

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВРЕМЕТО ЗА ИЗКЛЮЧВАНЕ НА МАКСИМАЛНОТОКОВА ЗАЩИТА

**Цвятко Колев Върбов**  
*Технически университет – Габрово*

## STUDY OF THE BREAK TIME OF MAXIMAL CURRENT PROTECTION DEVICES

**Tsvyatko Kolev Varbov**  
*Technical University of Gabrovo, Bulgaria*

### Abstract

*Automatic circuit breakers and fuses are used to protect electrical installations from damage and people against direct and indirect contact. One of the most important characteristics of circuit breakers and fuses is the trip-out time diagram, which gives the switch-off time against the flowing fault current. The paper inhere discusses a test method for measurement of the break time of maximal current protection devices.*

**Keywords:** circuit breakers, short circuit, break time, maximal current protection.

### ВЪВЕДЕНИЕ

За защита на електрически вериги срещу претоварване и късо съединение и на хората срещу директен и индиректен допир използват автоматични прекъсвачи и стопяеми предпазители. Една от най-важните характеристики на електрическите предпазители е времето за изключване. В настоящия доклад е разгледан метод за изследване на времето за изключване на автоматични прекъсвачи и стопяеми предпазители.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

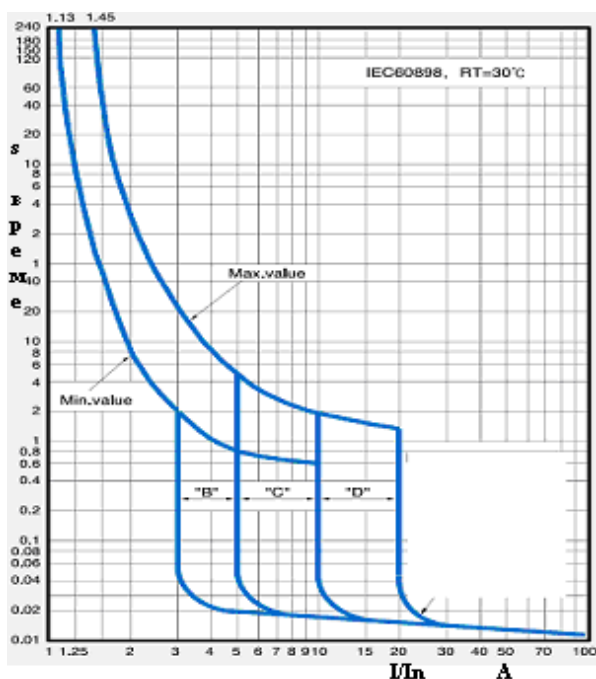
Времето за изключване на електрическите предпазители е свързано с защитата на хората срещу директен и индиректен допир. Това време на изключване е нормирано в наредба № 3 от 9 юни 2004 г. за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии. Разпоредбите в глава седем на цитираната наредба се прилагат за защита срещу поражения от електрически ток в електрическите уредби с напрежение до и над 1000 V при нормална работа (защита срещу директен допир или основна защита) и при условия на дефект на

изолацията (защита при индиректен допир или защита при дефект). Раздел шест е свързан с мерки за едновременна защита срещу директен и индиректен допир. Според Чл. 206. ал.(1) не се допуска при схема TN времето за автоматично изключване на захранването да превишава стойностите, посочени в табл. 23. Тези времена се считат за достатъчни за осигуряване на защитата срещу поражения от електрически ток, включително при групови вериги, захранващи подвижни и преносими електропотребители и ръчни електроинструменти от клас I на защита срещу поражения от електрически ток. При номинално фазово напрежение 220 (230)V на мрежата, максималното време за изключване е 0,4s. В настоящата статия е разгледан метод за изследване на времето за изключване на автоматични прекъсвачи и стопяеми предпазители при късо съединение.

Автоматичните прекъсвачи, са част от електромеханичните компоненти на електрическите вериги. Два са основните функционални елемента на автоматичния прекъсвач - термичен и електромагнитен изключвател. Термичният изключвател предпазва

от претоварване по ток (трайно протичане на ток, по-голям от номиналния). Електромагнитният изключвател се използва предимно за предпазване от къси съединения

Основен параметър на автоматичните прекъсвачи е характеристиката на изключване, наричана още крива на изключване. Тя представлява времетокова характеристика, даваща връзката между кратността на тока на късо съединение спрямо номиналния ток на задействане, при която предпазителят изключва (ос X) и времето за сработване на предпазителя (ос Y) – фиг. 1. Например, характеристиката В има кратност на зареждане в границите 3 - 5, характеристиката С от 5 до 10, а характеристиката D от 10 до 20. [3]



Фиг.1 - времетокови характеристики на автоматичните прекъсвачи

В изпълнение на чл. 206 от Наредба № 3, техническият комитет по акредитация предлага да се използват следните коефициенти на задействане  $k$  за всички видове вериги, защитавани от автоматични триполюсни и еднополюсни прекъсвачи, в зависимост от тяхната времетокова характеристика както следва:

- за характеристика В:  $k=5$
- за характеристика С:  $k=10$
- за характеристика D:  $k=20$
- за характеристика К:  $k=14$
- за характеристика Z:  $k=3$ .

Токът на късо съединение, при който автоматичният прекъсвач трябва да изключи се определя по формулата:

$$I_{к.с.} = I_n \cdot k \quad (1)$$

Стопяемият предпазител представлява тънка метална нишка в керамично или стъклено тяло. Когато през нишката протече по-голям електрически ток от допустимия, нишката изгаря и електрическата верига, която затваря предпазителя се прекъсва. Използват се буквени означения за тип на стопяемият предпазител

Първата буква посочва диапазона на изключваните токове. Най-често се използват стопяеми вложки „g” (изключвателна способност в целия диапазон).

Втората буква посочва категорията на използване. Тази буква определя точно времетоковите характеристики, условните гранични времена и токове:

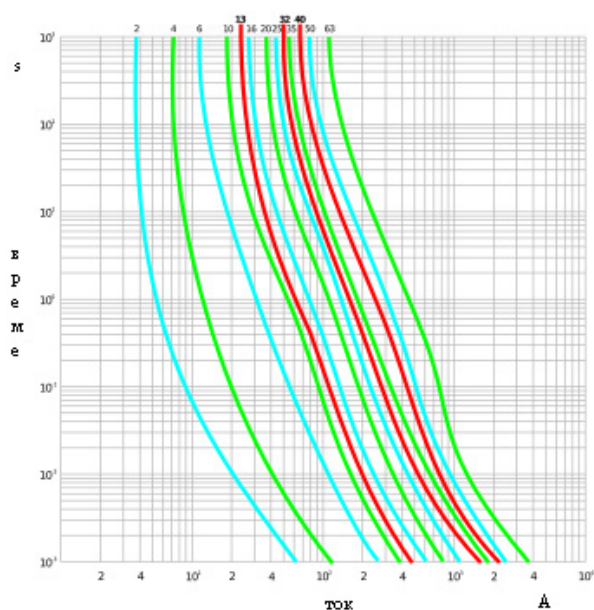
- буквите „gG” означават стопяеми вложки с общо предназначение с изключвателна способност в целия диапазон;
- буквите „gM” означават стопяеми вложки с общо предназначение с изключвателна способност в целия диапазон, предназначени за защита на вериги на електродвигатели;
- буквите „aM” означават стопяеми вложки с общо предназначение с изключвателна способност в част от диапазона, предназначени за защита на вериги на електродвигатели.

Стандартите определят два класа предпазители:

- за използване в битови електрически уредби, изработвани под формата на патрон, за номинални токове до 100 А и означавани като тип gG съгласно IEC 60269-1 и IEC 60269-3;
- за използване в индустрията, изработвани под формата на патрон, означавани като тип gG (обща употреба), gM и aM (за вериги на електродвигатели) съгласно IEC 60269-1 и IEC 60269-2 [4].

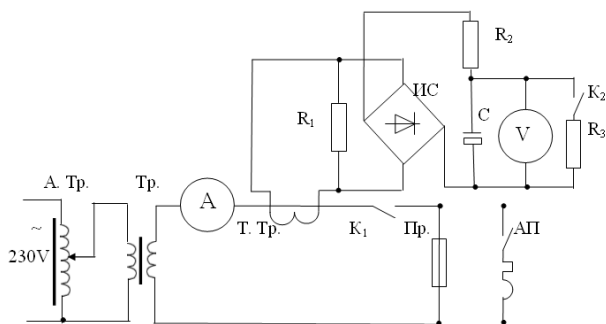
Основен параметър на стопяемите предпазители е характеристиката на изключване наричана още крива на изключване. Тя представлява времетокова характеристика, представяща зависимостта между тока, който предпазителят може да изключи (ос

X) и времето за сработване на предпазителя (ос Y) – фиг. 2. [4]



Фиг.2 - времетокови характеристики на стопяеми предпазители

На фигура 3 е показана схемата на постановката за изследване на времето на изключване на автоматични прекъсвачи и стопяеми предпазители.



Фиг.3 - схема на постановката за изследване на времето на изключване на автоматични прекъсвачи и стопяеми предпазители

За измерване големината на тока се използва амперметър или ампер-клещи. Чрез ключ K1 се включва постановката.

Чрез автотрансформатор и трансформатор се задава ток през амперметър, токов трансформатор и електрически предпазител. За измерване големината на тока може да се използват и ампер-клещи. След задаване на напрежение определящо токът през електрически предпазител се включва ключ K1. Към вторичната намотка на токовия трансформатор е свързан нискоомен ре-

зистор R1. Напрежителният пад върху R1 се подава към изправителна схема ИС и RC групата R<sub>2</sub>C. Напрежението върху кондензатора C се измерва с волтметър. Времето-константата τ на RC групата R<sub>2</sub>C при изследване на стопяем предпазител се задава близка до 0,4s. Времето на зареждане на кондензатора е около 5τ. При сработване на стопяем предпазител за време по-малко от 5τ кондензаторът остава незареден, като напрежението върху кондензатора зависи от времето за неговото зареждане. Чрез напрежението на кондензаторът се определя времето за неговото зареждане, което е времето на сработване на защитния предпазител. Чрез ключът K2 се разрежда кондензатора C.

Между напрежението на кондензатора u<sub>c</sub> в момента на изключване на електрическия предпазител и напрежението на кондензатора U<sub>0</sub> при непрекъсната работа на електрическия предпазител е в сила зависимостта:

$$u_c = U_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{2\tau}} \right) \quad (2)$$

Тази формула е съобразена с формата на напрежението подавано към кондензатора, което е пулсиращо постоянно.

От формула (2) е изведен израз за определяне на времето на изключване на електрическия предпазител.

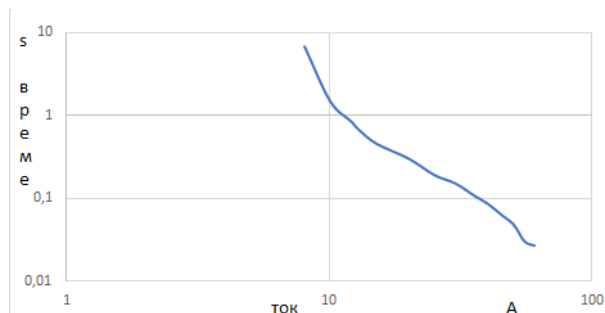
$$t = 2\tau \cdot \ln \left( \frac{1}{1 - \frac{u_c}{U_0}} \right) \quad (3)$$

В таблица 1 са показани резултати от изследване на медна нишка при различни стойности на ток пропускан през нея. Чрез време-константата τ, напрежението на кондензатора U<sub>0</sub> при непрекъсната работа на електрически предпазител, и напрежението на кондензатора u<sub>c</sub> в момента на изключване на електрически предпазител е изчислено времето на сработване на стопяемия предпазител.

Таблица 1

№	$I_{к.с}$	$U_0$	$u$	$t$
	A	V	V	s
1	60	7,4	0,13	0,026656
2	55	7,1	0,14	0,029953
3	50	6,4	0,2	0,04775
4	45	5,9	0,24	0,062459
5	40	5,3	0,29	0,084631
6	35	4,7	0,33	0,10949
7	30	4	0,38	0,15013
8	25	3,3	0,39	0,189157
9	20	2,4	0,43	0,296943
10	15	1,8	0,47	0,455122
11	13	1,6	0,56	0,647898
12	12	1,3	0,56	0,847458
13	10	1,1	0,69	1,48431
14	8	0,9	0,89	6,767714
15	6			не изгаря
$\tau=0,752$				

Въз основа на данните от таблица 1 е построена времетокова характеристика на изследваната медна нишка, показана на фиг.4.



Фиг. 4. Времетокова характеристика на изследвана медна нишка.

При изследване на времето на изключване на автоматични прекъсвачи се задават стойности близки до тока  $I_{к.с}$ , определен от номиналния ток  $I_n$  на автоматичния прекъсвач и коефициент  $k$ .

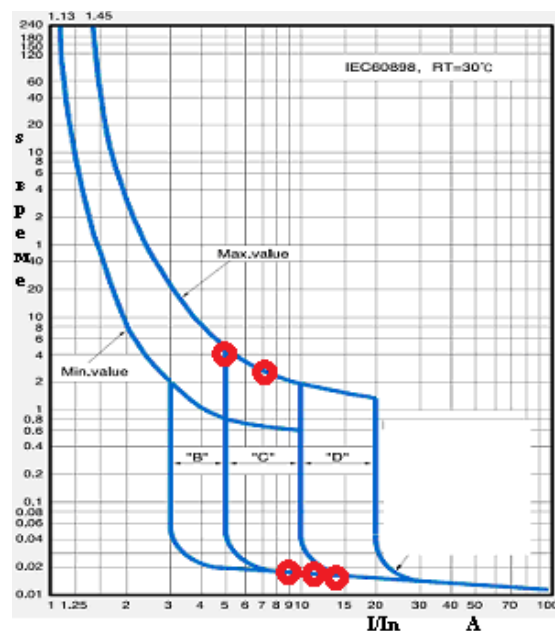
Времето за задействане на автоматичен прекъсвач при стойности на  $I_{к.с} \geq I_n \cdot k$  е около един полупериод т.е. 10 ms.

Изследван е автоматичен прекъсвач тип ВКН С4 за който е известно:

$$I_{к.с.} = I_n \cdot k$$

, където  $k$  за характеристика С е от 5 до 10.

На фиг.5 са показани получени стойности и нанесени върху времетоковите характеристики на автоматични прекъсвачи. За изследваният автоматичен прекъсвач, максималнотокова защита задейства при  $k=9$ .



Фиг. 5. Резултати получени от изследване на автоматичен прекъсвач тип LS- С4 и нанесени върху времетоковите характеристики на автоматични прекъсвачи

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Времето за изключване на защитните предпазители е свързано с защитата на хората срещу поражения при индиректен допир. Посочения метод за изследване позволява проверка на това време при автоматични прекъсвачи и стопяеми предпазители. Методът може да се използва и при лабораторни упражнения с цел изучаване работата на автоматични прекъсвачи и стопяеми предпазители.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Miniature Circuit Breakers & Residual Current - <http://-lsindustrialproducts.co.uk/>
- [2] Ministry of energy and energy resources - Ordinance No. 3 of June 9, 2004 on the Construction of Electrical Appliances and Wiring Lines.
- [3] Schneider Electric - Electrical Appliance Manual Chapter H Low Voltage Switchgear: Intended Use and choice
- [4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Schmelzsicherung>
- [5] Principle of work over fastwork of the apparatuses for protection of current in mine electrical network effect Karcelin E., University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, Bulgaria, 2005

[6] Theoretical Electrical Engineering - Theoretical Course and Applications Part I, Uzunov P., Petrov P., Ivanov K., Gabrovo Print EOOD, 2006.  
[7] Theoretical Electrical Engineering - Theoretical Course and Applications, Part II Uzunov P., Petrov

P., Ivanov K., Gabrovo Print EOOD, 2006.  
[8] Electrical Part of Power Plants and Substations, Manual for Laboratory Exercises, Ivanov K., Uzunov P., Velev G. Gabrovo Print - EOOD, 2008, ISBN: 978-954-436- 013-9