

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВРЕМЕТО ЗА ИЗКЛЮЧВАНЕ НА ДИФЕРЕНЦИАЛНОТОКОВА ЗАЩИТА

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

### RESEARCH BREAK TIME OF RESIDUAL CURRENT DEVICE

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

#### Abstract

*To protect people against direct and indirect contact, use residual-current device. One of the most important characteristics of residual-current device is the time to turn off automatically. In this paper is discussed test method for research break time of residual-current device.*

**Keywords:** residual-current device, short circuit, break time, leakage current.

#### ВЪВЕДЕНИЕ

За защита на хората срещу директен и индиректен допир и на електрически вериги срещу пожар използваме диференциалнотокова защита. Една от най-важните характеристики на диференциалнотокова защита е времето за изключване. В настоящата статия е разгледан метод за изследване на времето за изключване на диференциалнотокова защита.

#### ИЗЛОЖЕНИЕ

Времето за изключване на диференциалнотокова защита 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) 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 наредбата. 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. При номинално фазово напрежение 220 (230)V на мрежата, максималното време за изключване е 0,4s [1], [2]. В настоящата статия е разгледан метод свързан с изследване и измерване на времето за изключване на диференциалнотокова защита.

**Диференциалнотоковата защита** (ДТЗ), (защитен прекъсвач или прекъсвач за остатъчен ток на английски: *residual current device*, RCD) е електрически апарат, който се поставя в електрическите табла на апартаментите и сградите. На разговорен език ДТЗ често се нарича и *дефектнотокова защита*.

Основното ѝ предназначение е:

- да намали риска от поражение от електрически ток (протичане на ток през тялото на човек). Като за целта трябва да

изключи веригата за време, по-малко от необходимото за нанасяне на сериозни поражения върху човек;

- да намали риска от пожари поради повреда в електрическите инсталации дължащи се на ток на утечка към земя.

Ако човек неволно се докосне до части от електрическата инсталация, които нормално се намират под напрежение (директен допир), през неговото тяло протича ток. Този ток е от порядъка на десетки милиампери, което означава, че автоматичният прекъсвач или предпазителят няма да изключат (те сработват при токове от порядъка на десетки ампери) и следователно не могат да защитят човека в такъв случай. Единственото средство, което би могло да се ползва за защита (намаляване на риска, а не сигурна защита) в случая е диференциалнотокова защита.

Праговата стойност за ток през човешкото тяло, приета за защита на човека от вредното действие на електрическия ток, е 30 mA. Следователно диференциалнотокова защита с чувствителност 30 mA е сигурно средство за защита на хората от поражение от електрически ток.

Номиналният неизключващ диференциален ток  $I_{\Delta n0}$  не трябва да бъде по-малък от половината на номинален изключващ диференциален ток  $I_{\Delta n}$ .

Диференциалният ток на сработване  $I_{\Delta ср}$  трябва да е в диапазона:

$$0,5I_{\Delta n} \leq I_{\Delta ср} \leq I_{\Delta n} = 30mA \quad (1)$$

Диференциалнотоковите защиты биват няколко типа [3], [4]:

- тип АС – за приложение в нормални променливотокови вериги без наличие на хармоници или пулсиращи съставки на постоянен ток;

- тип А – за приложение във вериги, „замърсени“ с хармоници или пулсиращи съставки на постоянен ток, с преобладаващи консуматори като компютри, изправители, луминесцентно осветление и т.н.;

- тип F – подобен на Клас А, но с обхват на действие до 1000 Hz и постоянен ток до 10mA;

- тип В – са подходящи за защита на товари с нелинейна характеристика, които при земно съединение могат да генерират токове на земно съединение с високи пулсиращи съставки на постоянен ток (повече от 6 mA)

и/или висока честота [1], [3].

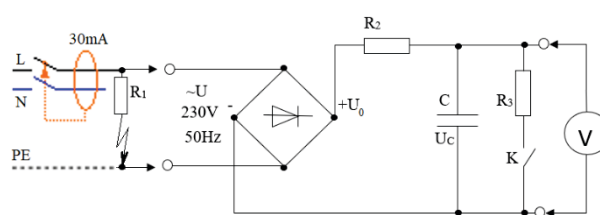
При нарушена изолация на проводниците протича т. нар. ток на земно съединение (от фазовия проводник към земя в мястото на повредата на изолацията). Тези токове, даже и да са малки, освен че предизвикват опасност за човека, също така разрушават с времето изолацията на проводниците, предизвиквайки нагряване. С времето това може да доведе до късо съединение и пожар.

Голям процент от пожарите в сгради се дължат на повреда в изолацията на електрическата инсталация. Доказано е, че при стойност на ток на утечка към земя над 500 mA се създава сериозен риск за възникване на пожар. Тъй като ток с такава стойност не може да предизвика изключването на защитавания автоматичен прекъсвач, навременното изключване на повредения участък може да бъде гарантирано само с дефектнотокова защита [4], [5].

За защита от пожар по електрически причини се препоръчва диференциалнотокови защиты с ток на сработване не по-голям от 300 mA.

На фигура 1 е показана схема на постановката за изследване на времето на изключване диференциалнотокови защиты тип АС.

Чрез резистор  $R_1$  се задава необходимия ток на утечка за задействане на диференциалнотоковата защита. Напрежението върху резистор  $R_1$  се подава към токоизправител.

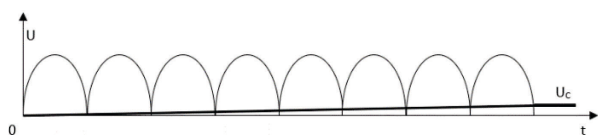


Фиг. 1. Схема на постановка за изследване на времето на диференциалнотокова защита тип АС

Чрез токоизправителя това напрежение е се преобразува от променливо в постоянно напрежение. Полученото постоянно напрежение  $U_0$  зарежда кондензатор С през резистор  $R_2$ . Напрежението върху кондензатора нараства до момента на сработване на диференциалнотоковата защита. Нарастването на напрежението върху кондензатора ще зависи от интервала от време между момента на

протичане на ток на утечка и момента на сработване на диференциалнотоковата защита. Чрез ключ К и резистор  $R_3$  се разрежда кондензатора за следващо измерване. Напрежението върху кондензатора се измерва с цифров волтметър V.

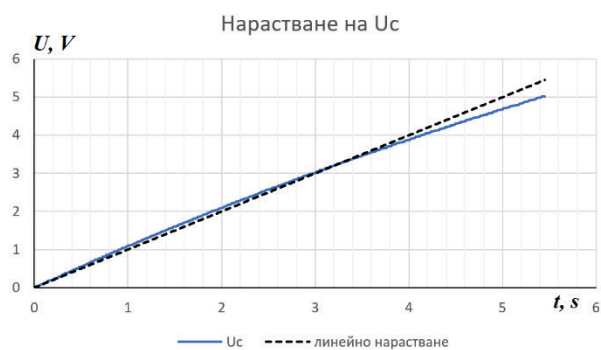
За интервалът от време между момента на протичане на ток на утечка и момента на изключване на диференциалнотоковата защита след токоизправителя ще има низ от положителни полупериоди. Напрежението на кондензатора ще нараства до момента на изключване на диференциалнотоковата защита и ще остане на тази стойност. На фигура 2 са показани низ от положителни полупериоди и напрежението на заряд на кондензатора.



Фиг. 2. Времедиаграми на напрежението след изправителя и на напрежението върху кондензатора

Времедиаграмата на напрежението на заряд на кондензатора е нелинейна с продължителност свързана с времеконстанта определена от веригата  $R_2C$ . В самото начало на времедиаграмата нарастването на напрежението е близко до линейно.

На фигура 3 са показани времедиаграми на напрежението след изправителя и на напрежението върху кондензатора от конкретната постановката за изследване на времето на изключване на диференциалноковите защиты тип АС. Грешката между линейното нарастване и нарастването на напрежението на кондензатора  $U_C$  до 5-та секунда е под 5%.



Фиг. 3. Времедиаграми свързани с грешката от измерванията

Напрежението на кондензатора  $U_C$  в момента на изключване на диференциалнотоковата се определя от зависимост близка до:

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

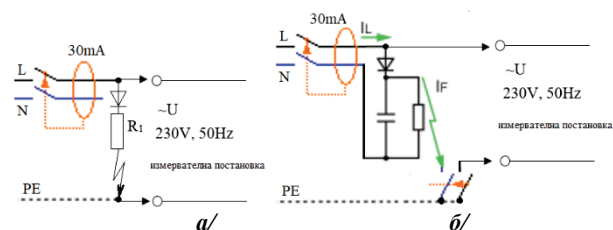
Времеконстантата  $\tau$  на RC групата  $R_2C$  за конкретната постановка на фиг. 1 е близка до 200s. Така за времена до 5s се работи в област от времедиаграмата на заряд на кондензатор близка до линейна.

При работа в линейната област можем да използваме и зависимост:

$$U_C = \frac{I_{cp} \cdot t}{C} \quad (3)$$

Ако изберем елементите с подходящи стойности можем да постигнем отношението  $\frac{I_{cp}}{C}$  да бъде равно на единица, при което напрежението ще съвпада с времето на изключване. Чрез подходящо отношението  $\frac{I_{cp}}{C}$  можем да получим напрежение кратно на времето на изключване.

За изследване на времето на изключване на диференциалноковите защиты тип А, последователно на резистор  $R_1$  се свързва диод. Това ще доведе до наличието на постоянна съставка в тока на утечка. На фиг. 4а е показана промяната в постановката за измерване на времето на изключване на диференциалноковите защиты тип А.



Фиг. 4. Схема на постановката за изследване на времето на диференциалнокова защита тип А и тип В

За изследване на времето на изключване диференциалноковите защиты тип F и диференциалноковите защиты тип В се реализира постановка свързана с конкретната форма на ток на утечка. На фиг.4б е показан примерен вариант за изследване на диференциалнокова защита тип В. Чрез двоен ключ се осигурява ток на утечка и сигнал към измервателната постановка.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Времето на изключване на диференциалнотокови защиты е свързано с защита на хората срещу поражения при директен и индиректен допир. Посочения метод за изследване позволява измерването на времето на изключване на диференциалнотокови защиты. Методът може да се използва и при лабораторни упражнения с цел изучаване на работата на диференциалнотокови защиты.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Protection against earth fault with Residual Current Devices – ABB /<https://library.e.abb.com/public/TechnicalGuideEN.pdf>
- [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 - How to design efficient earth fault protection Version : 1.3 - 08/06/2021
- [4] [https://en.wikipedia.org/wiki/Residual-current\\_device](https://en.wikipedia.org/wiki/Residual-current_device)
- [5] Principle of work over fastwork of the apparatuses for protection of current in mine electricalnetwork effect Karcelin E., University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia, Bulgaria, 2005