



ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВРЕМЕТОКОВИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРЕДПАЗИТЕЛИ СЪС СТОПЯЕМИ МЕДНИ ВЛОЖКИ, ПРЕДНАЗНАЧЕНИ ЗА ЗАХРАНВАНЕ НА НЕТЯГОВИ КОНСУМАТОРИ ОТ КОНТАКТНА МРЕЖА 25 kV, 50 Hz

Здравко БАКАЛОВ, Албена ХРИСТОВА, Георги ДИМИТРОВ
dimitrov_gd@mail.bg

*Здравко Бакалов, доцент, д-р, Албена Христова, гл. асистент, Георги Димитров, гл. асистент,
ВТУ „Тодор Каблешков”, 1574 София, ул. “Гео Милев” № 158,
БЪЛГАРИЯ*

Резюме: В доклада са разгледани основните режими за изследване на времетоковите характеристики на предпазители със стопяеми медни вложки, предназначени за хранване на нетягови консуматори от контактна мрежа 25 kV, 50 Hz. Изследванията са проведени при изпитателен ток I_u равен на номиналния I_n , $1,3I_n$, $1,6I_n$, $6I_n$. На база на приетите изпитателни режими са проведени експериментални изследвания на различни конструкции предпазители и вложки за тях. Направен е анализ на резултатите от изследванията, въз основа на които са формулирани изводи и препоръки за използването им в практиката

Ключови думи: Трансформатори за нетягови консуматори, предпазители със стопяема вложка, времетокови характеристики

ВЪВЕДЕНИЕ

Към контактната мрежа 25 kV, 50 Hz на НК РЖИ са включени около 1300 трансформатора за хранване на нетягови консуматори. Те хранват потребители с различна мощност. С цел подобряване на енергийните показатели е разработена гама нетягови трансформатори за ред на мощностите както следва: 1 kVA, 5 kVA, 10 kVA, 12,5 kVA, 16 kVA и 50 kVA, на които съответства следния ред на номиналните токове: 0,04A, 0,20A, 0,40A, 0,50A, 0,64A и 2A. Първичните намотки на тяговите трансформатори трябва да бъдат включвани към контактната мрежа през предпазители със стопяеми медни вложки, номиналните токове на които да съответстват на номиналните токове на нетяговите трансформатори хранвани през тях. От това следва, че енергоснабдителните звена на НК “Железопътна инфраструктура” трябва да разполагат с гама предпазители за напрежение 25 kV и ред на номиналните токове 0,04A,

0,20A, 0,40A, 0,50A, 0,64A и 2A. На практика обаче до средата на 90^{-те} години на миналия век са използвани предпазители за 2A, с неоребрено изолационно тяло, 35 kV за закрит монтаж. Тези предпазители, от гледна точка на номиналния ток, са подходящи само за нетяговите трансформатори с номинална мощност 50 kVA. Поради тази причина е регистрирана висока аварийност при нетяговите трансформатори с по-малка мощност. Към средата на 90^{-те} години на миналия век проблемът се усложни поради липсата на средства и дефицитността дори и на горепосочените неподходящи предпазители за закрит монтаж. Това доведе до използването, от отделните енергоснабдителни звена на железниците, на различни палиативни решения, които не отговаряха на изискванията за надеждна защита на контактната мрежа. Поради тази причина през 1997 г. в Научно-изследователския и технологичен институт по железопътен транспорт (НИТИЖТ) бяха проведени изследвания по проблема [2], които

обаче по редица причини не можаха да доведат до радикалното му решаване. През следващите години под една или друга форма авторите продължиха изследванията, което позволи в настоящия доклад да бъдат формулирани обосновани изводи и препоръки за решаване на проблема. Това се постига чрез една нова концепция за ролята на разглежданите предпазители и произтичащите от нея изисквания към времетоковите им характеристики. За да бъде обоснована новата концепция е необходимо да бъде анализирана изходната база за разработване на разглежданите предпазители в НИТЖТ през средата на 90-те години на миналия век.

АНАЛИЗ НА РАЗРАБОТКАТА НА НИТЖТ

Тук се разглеждат основните понятия и положения, заложи в разработката на НИТЖТ [2]. Те са формулирани на база на заданието за разработване на задачата, което от своя страна се базира на действащите по онова време общи нормативни документи без да се отчита ролята и спецификата на разработваните предпазители. Поради тази причина получените крайни резултати се оказаха трудни за внедряване. За да се изяснят по-точно причините за това, по-долу ще бъде разгледана изходната база (дефиниции, нормативи, концепции, документация и др.) при изпълнението на посочената разработка. Анализът на тази база ще позволи да бъде формулиран един нов подход при решаване на проблема.

Времетоковата характеристика е крива, която представлява виртуалното преддъгово време t_{vI} или виртуалното време за задействане t_v , като функция на каталожния ток на изключване при определени условия [1]. Ако не е посочено друго, установяването на тази характеристика се прави с патрони в студено изходно състояние. При дефиниране на виртуалните времена се използва джауловия интеграл, който включва квадрата на тока за даден интервал от време:

$$I^2 t = \int_0^t i^2 \cdot dt, \quad (1)$$

където t е времето за задействане, s

Обикновено се посочват джауловият интеграл за преддъговото време и джауловият интеграл за времето на задействане.

Преддъговото виртуално време t_{vI} се определя с помощта на следната зависимост:

$$t_{vI} = \frac{\int_0^{t_1} i^2 \cdot dt}{I^2}, \quad (2)$$

От преддъговото виртуално време t_1 зависи в значителна степен виртуалното време за задействане t_v .

Виртуалното време за задействане може да се определи чрез:

$$t_v = \frac{\int_0^{t_1+t_2} i^2 \cdot dt}{I^2}, \quad (3)$$

където

t_1 – преддъгово време (време за стопяване), включващо времето от момента на появата на тока, който може да причини разтопяването на стопяемия елемент, до момента на запалване на електрическата дъга, s;

t_2 – дъгово време, което включва времето от запалването на електрическата дъга до окончателното ѝ запалване, s.

Сумата от преддъговото t_1 и дъговото t_2 времена дава времето за задействане t , т.е.

$$t = t_1 + t_2 \quad (4)$$

Към времетоковите характеристики на предпазителят със стопяеми медни вложки, предназначени за хранване на нетягови консуматори от контактна мрежа 25 kV, 50 Hz през 1996 г. се поставят следните изисквания [2]:

а) при номинален ток I_H предпазителят следва да може да работи неограничено време;

б) стопяемата вложка на предпазителя при ток 130% от номиналния ток не трябва да се стопява за време по-малко от 1h;

в) стопяемата вложка на предпазителя при ток 200% от номиналния ток трябва да се стопява за време до 1h;

г) стопяемата вложка на предпазителя при ток 600% от номиналния ток трябва да се стопява за време не повече от 0,8s.

При разглеждане на въпросите свързани със стопяването на стопилката при различни режими трябва да се има предвид, че от съществено значение за процеса са конструкцията и размерите на патрона на предпазителя, големината на тока и пада на напрежение в стопяемата вложка. От

последните две величини зависи загубата на мощност във вложката, която от своя страна обуславя прегряването ѝ като се отчитат конструкцията и размерите на патрона, които в преобладаващите случаи са лимитиращи за охлаждането на предпазителя. При дадена конструкция, материали и размери на вложката и патрона стопяването на стопилката настъпва за определено време в зависимост от тока, който преминава през вложката. Стопилките на всички видове патрони (бавнодействащи, нормални и комбинирани) не трябва да задействат при натоварване с максималния ток без стопяване I_{maxcm} за определено нормирано време, а да се стопяват при минималния ток със стопяване I_{mincm} .

От казаното до тук следва, че съгласно формулираните по-горе изисквания към времетоковите характеристики на предпазителят със стопяеми медни вложки, предназначени за хранване на нетягови консуматори от компактната мрежа 25 kV, 50 Hz [2] за величините I_{maxcm} и I_{mincm} са в сила зависимостите:

$$I_{maxcm} = 1,3 I_H \quad \text{за } t_{max} > 1h \quad (5)$$

$$I'_{mincm} = 2I_H \quad \text{за } t'_{min} \leq 1h \quad (6)$$

$$I''_{mincm} = 6I_H \quad \text{за } t''_{min} < 0,8s \quad (7)$$

Където t_{max} , t'_{min} и t''_{min} са съответните нормирани времена за преминаване на съответния ток през вложката.

В разработката от 1997г. се прилага аналогов метод на подобие. Счита се, че ако геометричните параметри, конструкцията и материалите на изолаторните тела на два различни предпазителя (единият от номинален ток I_{n1} , а другият – за I_{n2}), то с известно приближение може да се приеме, че между диаметрите d_1 и d_2 на медните проводници, от които са изработени вложките, е в сила зависимост от вида:

$$d_2 \approx d_1 \sqrt{\frac{I_2}{I_1}} \quad (8)$$

Това допускане обаче може да се приеме само за близки стойности на I_{n1} и I_{n2} . То е изведено при предварителното условие и в двата случая плътността на протичащите през вложките токове I_{n1} и I_{n2} да бъде еднаква.

Приемането на критерий за подобност при еднакви плътности на тока води до груби грешки. Би трябвало да се постави изискване не за еднаква плътност на тока в двата случая, а за еднакво количество топлинни загуби. При условие, че и в двата случая вложките са медни, то между диаметрите d_1 и d_2 и токовете I_{n1} и I_{n2} ще бъде в сила зависимостта:

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{I_{n2}}{I_{n1}}} \quad (9)$$

С помощта на тази формула на база на разработен по-рано предпазител 2А, 35 kV са изчислени теоретичните стойности на диаметрите на вложките за останалите изброени по-горе предпазители. Резултатите от тези изчисления са приведени в таблица 1.

Таблица 1

Номинална мощност на трансформатора	Номинален ток на предпазителя	Изчислителна стойност на диаметъра на медната вложка на предпазителя
kVA	A	mm
1	0,04	0,0016
5	0,20	0,0080
10	0,40	0,0160
12,5	0,50	0,0200
16	0,64	0,0256
50	2,00	0,0800

Като се вземат под внимание диаметрите на предлаганите на пазара медни проводници, може да се установи, че практически лесно реализуем е само предпазителят с номинален ток 2А. За останалите случаи се налага използване на проводници с по-голям диаметър от изчислителния, което да се компенсира с увеличаване дължината на медния проводник чрез прилагане на известни конструктивни решения. Това обаче усложнява конструкцията на предпазителят, което при дребно серийността им е икономически нецелесъобразно. Освен това всички изследвания са проведени с предпазители за закрит монтаж, имащи гладки изолаторни тела. На практика обаче предпазителят се монтира на открито, което налага изолаторните тела да бъдат оребрени. Последното от своя страна усложнява още повече задачата, тъй като води до значителна

промяна на температурната времекопнстанта на предпазителя.

Какъв е изходът от положението? Колкото и неубедително да изглежда на пръв поглед, за практически цели е достатъчно от времетоковите характеристики на предпазителя за захранване на нетяговите трансформатори от контактната мрежа да отпадне условието "в" – стопяемата вложка на предпазителя да се стопява за време по-малко от 1 час при 200% от номиналния ток. Опитът от разработването и изпитването на разглежданите предпазители показва, че това условие се реализира най-трудно при конструирането на предпазители. Същевременно като се има предвид, че разглежданият предпазител има за задача да защитава от късо съединение контактната мрежа при пробив в изолацията на трансформатора, то той може да бъде освободен от функцията да предпазва трансформатора от претоварване, тъй като тази функция се изпълнява от предпазителя му на страна 220V. При направената уговорка времетоковите характеристики трябва да включват само условията „а“, „б“ и „г“.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРЕДВАРИТЕЛНИ-ТЕ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕД-ВАНИЯ

Изказаното по-горе твърдение бе проверено експериментално главно в лабораторни и частично в експлоатационни условия. Резултатите от лабораторните изпитвания показваха, че за защита на контактната мрежа от късо съединение при пробив в изолацията на нетяговите трансформатори биха могли да бъдат използвани предпазители, имащи кръгли медни вложки (проводници) с диаметър съгласно таблица 2. Тези резултати обаче се

нуждаят от допълнителна проверка в експлоатационни условия.

Таблица 2

Номинална мощност на трансформатора	Номинален ток	Диаметър на вложката за защита от късо съединение в трансформатора
kVA	A	mm
1	0,04	0,050
5	0,20	0,055
10	0,40	0,060
12,5	0,50	0,063
16	0,64	0,065
50	2,00	0,080

ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ

1. От времетоковите характеристики на предпазителя за страна високо напрежение на трансформаторите за нетягови консуматори, захранвани от контактна мрежа 25 kV, би следвало да отпадне изискването „в“.

2. Препоръчва се извършване на разширена експериментална проверка на твърдението от предходната точка, като се използват предпазители с диаметър на кръглата медна вложка съгласно таблица 2.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Христова А, Обща терминология. Класификация. Технически изисквания. Правила за приемане и методи за изпитване на стопяеми предпазители, Бюлетин „Наука и техника“, БОР, София, 1995.

[2] Патрони за предпазители 35 kV за трансформатори за нетягови консуматори, НИТИЖТ, София, 1997.

A STUDY ON TIME-CURRENT FEATURES OF FUSES WITH MELTING COPPER WIRE INTENDED TO SUPPLY NON-TRACTION CONSUMERS FROM 25 kV, 50 Hz OVERHEAD CONTACT LINE

Zdravko Bakalov, Albena Hristova, Georgi Dimitrov

Assoc. prof. Zdravko Bakalov, Ph.D, Dipl. eng. Albena Hristova, MSc., Dipl. eng. Georgi Dimitrov, MSc., Higher school of transport "T. Kableskov"

BULGARIA

Abstract: The paper presents the main modes of examination on the time-current features of fuses with melting copper wire intended to supply non-traction consumers from 25 kV, 50 Hz OCL with different testing currents. On the basis of the assumed testing modes experimental examinations on different structures of fuses and melting wire for them. The results have been analysed and conclusions have been made giving recommendations how to use fuses of that type in practice

Key words: Transformers for non-traction consumers, rewirable fuses, time-current features.