

فصل اول

روش انتخاب فیوز برای ترانسفورماتور ها

نحوه سائز فیوز برای ترانسهای توزیع:

یک راه حل ارزان برای حفاظت ترانسهای توزیع استفاده از فیوز در سمت MV ترانس می باشد. ترانسهایی تا توان 2500kVA را می توان با این روش حفاظت کرد.

در مرحله اول لازم است یک سازنده خاص را انتخاب نمود و با توجه مشخصات ذکر شده، نسبت به انتخاب فیوز اقدام کرد. سازندگان معمولاً مشخصات فیوزهای خود را در صفحه جریان-زمان (شکل 1) نشان می دهند همچنین مشخصات بیشتر را در جداول تکمیلی (جدول 1) می آورند.

مراحل لازم برای انتخاب فیوز برای ترانس به شرح زیر است.

1- ترانسها در زمان راه اندازی جریان زیادی به مدت کوتاه می کشند. این جریان به Inrush معروف است. مقدار این جریان در حدود 12 برابر جریان نامی اولیه و مدت زمان آن در حدود 0/1 ثانیه است. برای مشخص کردن این نقطه در صفحه جریان-زمان فیوزها، خطی افقی که محور زمان را در 0/1 ثانیه قطع می کند رسم می کنیم. همچنین خطی عمودی که از 12 برابر جریان نامی اولیه عبور می کند رسم کنید. محل تقاطع دو خط را نقطه A و جریان آنرا I_a می نامیم. این نقطه همان Inrush ترانس را مشخص می کند. منحنی فیوزی که انتخاب می کنیم می بایست در سمت راست این نقطه قرار داشته باشد. لذا اولین منحنی سمت راست این نقطه را انتخاب می کنیم.

خط زمان 0/1 ثانیه را ادامه می دهیم تا منحنی فیوز انتخابی را قطع کند. این نقطه را C می نامیم. جریان این نقطه را I_c می نامیم. این جریان از تقاطع محور عمود عبوری از نقطه C با محور جریان بدست می آید.

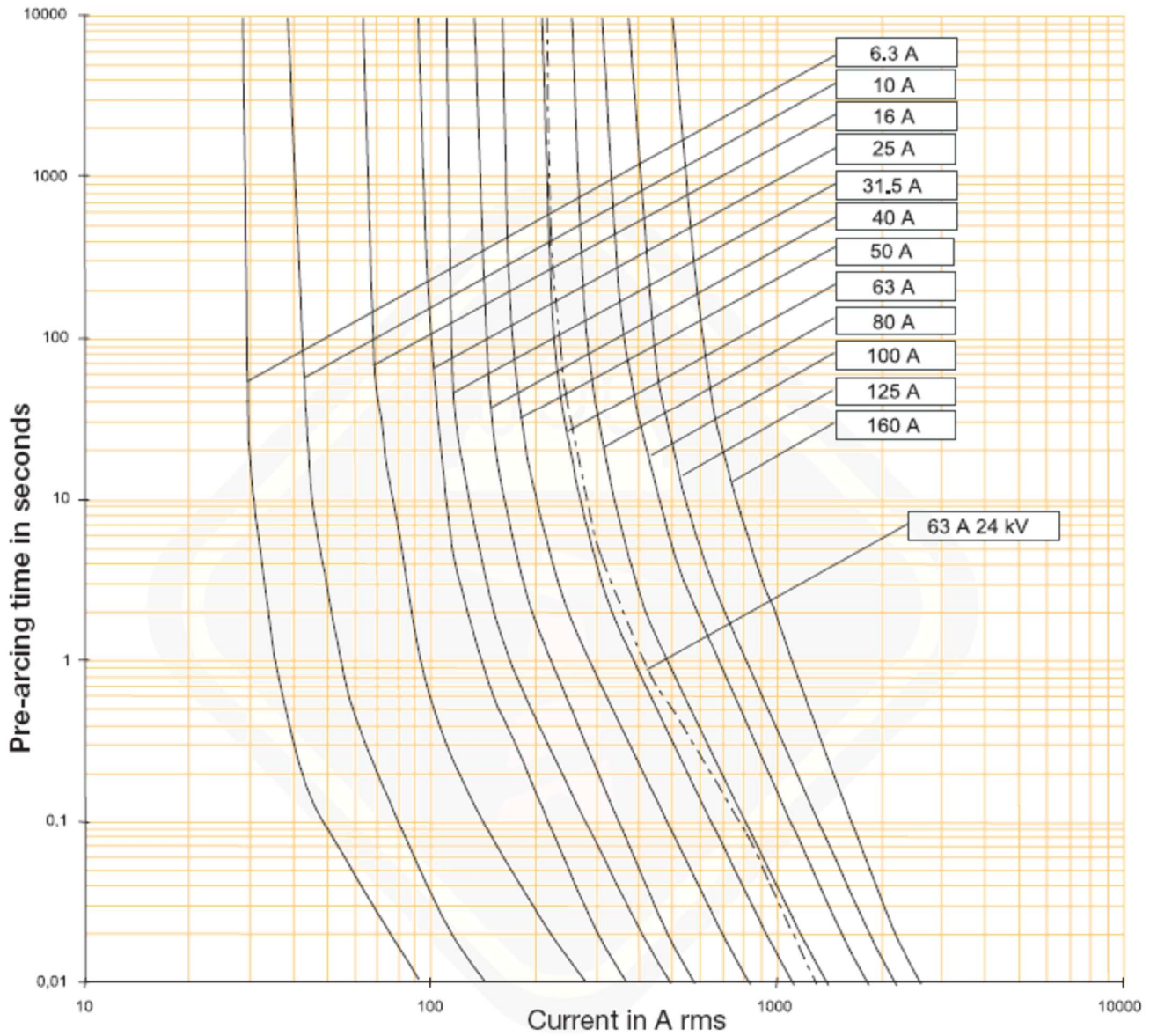
لازم است که شرط زیر برقرار باشد.

$$I_c * 0.8 > I_a$$

در صورتیکه رابطه فوق برقرار نبود رنج فیوز را یک سائز بالاتر می بریم.

2- جریان عبوری از سمت MV ترانس به ازای خطای اتصال کوتاه سه فاز در سمت LV را می یابیم. این جریان از حداقل جریان قطع فیوز (I3) باید بیشتر باشد. حداقل جریان قطع فیوز در جدول (1) آمده است. به طور معمول حداقل جریان قطع 5 برابر جریان نامی فیوز است.

3- به منظور جلوگیری از فرسودگی زود هنگام فیوز، جریان نامی فیوز را 30 درصد بیشتر از حداکثر جریان عبوری از ترانس در زمان اضافه بار در نظر می‌گیریم.



شکل (1)

Rated Voltage	Rated Current	Rated Breaking Current	Minimum Breaking Current	Cold Resistance	Power Loss when hot		Max observed overvoltage	I ² t	
					at I _n	at 0.7 I _n		Minimum pre-arc value	Maximum total value
U _n	I _n	I ₁	I ₃	R cold	at I _n	at 0.7 I _n	kV	A ² s	A ² s
kV	A	kA	A	m ohm	W	W			
7.2	6.3	63	28	147.32	6	3	18	60	1000
	10		45	80.35	9	4	18	100	1500
	16		64	44.3	12.8	5.9	18	600	3400
	25		100	27.58	21	9	17	1000	5500
	31.5		126	20.69	25	11	17	1200	10000
	40		160	16.24	33	14	17	2000	12000
	50		200	11.37	37	16	17	4000	22000
	63		252	8.53	46	19	17	8000	42000
	80		320	6.82	63	26	17	12000	120000
	100		400	4.75	70	28	17	15000	220000
12	6.3	31.5	31.5	244.88	11	5	30	60	1000
	10		45	133.56	15	7	30	100	1500
	16		64	73.6	22.4	9	30	600	3400
	25		100	45.85	37	16	27	1000	5500
	31.5		126	34.39	46	19	27	1200	10000
	40		160	27	62	25	27	2000	12000
	50		200	18.9	70	28	27	4000	22000
	63		252	14.18	87	34	27	8000	42000
	80		320	8.65	81	33	25	12000	120000
	100		400	6.55	100	40	25	15000	220000
	125		500	5.46	147	54	25	22000	450000

جدول (1): مشخصات الکتریکی فیوزهای MV ساخت Areva

Rated Voltage	Rated Current	Breaking minimum	Breaking	Cold Resistanc	Power Loss when hot		observed overvoltage	I ² t	
					at I _n	at 0.7 I _n		Mini mum	Maxi mum
U _n	I _n	I ₁	I ₃	R cold	at I _n	at 0.7 I _n	kV	A ² s	A ² s
kV	A	kA	A	m ohm	W	W			
17.5	6.3	25	32	331.4	15	7	38	60	1000
	10		45	180.8	21.3	10	38	100	1500
	16		64	99.6	31	14	38	600	3400
	25		100	62.1	52	22	38	1000	5500
	31.5		126	46.6	66	27	38	1200	10000
	40		160	36.6	89	36	38	1800	12000
	50		200	21.3	77	32	38	2200	23000
	63		252	15.3	92	37	38	3200	42000
	80		320	12.4	124	49	36	5000	72000
	100		400	9.5	158	60	36	15000	220000
24	6.3	25	32	500	23	11	60	60	1000
	10		50	272.7	33	15	60	100	1500
	16		80	150.2	49	21.3	60	600	3400
	25		125	93.6	84	34	55	1000	5500
	31.5		158	70.2	107	42	55	1200	10000
	40		200	55.1	145	56	55	2000	12000
	50		250	32.5	130	50	55	4000	22000
	63		315	23.3	155	59	55	3200	50000
	80		360	17.5	185	71	50	12000	120000
	100		450	13.1	234	87	50	15000	220000
36	6.3	20	38	764.5	36	16	90	60	1000
	10		60	417	53	23	90	100	1500
	16		96	214.7	74	31	85	600	3400
	25		150	128.8	124	49	80	1000	5500
	31.5		173	91.1	140	57	80	1200	10000
	40		220	65.9	162	65	80	2000	12000
	50		275	53.6	234	87	80	4000	22000

ادامه جدول (1)

مثال:

می‌خواهیم برای یک ترانس با ظرفیت 1000 kVA و سطح ولتاژ 20/0.4 kV و امیداندس اتصال کوتاه 5% فیوز انتخاب کنیم. فرض می‌کنیم این ترانس مجاز است 10 درصد اضافه بار را به مدت یک ساعت تحمل نماید.

مراحل فوق را طی می‌کنیم.

1- تصمیم داریم از محصولات Areva استفاده نماییم. لذا خط افقی 0.1 ثانیه را در صفحه جریان - زمان فیوزها رسم می‌کنیم.

جریان سمت اولیه ترانس برابر است با:

$$I_{Primary} = \frac{1000}{\sqrt{3} * 20} = 28.86 A$$

جریان هجومی ترانس را 12 برابر جریان نامی در نظر می‌گیریم. این جریان برابر است با:

$$I_{Inrush} = 12 * \frac{1000}{\sqrt{3} * 20} = 345.6 A$$

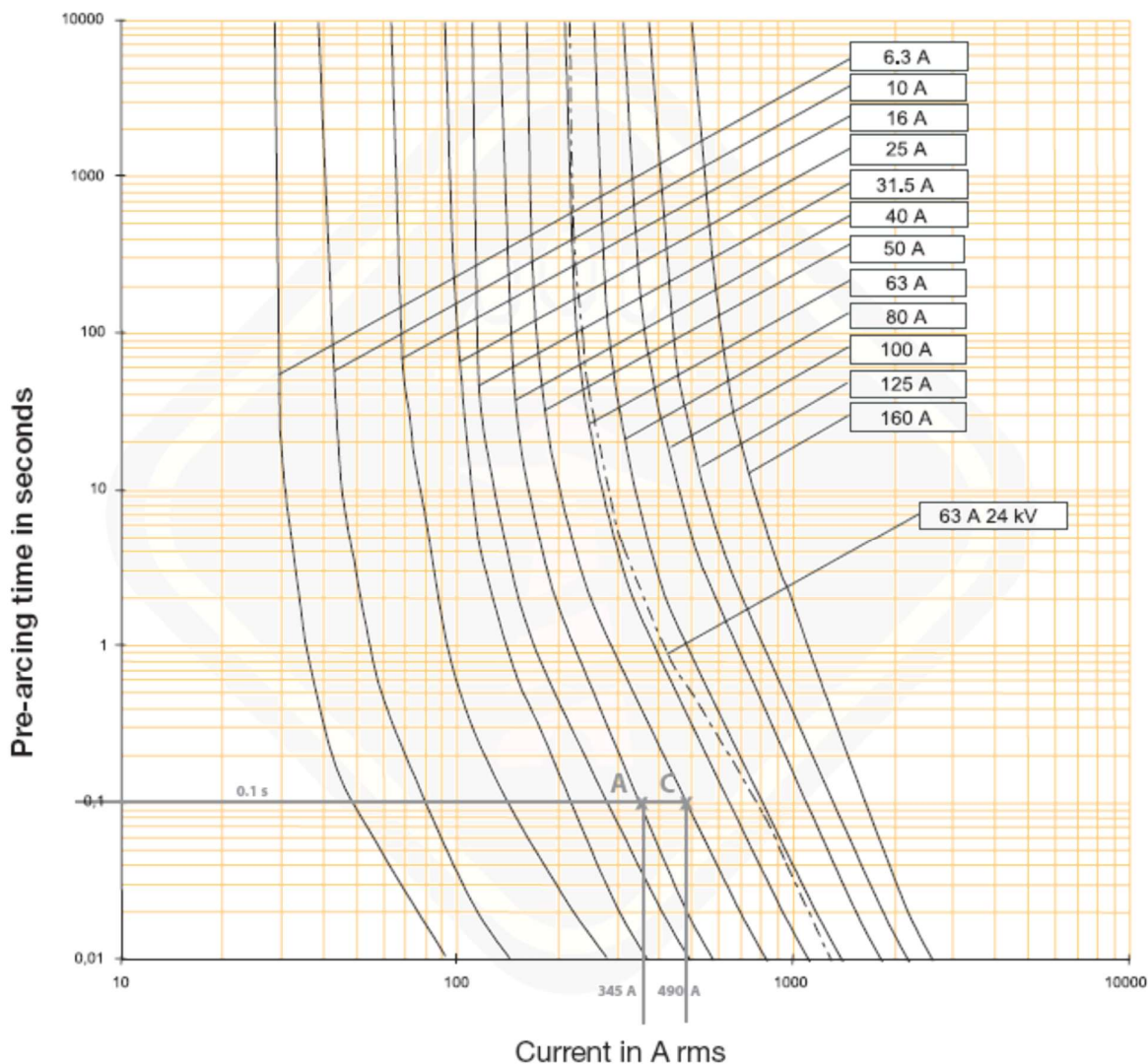
خط عمودی 345 آمپر را رسم می‌کنیم. محل تقاطع دو خط فوق را A نامیده و اولین فیوز بعد از این نقطه را که فیوز 50 آمپر است انتخاب می‌کنیم. خط افقی 0/1 ثانیه را ادامه می‌دهیم تا منحنی این فیوز را در نقطه C قطع

نمایند. جریان این نقطه را از روی محور جریان می‌خوانیم که برابر است با 490 آمپر. شکل «2» این نقاط را نشان می‌دهد.

شرط اول را امتحان می‌کنیم.

$$0.8 * 490 = 392 > 345$$

لذا شرط اول برقرار است.



شکل (2)

2- در صورتیکه در سمت LV ترانس اتصال کوتاه شود، جریان سمت اولیه ترانس برابر خواهد بود با:

$$I_{ScPrimary} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 20 \times 0.05} = 576 A$$

از جدول (1) حداقل جریان قطع فیوز 50 آمپر و 24 کیلوولت برابر است با 250 آمپر و چون:

$$576 > 250 A$$

بنابراین شرط دوم نیز برقرار است.

3- حداکثر جریان ترانس با فرض وجود اضافه بار و 30 درصد ضریب امنیت برابر است با:

$$28.86 \times 1.1 \times 1.3 = 41 A$$

از آنجا که این جریان از 50 آمپر کمتر است لذا شرط سوم نیز برقرار است. در نتیجه فیوز 50 آمپری مناسب حفاظت این ترانس خواهد بود.

فصل دوم

معرفی خانواده فیوزها:

فیوزها بر اساس منحنی ذوب سیم حرارتی به دو نوع تقسیم میگردند:

□ کند کار

□ تند کار

فیوز برای حفاظت سیم، دستگاههای الکتریکی و ترانسفورماتورهای کوچک و غیره ... در مقابل بار زیاد و جریان زیاد و اتصال کوتاه به کار برده می شود.

1- فیوز مخصوص سیم LS

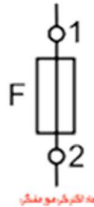
برای حفاظت سیم ساخته شده و معمولاً از نوع دیازد می باشد و قدرت قطعشان قدری کمتر از فیوزهای NH است.

2- فیوز NH «فیوز فشار ضعیف با قدرت قطع زیاد»

این فیوزها برای جریانهای 600 آمپر و 500 ولت ساخته شده است و برای حفاظت سیم و کابل در توزیع با قدرت های زیاد به کار برده می شود و می تواند تا 25 کیلو آمپر را با اطمینان کامل قطع نماید.

روش انتخاب فیوز در صنایع

* در انتهای فشنگی برای تشخیص سالم بودن فیوز ، یک بولک رنگی قرار دارد که توسط فنر کوچکی که زیر آن قرار دارد آزاد شده و به بیرون پرت می شود. همچنین رنگ این بولک معرف مقدار جریان نامی فیوز است.



رنگ بولک	جریان نامی فیوز بر حسب آمپر
صورتی	۲
قهوه ای	۴
سبز	۶
قرمز روشن	۱۰
خاکستری	۱۶
آبی روشن	۲۰
زرد روشن	۲۵
سیاه	۳۵
سفید	۵۰
مسی روشن	۶۳
نقره ای	۸۰
زرد تیره	۱۲۵
مسی	۱۶۰
آبی	۲۰۰
قرمز تیره	۱۰۰

3- فیوز HH «فیوز فشار قوی با قدرت قطع زیاد»

در شبکه های قدرت که اتصال کوتاه تا 400 میلیون ولت آمپر است به کار برده می شود و بیشتر برای حفاظت دستگاه ها و تاسیسات الکتریکی در مقابل اثرات دینامیکی و حرارتی جریان اتصال کوتاه به کار برده می شود.

در اروپا فیوز ها را با ضریب ذوب می شناسند و تقسیم بندی می نمایند.

ضریب ذوب = جریان نسبی / حداقل جریانی که سبب قطع و با حروف زیر دسته بندی می گردد

	ضریب ذوب
P	1-1.25
Q1	1.25-1.5
Q2	1.5-1.75
R	1.75-2.5

4- فیوزها در حفاظت از انشعاب موتور :

جریان راه انداز موتورها معمولا تا 7 برابر جریان نامی می باشد ولی برای انتخاب فیوز از همان جریان نامی استفاده می گردد و بر اساس استاندارد آلمان بدون راه اندازی موتوری ، کوچکترین فیوزی که تا 6 برابر جریان اسمی را برای مدت 5 ثانیه تحمل کند انتخاب می گردد. با راه انداز مثلث ، تا 2 برابر جریان اسمی به مدت 15 ثانیه تحمل کند. و بر استاندارد امریکا ، اندازه فیوز سریع 3 برابر جریان اسمی موتور و اندازه فیوز تاخیری 1,75 برابر جریان اسمی موتور انتخاب می گردد.

* در موتور آسنکرون روتور قفسی سنجابی از فیوز کند کار با جریان نامی 2,5-1,5 برابر جریان نامی موتور استفاده می گردد.

* در موتور آسنکرون روتور سیم پیچی شده (اتصال ستاره-مثلث) فیوز کندکار با جریان نامی 1 تا 1,5 برابر جریان نامی موتور استفاده می گردد.

* در جهت حفاظت ترانسفورماتور ها فیوز با جریان در حدود 2 برابر جریان نامی اولیه برای اولیه و برابر جریان نامی ثانویه برای ثانویه ترانس محاسبه می گردد.

جریان راه اندازی موتور تقریباً 6-7 برابر جریان نامی و به مدت 6 ثانیه است. لذا لازم است منحنی فیوز بالاتر از این جریان قرار گیرد. در صورتیکه از منحنی فیوزهای حفاظت ترانس استفاده نماییم جریان نامی فیوز مناسب برای اینکار خیلی بالا خواهد رفت. پس لازم است از نوع دیگری از فیوزها که منحنی جریان-زمان آنها خمیدگی بیشتری دارد استفاده نماییم. این نوع فیوز را کندکار یا کندسوز می نامند و با زمان قطع بالایی که دارند (کلاس بالاتر) برای حفاظت موتور مناسب می باشند.

همچنین توجه داریم که بر خلاف ترانس، جریان راه اندازی موتور بسیار بالا می باشد. جریانهای راه اندازی 700 آمپر بسیار معمول است. این جریان را با جریان 336 آمپر ترانس مقایسه نمایید. لذا لازم است که منحنیهای فیوزهایی که برای حفاظت موتوری بکار می روند مشخصه متفاوتی داشته باشند.

* برای محافظت از خازن لازم است جریانهای گذرای فرکانس بالا و هارمونیکهای مرتبه بالا در نظر گرفته شوند. انتخاب فیوز برای بانک خازنی ساده است. یکی از دو روش زیر را می توان بکار برد:

جریان نامی فیوز در حدود $1/7$ تا $1/8$ برابر جریان هر پله از بانک خازنی

ولتاژ نامی فیوز بزرگتر از $1/1$ برابر ولتاژ نامی بانک خازنی

دو روش فوق برای بانکهای خازنی تکی مناسب است.

* برای حفاظت سیم ها و کابل های انشعابی معمولی که موتور های برقی را تغذیه نمی کند از فیوز مطابق جدول استفاده می شود و به طور کلی رابطه $I_{sc} > K I_n$ برقرار باشد.

اصطلاحات موجود در دسته بندی فیوزها:

کلاس	توضیحات
Gl/gf , gl/gG	حفاظت خط
gGF/gl	کندکار slow blow
aM	حفاظت موتوری
gR	با سرعت بالا عمل کرده و برای حفاظت از ترستور و دیود در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار.
aR	با سرعت بالا عمل کرده و برای حفاظت از ترستور و دیود در برابر اتصال کوتاه .



انواع فیوز های کاربردی:

فیوز مینیاتوری :

به طور کلی برای حفاظت از تجهیزات الکترونیکی ، آزمایشگاهی و اندازه گیری تجهیزات و تلویزیون و ... می باشد. و در 4 سایز بارنج جریان 20 میلی آمپر تا 20 آمپر را دارا هستیم :

Slow	T
Medium	M
Fast	F
Super fast	FF

بطری (Diazed) :

بر اساس سایز فیوز، فیوز دارای قطر متفاوت و دارای کلاه پیچی و بدنه فیوزی مخصوص به خود می باشد. قطر متفاوت فیوزها بر اساس رنج جریان آنها می باشد. برای جلوگیری از مشکلات احتمالی کلاه پیچی، دارای رنگ می باشد به عنوان مثال :

فیوز شیشه ای 10 آمپر دارای نشان قرمز بر روی سرشان است که با آداباتور پیچی قرمز 10 آمپر متصل می گردد. زمانی که فیوز Diazed بسوزد، رنگ بر روی سر فیوز آشکار گشته و در کلاه پیچی نمایان می گردد.

فیوز با کلاه پیچی که بر روی بدنه پیچ گشته است نگهداری می گردد. طراحی بدنه Diazed بر اساس یک و سه پل می باشد.

بدنه فیوز می تواند بر روی پنل و ریل Din 35 قرار گیرد و دارای کلاس های $gR, Fast blow, gG, GI$ می باشد. به طور کلی کاربرد فیوزها را می توان در دسته زیر قرار داد:

gR نیمه هادی درایو منابع تغذیه سریع

gG/gL سیم کابل تابلو و ... متوسط

M فقط الکتروموتور اتصال کوتاه کند کار

سیلندری (Cylinder) :

این فیوزها به طور عمده در صنعت و در حفاظت از وسایل الکترونیکی مثل موتور و درایور و... مورد استفاده قرار می گیرد و در 4 سایز با رنج جریان 1 تا 125 آمپر است و این فیوز دارای کلاه های فلزی در دو انتها و بدنه ای چینی می باشد. در کلاس های aM, gF, gI و gR موجود می باشد.

کاردی (KNIFE BLADE) :

از این فیوز برای منابع تغذیه توزیع شده و تجهیزات الکتریکی بزرگ مثل موتور و... استفاده می گردد و دارای 7 سایز با رنج جریان 2 تا 1600 آمپر می باشد.

این فیوز دارای چاقویی در انتها میباشد و بدنه فیوز با یک یا سه پل طراحی می شود و بر روی پنل یا ریل DIN قرار می گیرد. در کلاس های aR, aM, gG, gI و gR موجود می باشد.



به تنهایی فقط حفاظت اتصال کوتاه های بزرگ را انجام می دهد و برای دیدن جریانهای اتصال کوتاه کم نیاز به فیوز در کنار آن است.

قادر به تشخیص و قطع همه اتصال کوتاه های که بین 12 و قدرت قطع آن باشد هست، هرچند اتصال کوتاه های کوچک را ممکن است دیرتر قطع کند.

Reference

IEC 60269-1:2006+AMD1:2009+AMD2:2014 CSV Consolidated version Low-voltage fuses - Part 1: General requirements

IEC 60038:1983, IEC standard voltages

IEC 60050(441):1984, International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses Amendment 1 (2000)

IEC 60269-2, Low-voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Examples of standardized systems of fuses A to I)

IEC 60269-3, Low-voltage fuses – Part 3: Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household or similar application) – Examples of standardized systems of fuses A to F

IEC 60269-4, Low-voltage fuses – Part 4: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices

IEC 60269-5, Low-voltage fuses – Part 5: Guidance for the application of low-voltage fuses