايي استقامت حرارتي در برابر اتصالي همان مقدار جريان کوتاه مدت نامي (جريان يك ثانيه) را داراست . اين كميت جرياني است كه مدارشكن توانايي تحمل آن را به مدت يك ثانيه دارد .

ظرفيت نامي كليد زني اتصال کوتاه مدارشكن ، طبق تعريف ، همان ظرفيت نامي وصل اتصال کوتاه و ظرفيت نامي وصل اتصال کوتاه ، در ارتباط با رده پاسخ به اتصال کوتاه $p - 1$ با $p - 2$ است . (جدول ۱ - ۴ - ۱۰ را ببينيد) .

ظرفيت نامي وصل اتصال کوتاه جريان اتصال کوتاهي است كه مدارشكن قادر است در ولتاژ كامي نامي به اضافه 10% فرکانس نامي و ضريب تواني مشخص آن جريان را وصل كند . اين كميت به صورت ماكزيمم مقدار اوج جريان اتصال کوتاه مورد

انتظار تعريف مي شود . و حداقل برابر است با ظرفيت نامي وصل اتصال کوتاه ضرب در ضريب n داده شده در جدول ۱ - ۴ - ۹ .

ظرفيت نامي وصل اتصال کوتاه i_{cn}

ظرفيت نامي وصل اتصال کوتاه i_{cn} جريان اتصال کوتاهي است كه مدارشكن قادر است در ولتاژ كار نامي به اضافه 10% فرکانس نامي و ضريب تواني مشخص آن جريان را قطع كند . اين كميت به صورت موثر مولفه متقارن جريان تعريف مي

شود .

مقادير مينييم وابسته به جريان نامي مدارشكن در $vde \cdot 660$ بخش ۱۰۱ تعريف شده اند .

رابطه بين ظرفيت وصل نامي ، ضريب توان و ظرفيت وصل نامي در جدول ۱ - ۴ - ۹ نشان داده شده است .

رده هاي پاسخ در برابر اتصال کوتاه رفتار مدارشكن در شرايط اتصال کوتاه و وضعيت قابل قبول مدارشكن پس از آزمايش ظرفيتهاي نامي وصل و قطع اتصال کوتاهش در يك توالي كليد زني معين را توصيف مي كنند .

می باید بین جریانهای نامی زیر ، با توجه به مشخصه های حرارتی کلید ، فرق گذاشت :

جریان مداوم نامی iu و

جریان نامی کار ie

جریان مداوم نامی iu جریانی است که مدارشکن می تواند به مدت نامحدود تحت شرایط کار و محیطی عادی بدون عملیات کلید زنی ، بدون نیاز به مداخله و بی آنکه دمایش از مقدار مجاز تجاوز کند از خود بگذراند .

در رهاگرها و رله های حرارتی قابل تنظیم ، جریان مداوم نامی همان ماکزیمم جریان تنظیمی ir است .

جریان کار نامی ie جریانی است که به وسیله شرایط ویژه کار مدارشکن تعیین می شود .

در دمای محیط بالاتر می توان جریان کار نامی کمتری برای مدارشکن در نظر گرفت .

جریان کار نامی برای مدارشکنهای کشویی نیز ممکن است با مقدار مربوط به مدارشکنهای ثابت با همان اندازه فرق داشته باشد .
انتخاب مدارشکنهای بر مبنای صرفه جویی

پس از مشخص شدن آرایش کلی مدار شامل بارها و محاسبات اتصال کوتاه مربوطه ، نوع مدارشکنها را می توان به طور کلی به کمک نمودار شکل ۱ - ۴ - ۹ تعیین کرد . می توان به کمک این نمودار ، بر مبنای صرفه جویی ، و با توجه به جریان مداوم نامی iu و ظرفیت نامی قطع اتصال کوتاه icn در ولتاژ کار نامی U_e معادل ۳۸۰ ولت و ۵۰ هرتز ، از میان بیشتر مدارشکنها انتخاب سریعی انجام داد .

در بسیاری موارد ظرفیت نامی قطع اتصال کوتاه icn در ولتاژهای کار نامی به غیر از ۳۸۰ ولت مقادیر متفاوتی دارد . در آن صورت ، در هنگام انتخاب مدارشکن باید به جدیدترین داده های فنی سازندگان رجوع کرد .

۱ - ۴ - ۲ - ۲ واحد های کلید زنی مرکب

واحد های کلید زنی مرکب آرایشهای متوالی از وسایل کلید زنی و حفاظت با وظایف مختلف اند . که در آنها اولین وسیله ، برحسب جهت گذر توان ، حفاظت در برابر اتصال کوتاه را تامین می کند .

در بیشترین موارد واحدهای کلید زنی مرکب به صورت واحد های فرعی سوار می شوند .

واحد های کلید زنی مرکب فیوز دار

فیوزها و مدارشکنها

اگر جریان اتصال کوتاه مورد انتظار ik در محل مدارشکن از ظرفیت نامی قطع اتصال کوتاه icn آن بیشتر باشد ، باید از فیوز در فرادست مدارشکن استفاده کرد .

فیوزها باید طوری انتخاب شوند که پیش از آنکه جریان اتصال کوتاه مدار ik از ظرفیت نامی قطع نامی icn مدارشکن بیشتر شود آن را قطع کنند (شکل ۱ - ۴ - ۱۰)

مناطق حفاظت و عملیات معینی برای هر وسیله در واحد کلید زنی مرکب تعریف می شود . جریانهای اضافه بار به وسیله رهاگر (a) شناسایی می شوند ، در حالی که جریانهای اتصال کوتاه تا حدود ظرفیت نامی قطع اتصال کوتاه icn مدارشکن به عهده رهاگر (n) گذاشته می شوند .

بنابراین ، مدارشکن حفاظت در برابر تمام اضافه جریانها را تا حدود ظرفیت نامی قطع اتصال کوتاهش icn به عهده می گیرد و باز کردن همه قطبها و آمادگی برای بازبست را تعیین می کند .

فیوزها وظیفه قطع اتصال کوتاه را تنها در شرایط جریانهای اتصال کوتاه ik بسیار بزرگ به عهده دارند . در آن صورت باز هم مدارشکن تقریباً به طور همزمان تمام قطبهایش را که بر اثر عبور جریان قطع شونده id فیوز از رهاگر (n) رها می شوند ، باز می کند . در نتیجه ، فیوز باید طوری انتخاب شود که جریان قطع آن id از ظرفیت قطع اتصال کوتاه icn مدارشکن بیشتر نباشد .

فیوزها ، کنتاکتگر و رله اضافه جریان با تاخیر زمانی حرارتی

از کنتاکتگر برای روشن و خاموش کردن موتور استفاده می شود. حفاظت موتور، کابل موتور و کنتاکتگر در برابر اضافه بار را رله اضافه جریان تامین می کند. در حالی که فیوزهای نصب شده در فرادست کنتاکتگر و رله اضافه جریان حفاظت کل تجهیزات، از جمله موتور و کابلش را به عهده دارند. به این منظور، مناطق حفاظت و مشخصه های همه اجزا باید به دقت هماهنگ شوند (شکل ۱-۴-۱۱).

شکل ۱-۴-۱۱ واحد مرکب متشکل از فیوزها، کنتاکتگر و رله اضافه جریان با تاخیر حرارتی.

واحد کلید زنی مرکب حاوی کنتاکتگر و رله اضافه جریان را راه انداز موتور، یا در مورد راه اندازی مستقیم موتور سه فاز راه انداز مستقیم روی خط نامند.

کنتاکتگرها تحت پوشش رهنمود ۰۶۶۰ vde بخش ۱۰۴ قرار می گیرند.

این دو بخش از دستور کار فوق هر کدام موارد زیر را عنوان می کنند.

در جدول I رده های کاربست برای کاربردهای نمونه وار

در جدول ii شرایط وصل و قطع کردن مرتبط با رده های کاربست

در پیوست (ج) و «هماهنگی وسایل حفاظت در برابر اتصال کوتاه» قسمت ۴ c «نوع حفاظت و شرایط اضافی مربوط» برای جریانهای مازاد بر ظرفیت های قطع عنوان شده در جدولهای II.

برای کنتاکتگرها، رده های درجات خسارت «a» تا «c»

بنابر تعریفهای زیر مجاز به حساب می آیند.

«a» تخریب و تعویض همه یا بخشهایی از کنتاکتگر

«b» به هم جوش خوردن کنتاکتها و تغییر دائمی در مشخصه رهاسازی رله جریان

«c» به هم جوش خوردن کنتاکتها

حفاظت و پهنه کار تجهیزات

پهنه های حفاظت و مشخصات مربوطه وسایل تشکیل دهنده یک واحد کلید زنی مرکب که به عنوان راه انداز موتور به کار رفته در شکل ۱-۴-۱۱ به نمایش گذاشته شده است.

فیوزهای مورد استفاده در این واحد باید دارای ویژگیهای زیر باشند:

مشخصه های جریان-زمان فیوزها و رله اضافه جریان باید اجازه دهند موتور به سرعت نامی خود برسد.

فیوزها باید رله اضافه جریان را در برابر تخریب بر اثر جریانهای بیش از ده برابر جریان نامی رله محافظت کنند.

فیوزها باید اضافه جریانهای فراتر از توانایی کنتاکتگر را قطع کنند. (جریانهای بزرگتر از هشت برابر جریان کار نامی I_c برای رده کار بست ۳-ac و ده برابر برای ۴-ac).

فیوزها باید کنتاکتگرها را در شرایط اتصال کوتاه حفاظت کنند. در این رابطه یکی از دو ضابطه زیر باید رعایت شود.

به هم جوش خوردن کنتاکتها اصلاً مجاز نیست، یا

به هم جوش خوردن جزئی و جدا شونده کنتاکتها قابل قبول است.

(کنتاکتگرها باید بتوانند وصل شدن جریانهای موتوری از I_{e1} تا I_{e2} را، بسته به جریان کار نامی I_e بدون جوش خوردن کنتاکتها تحمل کنند).

برای ارضای این شرایط باید، مطابق شکل ۱-۴-۱۱، حاشیه های ایمنی a تا C بین بضی از مشخصه های وسایل رعایت شود.

برای حفاظت رله اضافه جریان مشخصه جریان - زمان پیش شعله کشی فیوز (در این مثال ، فیوز کلید افزار فشار ضعیف HRC در رده کار AM - صفحات ۲۱۸ و ۲۱۹ را ببینید) باید به اندازه حاشیه A پایینتر از محل تقاطع مشخصه رهاسازی رله اضافه جریان (۱) با منحنی بقایش (۲) قرار گیرد .

برای حفاظت کنتاکتگر در برابر جریان قطع بیش از حد ، مشخصه جریان - زمان پیش شعله کشی فیوز در مقدار جریانی که معرف ظرفیت قطع کنتاکتگر است (۳) باید به اندازه B پایینتر از مشخصه رهاسازی رله اضافه جریان (۱) قرار گیرد . برای حفاظت کنتاکتگر در برابر به هم جوش خوردن کنتاکتها ، جریانهای بار را تا آن بخش از مشخصه زمانی می توان اعمال کرد که یا

کنتاکتها اصلاً به هم جوش نخورده اند و یا

به طور جزئی و قابل جدا شدن به هم جوش بخورند . (مشخصه ۴ در شکل ۱ - ۴ - ۱۱)

در هر دو مورد فوق ، فیوز باید جریان را در زمان مناسب قطع کند . مشخصه زمان از گیردر آمدن فیوز (۶) باید به اندازه حاشیه C پایینتر از مشخصه جریان - زمان کنتاکتگر (۴) قرار گیرد (زمان از گیر در آمدن مجموع زمانهای پیش شعله کشی و شعله کشی است .)
انتخاب فیوز

بنابراین ، فیوزهای به کار رفته در راه اندازی موتور طوری انتخاب می شوند که

در صورت بروز اتصال کوتاه ، صدمه وارد به کنتاکتگر یا رله اضافه جریان طوری باشد که تعویض آنها ضروری شود یا در صورت بروز اتصال کوتاه ، هیچ صدمه ای به کنتاکتگر یا رله اضافه جریان وارد نشود و تغییری نیز در مشخصه عملکردی رله رخ ندهد .

فیوزهای کلید افزار فشار ضعیف HRC با رده کار am در مقایسه با فیوزهای با رده کار g حفاظت خط ، مطابق مقایسه انجام شده در شکل ۱ - ۴ - ۱۲ با پاسخ سریعتری که در محدوده جریانهای بالاتر دارند ، در کاهش اثر جریانهای ضربه ای بزرگ بر کنتاکتگرها بسیار موثرند .

به این دلیل در جریانهای کار بالاتر با نقطه تنظیم رله در بیشتر از ۸۰ آمپر ، استفاده از فیوزهای کلید افزار بر فیوزهای حفاظت خط که توانایی کمتری در محدود کردن جریانهای اتصال کوتاه دارند ارجحیت دارد .

جدول ۱ - ۴ - ۱۱ تقسیم بندی فیوزها را بر اساس ویژگیهای کاربردی نشان می دهد .

تقسیم بندی فیوزهای فشار ضعیف hrc و مقایسه مشخصه ها بین رده های g و am فیوزهای فشار ضعیف hrc بر اساس رده های کاربردی و عملکردیشان به دو نوع تقسیم بندی می شوند .

رده کاربردی g به فیوزهای تمام پهنه ای اختصاص دارد که می توانند جریانهایی را حداقل تا حد جریانهای نامی خود دائماً بکشند و جریانهایی را از حد مینیمم جریان ذوب کننده تا جریان نامی قطع اتصال کوتاه قطع کنند .

این رده ، فیوزهای با رده عملکردی g را برای حفاظت سیمها و کابلها شامل می شود .

رده کاربردی a به فیوزهای پشتیبان اختصاص دارد که می توانند جریانهایی را حداقل تا حد جریان نامی خود دائماً بکشند و جریانهایی بیش از مضربق معینی از جریانهای نامی خود را تا حد جریان قطع نامی قطع کنند .

این رده کاربردی به فیوزهای کلید افزار با رده عملکردی am مربوط است که مینیمم جریان قطع آنها در حدود چهار برابر جریان نامیشان است . و در نتیجه تنها برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه در نظر گرفته می شوند . بنابراین فیوزهای با رده کاربردی

a نباید لازم باشد جریانهایی را که در پهنه بین جریان نامی و مینیمم جریان قطع خود در هیچ مقطعی از زمان بکشند . در نتیجه ، همراه با این فیوزها همواره وجود نوعی وسیله حفاظت در برابر اضافه بار - مثل رله با تاخیر حرارتی - ضروری است .

مشخصه های جریان - زمان پیش شعله کشی فیوزهای فشار ضعیف hrc با رده های عملیاتی gl و am برای ۲۰۰ آمپر جهت مقایسه در شکل ۱ - ۴ - ۱۲ نشان داده شده است .

واحدهای کلید زنی مرکب بدون فیوز

اتصال زنجیره ای مدارشکنهای خودکار نوع 3v

اگر دو مدارشکن با رهاگرهای (n) از یک نوع در مداری به صورت متوالی بسته شوند در صورت بروز اتصالی در نقطه k نزدیک به تابلوی توزیع ، آن دو همزمان باز خواهند کرد (شکل ۱ - ۴ - ۱۲) .

به این ترتیب ، جریان اتصال کوتاه را دو وسیله قطع کننده تشخیص می دهند و به طور موثر برطرف می کنند . فایده این کار این است که مدارشکن فرودستی با ظرفیت کلید زنی کمتر را می توان در محلی نصب کرد که جریان اتصال کوتاه مورد انتظار از ظرفیت کلید زنی بزرگتر است .

شکل ۱ - ۴ - ۱۳ الف) نمودار بلوکی و شکل ۱ - ۴ - ۱۳ ب) اساس کار اتصال زنجیره ای را نشان می دهد . جریان نامی مدارشکن فرادستی بر اساس جریان کارش انتخاب می شود .

کشل ۱ - ۴ - ۱۳ الف) نمودار تک خطی اتصال زنجیره ای در یک تابلوی توزیع فرعی ب) اساس کار اتصال زنجیره ای برای مثال ، مدارشکن ممکن است به عنوان مدارشکن اصلی یا به عنوان مدارشکن اصلی یا به عنوان مدارشکن گروه برای تعدادی خوراننده های خروجی در پستهای فرعی نصب شود . رهاگر (N) این مدارشکن برای جریان کار بسیار بالایی - در صورت امکان برای ظرفیت نامی قطع اتصال کوتاه مدارشکنهای بعدی - تنظیم می شود . مدارشکن خوراننده خروجی حفاظت در برابر اضافه بار را تامین می کند و همچنین بدون نیاز به کمک ، جریانهای اتصال کوتاه نسبتاً کوچک را که ممکن است بر اثر اتصال به بدنه ، خرابی عایق بندی یا اتصال کوتاه های ته خطها و کابل های بلند پدید آیند برطرف می سازد . مدارشکن فرادستی تنها در صورت جاری شدن جریان اتصال کوتاه بزرگ ناشی از اتصال کوتاه کامل در نزدیکی مدارشکن خوراننده خروجی به طور همزمان باز می کند .

شکل ۱ - ۴ - ۱۴ مثالی از مدل و آرایش فیزیکی مدارشکنهای زنجیره ای برای مثال در تابلوی توزیع فشرده نوع HL ۸ . به این ترتیب ، اتصال زنجیره ای امکان ایجاد آرایشی با صرفه را برای پستهای فرعی فراهم می سازد . زیرا در بسیاری موارد نیازی نیست مدارشکنهای خروجی آنها را بر اساس جریان اتصال کوتاه کامل انتخاب کرد .

لیکن مزیت طراحی با صرفه یک تابلوی توزیع را باید در برابر عیب از دست رفتن جداسازی در جریانهای اتصال کوتاه بزرگ قرار داد . اگر چه این عیب غالباً پذیرفتنی است .

مثالهایی از مدارها و آرایش مدارشکنها در اتصالهای زنجیره ای برای مثال در تابلوهای توزیع فشرده نوع HL ۸ (فصل ۱ - ۱۱) را ببینید) در شکل ۱ - ۴ - ۱۴ نشان داده شده است .

مدارشکن با رهاگر (AN) همراه با یک کنتاکتگر

مدارشکن حفاظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه را ، از جمله برای کنتاکتگر تامین می کند در حالی که کنتاکتگر وظایف کلید زنی را انجام می دهد (شکل ۱ - ۴ - ۱۵) همان شرایطی که در واحد کلید زنی مرکب (فیوز ، کنتاکتگر و رله اضافه جریان) برای فیوز وجود دارد (شکل ۱ - ۴ - ۱۱) در این مورد برای مدارشکن صادق است .

۱ - ۴ - ۲ - انتخاب وسایل حفاظت

مدارهای منشعب از سیستمهای توزیع و کنترل را می توان به وسیله فیوز یا به وسیله مدارشکن بدون فیوز به حفاظت در برابر اتصال کوتاه مجهز کرد . میزان مورد نظر برای محدود کردن جریان ،

شکل ۱ - ۴ - ۱۶ واحد کلید زنی مرکب شامل مدارشکن حفاظت موتور با رهاگر (A) قابل تنظیم کنتاکتگر و رله با تاخیر حرارتی (A)

جدول ها و شکل های مربوطه *****

جدول ۱-۴-۷ رهاگرهای اضافه جریانی مکانیکی و الکترونیکی برای مدارشکتهای نوع بار

۸ ~ ۱ WE ۳

کاربرد حفاظتی	نماد	رهاگرهای مکانیکی	موجود برای اندازه های	رهاگرهای الکترونیکی	موجود برای اندازه های
حفاظت در برابر اضافه بار	a	رهاگر اضافه جریان با تأخیر زمانی معکوس	III, II, I	رها سازی با تأخیر زمانی معکوس (طولانی)	III, II, I
حفاظت انتخابی در برابر اتصال کوتاه به وسیله درجه بندی زمانی	z	رهاگر اضافه جریان با تأخیر زمانی ثابت (کوتاه) - با تأخیر زمانی مکانیکی - با رله تأخیر زمانی ^۱	III, II, I II, I	رها سازی با تأخیر زمانی ثابت (کوتاه)	III, II, I
حفاظت در برابر اتصال کوتاه	n	اضافه جریان لحظه ای	III, II, I	رها سازی لحظه ای	III, II, I

۱. باید به طور جداگانه در تابلوکلید نصب شود.

جدول ۸-۴-۱ تنظیم رهاگرهای اضافه جریان بر طبق تجهیزات مورد حفاظت

مشارشکن I_{umax}			تنظیم رهاگر اضافه جریان برای اتصال کوتاه، به صورت زیری از رهاگر «ab»			تنظیم رهاگر اضافه بار		رهاگر اضافه جریان		شماره فنی	مشارشکن	تجهیزات مورد حفاظت
z/n	z	n	z/n	z	n	a		الکترونیکی	مکانیکی			
-	-	-	-	-	۱۴۵۸	I_N		-	•	۳VE		بارها، از قبیل
			-	۱۸۵۲	۱۱۴۵۳			•	•	۳WE ^۱		موتورها
			-	-	۱۴۵۶	$I_N \leq I_Z$		-	•	۳VT		کابلها
			۲/۱۴۵۳	۶۵۲	۶۵۳			•	•	۳WE		
$\sim ۸/۱۴$	~ ۸	۱۲	۱۲					•	•	۳WE		دیویندی
-	-	-	ab			I_N				۳WE		یک ترانسفورماتور مستقل
			$I_b \geq ۲۳kA$					•	•			
			$A/ \geq ۱۴۵۳$	۸۵۳	-			•	•			
			$A/ \geq ۱۴۵۳$	-	-			•	•			ترانسفورماتورهای موازی با هم (سه دستگاه یا بیشتر)

ادامه جدول بالا

						I_N				۳WE		مولدها
			-	۳۵۲	-			•	-			$S < ۳۰۰kVA$
			-	۳۵۲	-			•	-			$S > ۳۰۰kVA$ ^۱
			-			معمولاً بدون رهاگر «ab»		-	•	۳VT		خازنها
			-		$> ۹ \cdot I_N$			-	•			$I_N \leq ۲۰۰A$
			-		$> ۶ \cdot I_N$	دما اگر داشته باشد				۳VS		$\leq ۲۵۰A$
			-		$> ۲ \cdot I_N$	$۱/۲۳ I_N$		•	•	۳WE ^۲		$> ۲۵۰A$

جدول ۹-۴-۱ رابطه ظرفیت نامی وصل اتصال کوتاه با ظرفیت نامی قطع اتصال کوتاه I_{cn} (بر اساس VDE۰۶۶۰)

ظرفیت نامی وصل اتصال کوتاه (مینیم) $n \cdot I_{cn}$	ضریب توان $\cos \varphi$	ظرفیت نامی قطع اتصال کوتاه $I_{cn} (A)$
$1.41 \cdot I_{cn}$	۰.۹۵	$I_{cn} \leq 1500$
$1.42 \cdot I_{cn}$	۰.۹	$1500 < I_{cn} \leq 3000$
$1.47 \cdot I_{cn}$	۰.۸	$3000 < I_{cn} \leq 4500$
$1.7 \cdot I_{cn}$	۰.۵	$6000 < I_{cn} \leq 10000$
$2.0 \cdot I_{cn}$	۰.۳	$10000 < I_{cn} \leq 20000$
$2.1 \cdot I_{cn}$	۰.۲۵	$20000 < I_{cn} \leq 50000$
$2.2 \cdot I_{cn}$	۰.۲	$50000 < I_{cn}$

جدول ۱۰-۴-۱ رده‌های اتصال کوتاه بر اساس VDE۰۶۶۰ بخش ۱۰۱، قسمت ۴-۳-۶

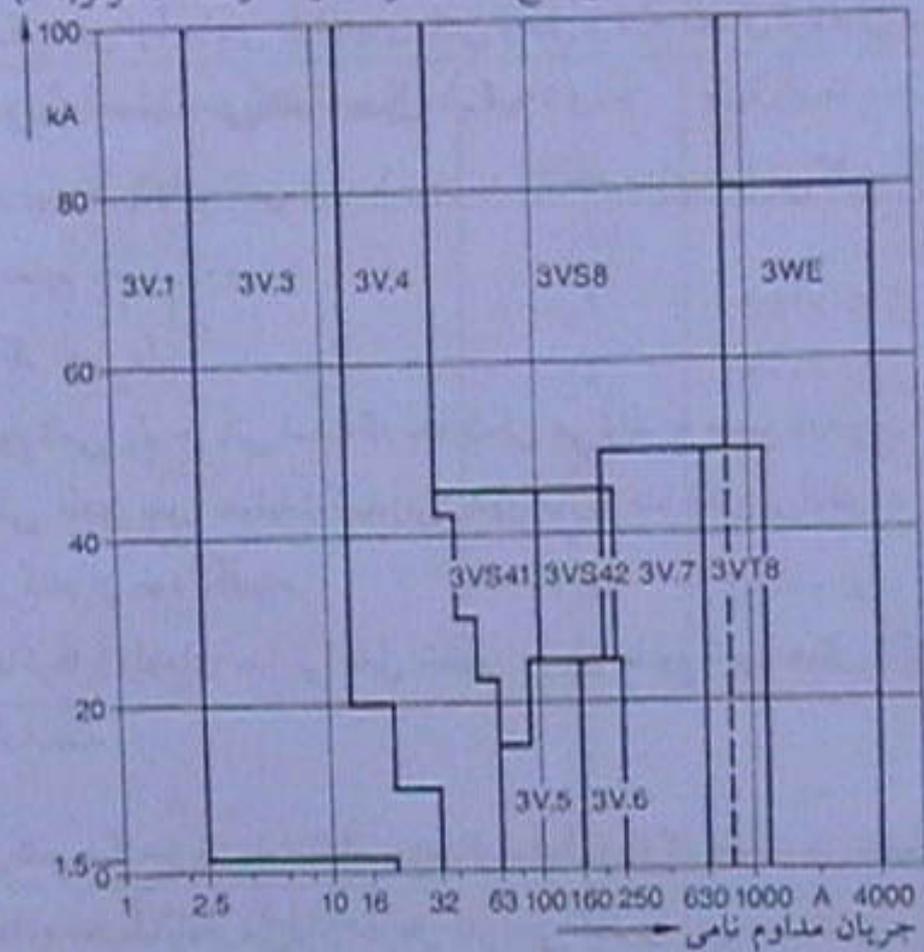
وضعیت مدار شکن پس از آزمایش اتصال کوتاه	توالی کلیدزنی برای آزمایش ظرفیت نامی کلیدزنی اتصال کوتاه	رده اتصال کوتاه
مناسب برای کار، تنها در اندازه‌های نامی کاهش یافته (VDE۰۶۶۰ بخش ۱۰۱، قسمت‌های ۱۰-۴-۲-۸ و ۱۰-۴-۲-۸ را ببینید)	O-t-CO	P-۱
مناسب برای کار عادی (VDE۰۶۶۰، بخش ۱۰۱، قسمت‌های ۱۰-۴-۲-۸ و ۱۰-۴-۲-۸ را ببینید)	O-t-CO-t-CO	P-۲

O باز کردن

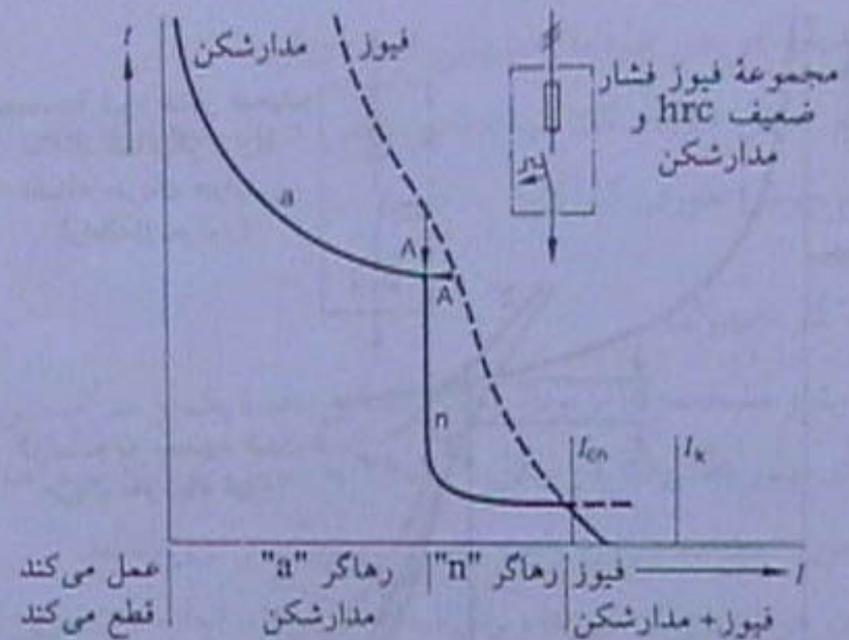
CO بستن، و سپس بی‌درنگ باز کردن با رهاگر لحظه‌ای یا تأخیری

t فاصله زمانی مشخص شده (VDE۰۶۶۰ بخش ۱۰۱، قسمت ۳-۴-۲-۸ را ببینید)

ظرفیت نامی قطع اتصال کوتاه در ۳۸۰ ولت، ۵۰ هرتز (P-1)

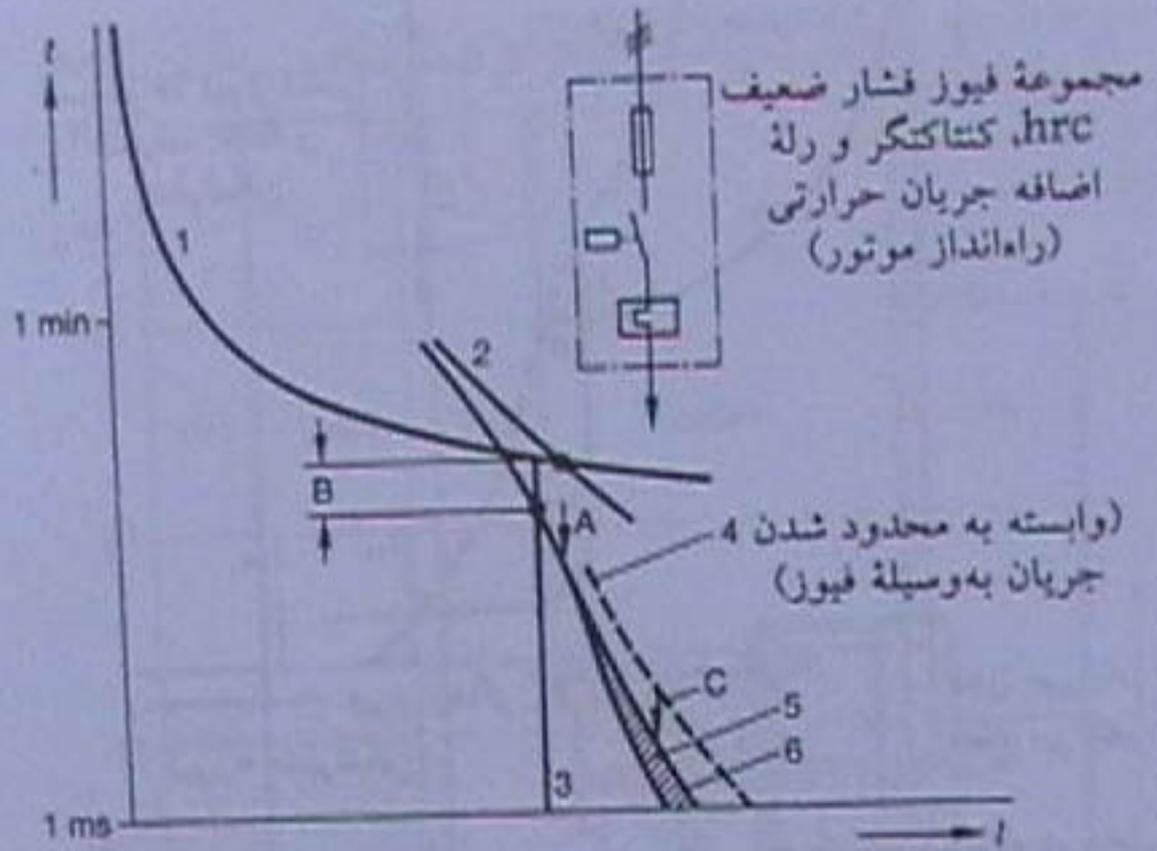


شکل ۱-۴-۹ نمودار انتخاب مدارشکن بر مبنای صرفه جویی، با توجه به جریان مداوم نامی I_n و ظرفیت نامی قطع اتصال کوتاه I_{sc} در ۳۸۰ ولت، ۵۰ هرتز با رده اتصال P-1.

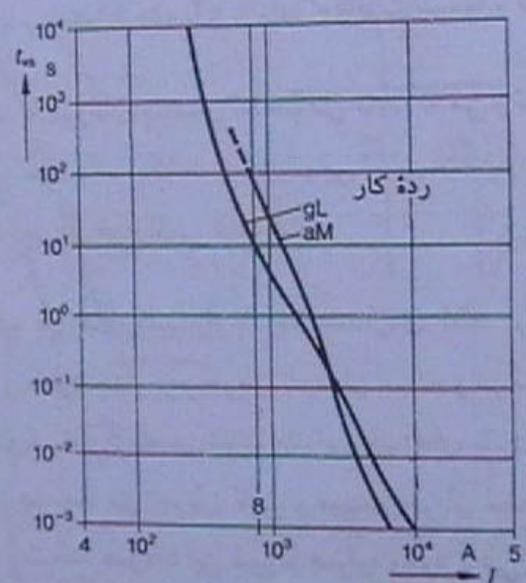


I_{sc} ظرفیت نامی قطع اتصال کوتاه مدارشکن
 I_n جریان اتصال کوتاه در محل نصب
 «a» رهاگر «a»
 «n» رهاگر «n»
 A حاشیه های ایمنی

شکل ۱-۴-۱۰ واحد کلیدزنی مرکب شامل فیوز و مدارشکن.

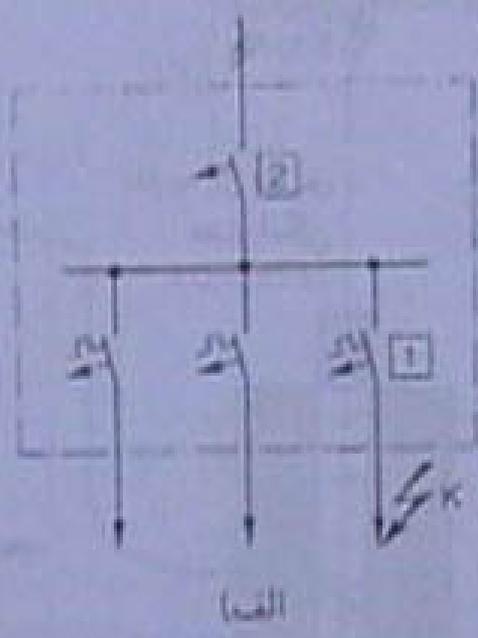
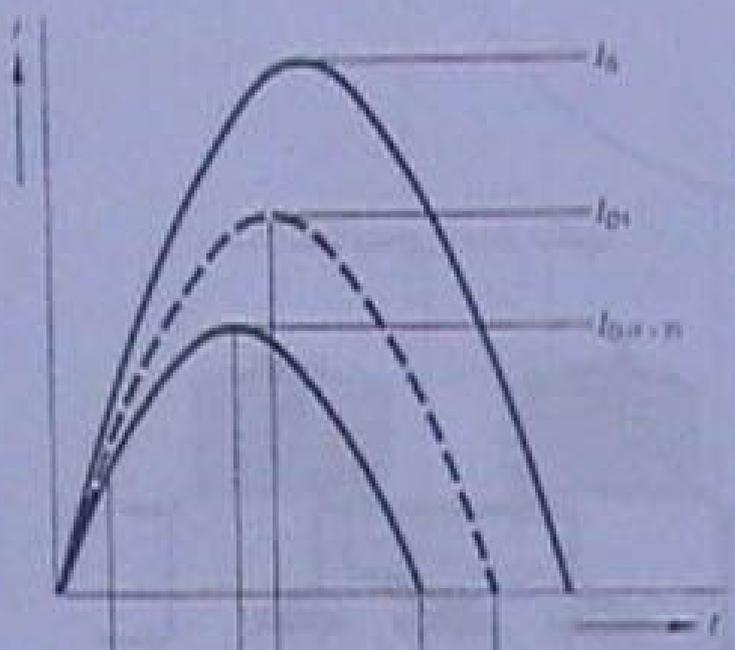


- ۱ مشخصه رهاسازی رله اضافه جریان حرارتی
 - ۲ مشخصه بقای رله اضافه جریان حرارتی
 - ۳ ظرفیت قطع کنتاکتگر
 - ۴ منحنی جریان نامی کنتاکتگر برای جوش خوردن آسان جدا شونده کنتاکتها
 - ۵ مشخصه جریان - زمان پیش شعله کشی فیوز، رده کار aM
 - ۶ مشخصه زمان برطرف سازی فیوز aM
- A, B, C حاشیه های ایمنی برای حفاظت مطمئن در برابر اتصال کوتاه

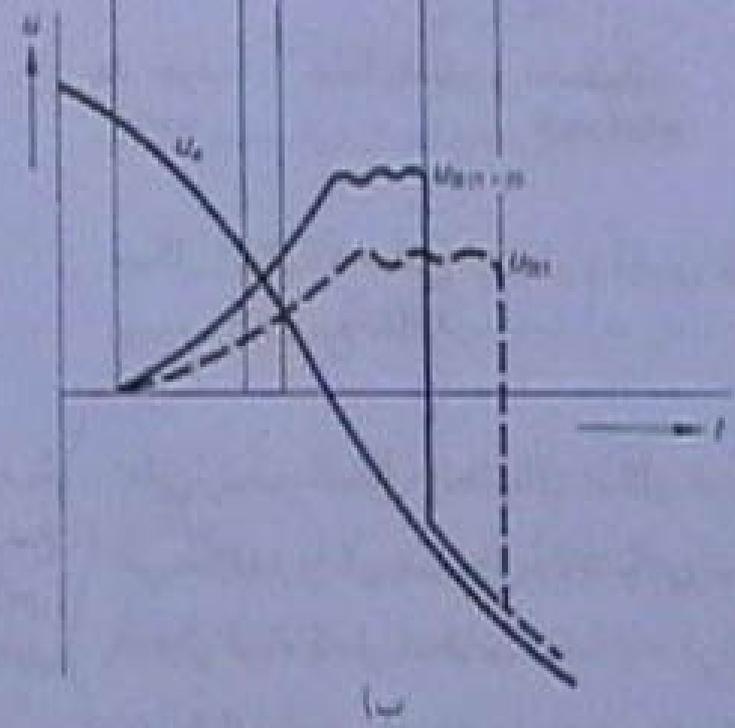


شکل ۱-۴-۱ مقایسه مشخصه های جریان - زمان پیش شعله کشی فیوزهای فشار ضعیف hrc با رده های کار gL و aM، جریان نامی ۲۰۰ آمپر.

رده عملکردی		رده کاربردی		
حفاظت	نامگذاری	جریان قطع	جریان مداوم تا حد	نامگذاری
فیورهای تمام - پهنه‌ای				
سیمهاو کابلها	gL	$\geq I_{min}$	I_N	g
نیمرساناها	gR			
تأسیسات معدنها	aB			
فیورهای پشتیبان				
وسایل کلیدزنی	aM	$\geq 4I_N$	I_N	a
نیمرساناها	aR	$\geq 2,7I_N$		
I_{min} مینیمم جریان قطع				



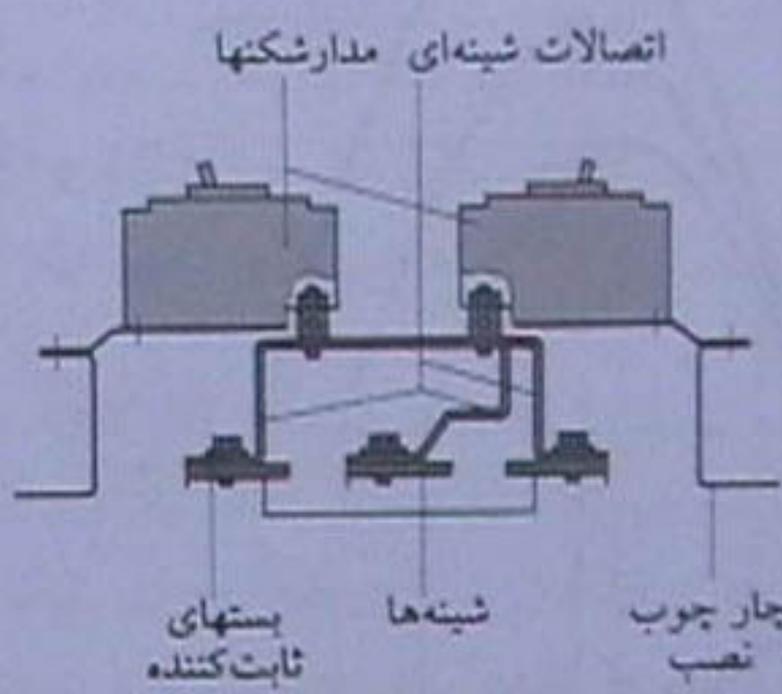
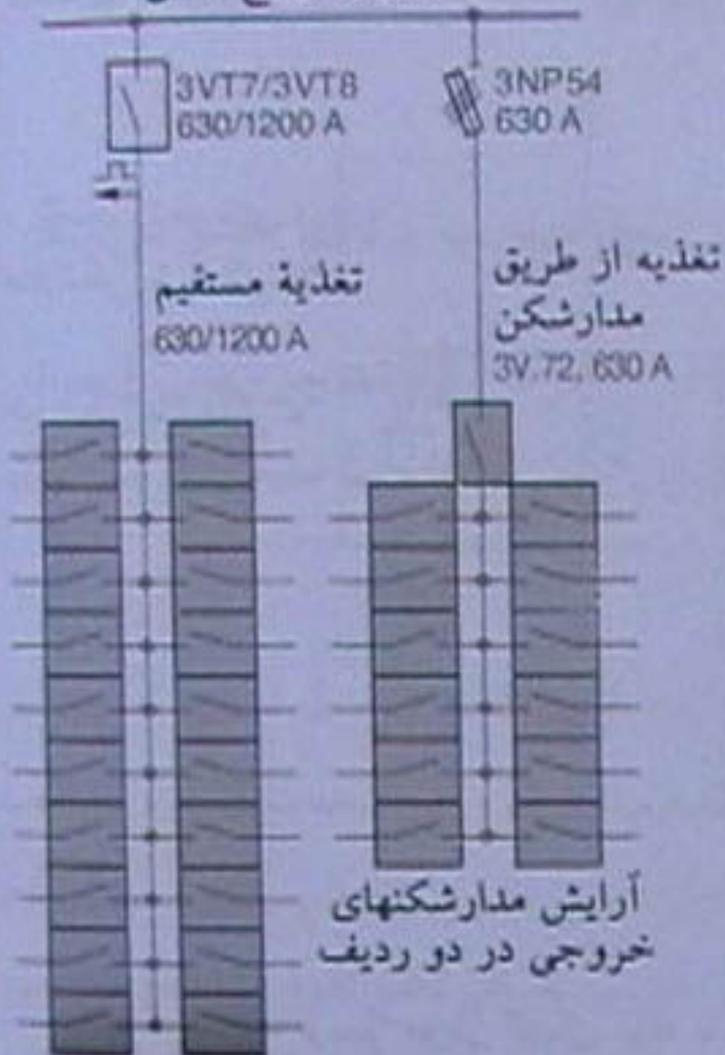
اتصال رنجبره‌ای
مدارشکن با رهاگر "n"
و
مدارشکن با رهاگر "n"



- I_A ماکزیمم جریان اتصال کوتاه نامتوازن (مقدار اوج)
- U_A ولتاژ منبع (کان)
- U_{D1} ولتاژ قوس مدارشکن خوراندۀ خروجی
- I_{D1} جریان قطع‌شوندۀ مدارشکن خوراندۀ خروجی
- U_{D1+n} مجموع ولتاژهای قوس مدارشکن
- فراستش U_{D1} و مدارشکن خوراندۀ خروجی
- $I_{D1}(1+2)$ جریان قطع‌شوندۀ واقعی (به‌عبارت I_{D1})

شکل ۱-۴-۱۳

تابلوی توزیع اصلی



شکل ۱-۴-۱۴ مثالی از مدار و آرایش فیزیکی مدارشکتهای زنجیره‌ای - برای مثال در تابلوی توزیع فشرده نوع AHTL.

