

В. К. МОНАКОВ, канд. техн. наук, генеральный директор
ООО "Астро-УЗО" (Россия, 111116, г. Москва, Энергетический пр., 8;
e-mail: uzo@uzo.ru)

Д. Ю. КУДРЯВЦЕВ, канд. техн. наук, инженер, ООО "Астро-УЗО"
(Россия, 111116, г. Москва, Энергетический пр., 8; e-mail: dmt.kudr@gmail.com)

В. В. СМИРНОВ, канд. техн. наук, доцент кафедры комплексной
безопасности в строительстве, Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет (Россия,
129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: 9055648585@mail.ru)

УДК 621.316.9.06

РАСЧЕТ ВРЕМЯТОКОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ДУГОВОГО ЗАМЫКАНИЯ/ПРОБОЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДУГОВОГО ЗАМЫКАНИЯ ПРИ ОБРЫВЕ ПРОВОДНИКА КАБЕЛЯ

Построена теплофизическая модель последовательной дуги, возникающей при повреждении жилы кабеля, которая наиболее трудна для диагностики и представляет наибольший интерес для исследования. С помощью этой модели получены выражения, определяющие наиболее важные теплофизические параметры процесса, в частности формула, описывающая максимально допустимые времятоковые характеристики устройства защиты от дугового замыкания/пробоя (УЗДЗ/УЗДП). Выполнена оценка теплофизических параметров и времятоковых характеристик УЗДЗ/УЗДП. Дано сравнение полученных результатов со значениями, заданными ГОСТ Р МЭК 62606. Определена модель, на основе которой получены параметры стандарта. Установлено, что экспериментальные данные соответствуют стандартным значениям.

Ключевые слова: релейная защита; дуговое замыкание; дуговой пробой; искрение; устройство защиты от дугового замыкания (УЗДЗ); устройство защиты от дугового пробоя (УЗДП).

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.45-50

Актуальность и новизна

Устройство защиты от дугового замыкания/пробоя (УЗДЗ/УЗДП) — новое в России средство релейной защиты электроустановок. Широкое внедрение данных устройств началось в 1999–2002 гг. в США и Канаде после принятия соответствующих национальных стандартов [1]. В 2013 г. Международная электротехническая комиссия (МЭК) опубликовала стандарт 62606 [2], который был принят рядом стран, в том числе РФ (ГОСТ Р МЭК 62606) и ФРГ [3]. В США и РФ ряд производителей электротехнического оборудования приступил к разработке устройств защиты от дуговых замыканий в электроустановках [4, 5].

Времятоковая характеристика, представляющая собой зависимость времени срабатывания релейной защиты от значения тока нагрузки, является одним из ключевых показателей работоспособности УЗДЗ/УЗДП. Запоздывание отключения цепи, в которой произошло дуговое замыкание (пробой), с большой вероятностью может привести к воспламенению изоляции и окружающих горючих материалов, что, в свою очередь, может стать причиной пожара

на объекте или серьезного повреждения электроустановки. Это обуславливает необходимость расчета предельно допустимого времени отключения при заданном значении тока дугового замыкания. Таким образом, для обеспечения правильной работы УЗДЗ/УЗДП необходимо учитывать предельно допустимую времятоковую характеристику устройства.

Теплофизическая модель и вывод времятоковой характеристики

Рассматривается случай последовательного дугового замыкания при обрыве проводника кабеля. На практике наиболее частые причины этого явления — излом жилы кабеля из-за усталости металла, либо разрыв проводника при чрезмерном растяжении кабеля, либо повреждение жилы посторонним предметом. При этом в поврежденной жиле появляется малый зазор, пробиваемый рабочим напряжением, поэтому по такому кабелю продолжает протекать ток, значение которого остается близким к номинальному значению (рис. 1). В зазоре возникает дуговой разряд, сопровождающийся интенсивным выделением тепла, что приводит к дальнейше-

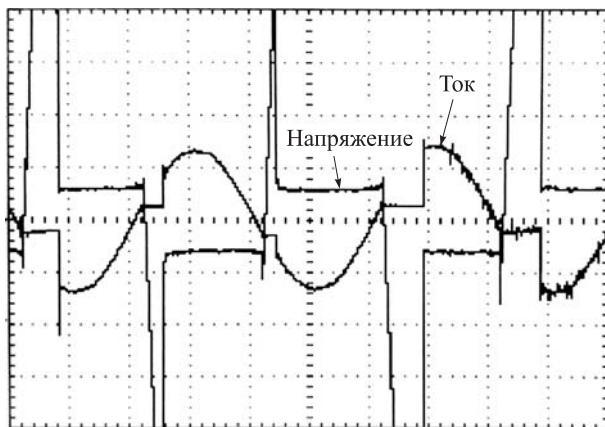


Рис. 1. Типичные осциллограммы тока и напряжения при последовательном дуговом замыкании

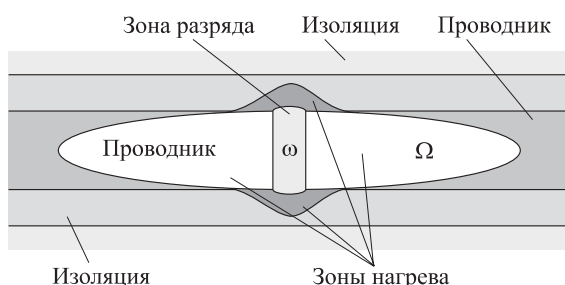


Рис. 2. Продольное сечение поврежденной жилы кабеля: ω — область разряда (источник тепла), т. е. зазор между жилами; Ω — окрестность источника тепла, ограниченная изоляцией

му разрушению изоляции кабеля и его возгоранию. Описанная неисправность наиболее сложна для диагностики и требует детального изучения [6–10].

Предлагается модель, позволяющая выполнять оценку важнейших параметров процесса, в том числе времени возникновения возгорания.

Удобно рассмотреть продольное сечение поврежденной жилы кабеля, схематично изображенное на рис. 2. Поскольку теплофизические характеристики проводника и изолятора существенно различаются, форма области Ω будет иметь специальный вид (рис. 2).

Области ω , Ω и внешняя среда (изолятор) образуют открытую термодинамическую систему. Линейное уравнение теплового баланса [11–14] для данной системы имеет вид:

$$\frac{dT}{dt} = -\alpha(T - T_0) + \frac{P}{c\rho V}, \quad (1)$$

где T — средняя по объему Ω температура;

α — скорость остывания области Ω ;

T_0 — температура окружающей среды;

P — мощность источника тепла внутри объема ω ;

c, ρ — средние удельная теплоемкость и плотность объема Ω соответственно;

V — объем области Ω .

Решение уравнения (1) дается выражением

$$\begin{aligned} T(t) &= T_0 + \frac{1}{c\rho V} \int_0^t P(s) e^{-\alpha(t-s)} ds = \\ &= T_0 + \frac{1}{c\rho V} \int_0^t i(s) u(s) e^{-\alpha(t-s)} ds, \end{aligned} \quad (2)$$

где $i(s)$ — мгновенный ток через область ω в момент времени s ;

$u(s)$ — мгновенная разность потенциалов на границах области ω в момент времени s .

Пусть на промежутке $[0, t]$ происходит стабильное горение дугового разряда, тогда мощность $P(s)$ можно заменить эквивалентным значением $\hat{P} = \hat{U}\hat{I} = \text{const}$, где $\hat{U}$ — падение напряжения на дуге (напряжение стабилизации) [15]; $\hat{I}$ — эквивалентное значение тока.

С учетом упрощений получаем:

$$\begin{aligned} T(t) &= T_0 + \frac{\hat{U}\hat{I}}{c\rho V} \int_0^t e^{-\alpha(t-s)} ds = \\ &= T_0 + \frac{\hat{U}\hat{I}}{c\rho V\alpha} (1 - e^{-\alpha t}) = T_0 + K' (1 - e^{-\alpha t}) \hat{I}, \end{aligned} \quad (3)$$

где K' — постоянная; $K' = \hat{U}/(c\rho V\alpha)$.

Переходя к пределу по базе $t \rightarrow +\infty$, получаем асимптотику решения:

$$T_\infty = \lim_{t \rightarrow +\infty} T(t) = T_0 + K'\hat{I}. \quad (4)$$

Считаем, что критерием воспламенения изоляции является достижение условной температуры воспламенения $\tilde{T}$, поскольку источник зажигания присутствует — это дуговой разряд, а окислителем является кислород воздуха. Тогда при $T_\infty > \tilde{T}$, т. е. при

$$\hat{I} > \frac{\tilde{T} - T_0}{K'} = \frac{c\rho V\alpha}{\hat{U}} (\tilde{T} - T_0) = \tilde{I}, \quad (5)$$

произойдет воспламенение за некоторое (возможно, очень большое) время. Отсюда следует, что при $\hat{I} < \tilde{I}$ воспламенение гарантированно не произойдет, поскольку интенсивность источника тепла слишком мала.

Однако тепловой источник действует ограниченное время, поэтому данного неравенства недостаточно. Выясним связь между интенсивностью источника и временем достижения температуры воспламенения. Из равенства $T(\tilde{t}) = \tilde{T}$ получаем:

$$\tilde{t} = -\frac{1}{\alpha} \ln \left(1 - \frac{\tilde{T} - T_0}{K'\hat{I}} \right) = -\frac{1}{\alpha} \ln \left(1 - \frac{\tilde{I}}{\hat{I}} \right). \quad (6)$$

Поскольку в реальных условиях $\hat{I} \gg \tilde{I}$, удобно разложить правую часть по формуле Тейлора в окрестности нуля, т. е. по базе $\tilde{I}/\hat{I} \rightarrow 0$:

$$\tilde{t} = 1/\alpha [\tilde{I}/\hat{I} + 0(\tilde{I}/\hat{I})].$$

Проще говоря, при достаточно больших $\hat{I}$ имеет место приближение

$$\tilde{t} \approx \frac{\tilde{I}}{\alpha} \frac{1}{\hat{I}}, \quad (7)$$

или с учетом (5)

$$\tilde{t} \approx \frac{c\rho V}{\hat{U}} (\tilde{T} - T_0) \frac{1}{\hat{I}} = \frac{K''}{\hat{I}}, \quad (8)$$

где K'' — заряд, прошедший через область разряда ω за время возгорания $\tilde{t}$; $K'' = c\rho V(\tilde{T} - T_0)/\hat{U} \approx \hat{I}\tilde{t}$.

Полученную гиперболу можно считать границей области допустимости для времятоковой характеристики УЗДЗ/УЗДП. Так, с момента возникновения дугового замыкания, имеющего мощность $\hat{P} = \hat{U}\hat{I}$, устройство должно прервать ток за время, не превосходящее $\tilde{t} = K''/\hat{I}$. В противном случае велика вероятность воспламенения изоляции, что может вызвать пожар.

Суммарная тепловая энергия, переданная источником за предельно допустимое время $\tilde{t}$, т. е. энергия зажигания, рассчитывается по формуле

$$\tilde{W} = \hat{P}\tilde{t} = \frac{\tilde{I}\hat{U}}{\alpha} = K''\hat{U} = c\rho V(\tilde{T} - T_0) = \text{const.} \quad (9)$$

С учетом (9) можно переписать:

- выражение (8):

$$\tilde{t} = \frac{\tilde{W}}{\hat{U}} \frac{1}{\hat{I}}; \quad (10)$$

- выражение (5):

$$\tilde{I} = K''\alpha = \frac{\tilde{W}\alpha}{\hat{U}}; \quad (11)$$

- постоянные, входящие в модель:

$$K'' = \frac{\tilde{W}}{\hat{U}} = \frac{\tilde{I}}{\alpha}; \quad (12)$$

$$K' = \frac{\hat{U}(\tilde{T} - T_0)}{\tilde{W}\alpha} = \frac{\tilde{T} - T_0}{\alpha} \frac{1}{K''}. \quad (13)$$

Оценочные расчеты и обсуждение результатов

На основе предложенной модели выполнены оценочный расчет предельно допустимого времени

Таблица 1. Усредненные исходные данные для расчета

Параметр	Значение (усредненное)
$ \omega $, мм ³	0,5
$ \Omega $, мм ³	5
c , Дж/(кг · К)	1000
ρ , кг/м ³	4000
$\hat{U}$, В	1,5
T_0 , К	293
$\tilde{T}$, К	523

срабатывания УЗДЗ/УЗДП и сопоставление его результатов с данными ГОСТ Р МЭК 62606. Расчет и эксперименты проводились для кабеля марки NYM конфигурации 3×2,5, в одной из жил которого был создан разрыв. Для кабелей других марок результаты могут отличаться.

Усредненные исходные данные для проведения расчета приведены в табл. 1. Исходные данные являются результатами статистической обработки измерений соответствующих показателей при проведении экспериментальных исследований.

Результаты расчета по формулам (8)–(13) приведены в табл. 2 (при энергии зажигания $\tilde{W} = 3,75$ Дж). Для сравнения результаты расчетов представлены также для значений энергии зажигания $\tilde{W} = 7,50$ Дж и $\tilde{W} = 11,25$ Дж. Как видно, время возгорания $\tilde{t}$ совпадает с предельно допустимым временем срабатывания защиты при токе последовательного дугового замыкания от 2,5 до 16 А. Таким образом, проведена идентификация модели, на основе которой были получены стандартные значения. При токе свыше 16 А стандартные значения установлены на уровне 120 мс и значительно превосходят расчетные. Это обусловлено в первую очередь ограниченностью быстродействия УЗДЗ/УЗДП, поскольку для достоверного распознавания дугового замыкания необходимо выполнить ряд вычислений. Значение запаса времени установлено прежде всего с учетом цифровой реализации УЗДЗ/УЗДП, для аналоговой реализации этого не требуется.

Вычисленная предельно допустимая времятоковая характеристика УЗДЗ/УЗДП при различных значениях энергии зажигания $\tilde{W}$ (или, что эквивалентно, заряда K'') представлена на рис. 3, а (в ли-

Таблица 2. Результаты расчетов по формулам (8)–(13)

$\tilde{W}$, Дж	K'' , Кл	$\tilde{t}$, мс, при $\hat{I}$, А					
		2,5	5,0	10,0	16,0	32,0	63,0
3,75	2,5	1000 (1000)	500 (500)	250 (250)	156 (150)	78 (120)	39 (120)
7,50	5,0	2000	1000	500	312	156	78
11,25	7,5	3000	1500	750	469	234	117

Примечание. В скобках даны значения, приведенные в ГОСТ Р МЭК 62606.

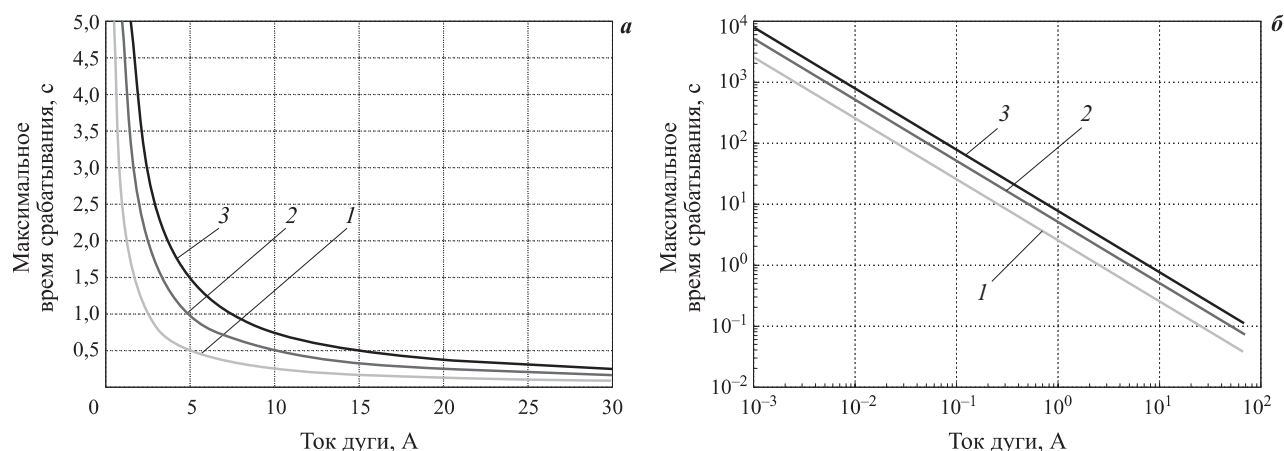


Рис. 3. Времятоковая характеристика УЗДЗ/УЗДП в линейном (а) и логарифмическом (б) масштабе: 1 — $K'' = 2,5$ Кл; 2 — $K'' = 5,0$ Кл; 3 — $K'' = 7,5$ Кл

нейном масштабе) и на рис. 3,б (в логарифмическом масштабе).

Выводы

1. Построена теплофизическая модель последовательного дугового замыкания при обрыве проводника кабеля, представляющего наибольшую сложность для диагностики и наибольший интерес для изучения.

2. На основе этой модели получены выражения, связывающие важнейшие параметры теплофизиче-

ского процесса, в частности формула для предельно допустимой времятоковой характеристики устройства релейной защиты от дугового замыкания/пробоя (УЗДЗ/УЗДП).

3. Проведен оценочный расчет времятоковой характеристики и установлено соответствие результатов со значениями, приведенными в ГОСТ Р МЭК 62606. Тем самым идентифицирована модель, с помощью которой были получены стандартные значения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. UL 1699. Standard for Arc-Fault Circuit-Interrupters. — Underwriters Laboratories, Inc., 2006. URL: https://standardscatalog.ul.com/standards/en/standard_1699 (дата обращения: 01.08.2016).
2. IEC 62606:2013. General requirements for arc fault detection devices. — International Electrotechnical Commission, 2013. URL: <https://webstore.iec.ch/publication/7248> (дата обращения: 01.08.2016).
3. DIN VDE 0100-420:2016-02. Teil 4-42: Schutzmaßnahmen — Schutz gegen thermische Auswirkungen (IEC 60364-4-42:2010, modifiziert + A1:2014). — Deutsches Institut für Normung, 2016. URL: <https://vde-verlag.de/normen/0100304/din-vde-0100-420-vde-0100-420-2016-02.html> (дата обращения: 01.08.2016).
4. Electrical Arcing of Aged Aircraft Wire : Report No. N191-RPT4AU99. — Washington : National Transportation Safety Board, 1999. URL: <http://tw800.sites.usa.gov/files/twa800/DCA96MA070/255991.pdf> (дата обращения: 01.08.2016).
5. Billings M. J., Smith A., Wilkins R. Tracking in polymeric insulation // IEEE Transactions on Electrical Insulation. — 1967. — Vol. EI-2, Issue 3. — P. 131–137. DOI: 10.1109/tei.1967.298855.
6. Мильников М. Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках : учебник для пожарно-технических училищ. — М. : Стройиздат, 1985. — 311 с.
7. Веревкин В. Н., Селков Г. И. Безопасность электрических контактных соединений // Промышленная энергетика. — 1988. — № 4. — С. 40–46.
8. Лебедев К. Б., Чешко И. Д. Следы больших переходных сопротивлений в электротехнических устройствах и их экспертное исследование // Пожаровзрывобезопасность. — 2003. — Т. 12, № 6. — С. 32–38.
9. Olyphant M., jr. Arc Resistance. I. Tracking Processes in Thermosetting Insulating Materials // ASTM Bulletin. — 1952. — No. 181. — P. 60–67.
10. Olyphant M., jr. Arc Resistance. II. Effect of Testing Conditions on Tracking Properties of Thermosetting Insulating Materials // ASTM Bulletin. — 1952. — No. 185. — P. 41–48.
11. Монаков В. К., Кудрявцев Д. Ю., Козырев А. А. Принцип работы устройства защиты электроустановок от дуговых замыканий // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. — 2014. — № 1. — С. 28–30.

12. Теплотехника : учебник для вузов / Под ред. А. П. Баскакова. — 2-е изд. — М. : Энергоатомиздат, 1991.
13. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. — М. : Энергия, 1969.
14. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. — М. : Энергия, 1977.
15. Гарке В. Г., Хазбулатов З. З. Параметры электрической дуги при КЗ и их влияние на работу релейной защиты // Доклад на IX симпозиуме “Электротехника 2030”, Казанский государственный энергетический университет, июнь 2007 г. — М. : ВЭИ, 2007.

Материал поступил в редакцию 10 августа 2016 г.

Для цитирования: Монаков В. К., Кудрявцев Д. Ю., Смирнов В. В. Расчет времятоковой характеристики устройства защиты от дугового замыкания/пробоя на основе модели последовательного дугового замыкания при обрыве проводника кабеля // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 11. — С. 45–50. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.45-50.

English

CALCULATION OF THE TIME-CURRENT CHARACTERISTICS OF AN ARC FAULT DETECTION DEVICE BASED ON THE MODEL OF SERIAL ARC FAULT CAUSED BY FRACTURE OF CABLE CONDUCTOR

MONAKOV V. K., Candidate of Technical Sciences, General Director of Astro-UZO LLC (Energeticheskiy Lane, 8, Moscow, 111116, Russian Federation; e-mail address: uzo@uzo.ru)

KUDRYAVTSEV D. Yu., Candidate of Technical Sciences, Engineer of Astro-UZO LLC (Energeticheskiy Lane, 8, Moscow, 111116, Russian Federation; e-mail address: dmt.kudr@gmail.com)

SMIRNOV V. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Complex Safety in Construction, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: 9055648585@mail.ru)

ABSTRACT

Fires of electrical reasons, make up around 20–25 % of total number of fires in the world. The most flammable (more than 60 % of the total number of electrical fires) are cable products. In the operation of the power plant possible an emergency mode is parallel or serial arc fault. It causes a fire due to the high temperature of the arc up to 7000 °C. It was found that fire arises primarily as a result of the electric arc. An arc fault is often a consequence of damage of electrical insulation.

AFDD/AFCI is fairly new relay device for fire safety. Standard of Russian Federation for these devices is identical to the International standard IEC 62606:2013 “General requirements for arc fault detection devices”. The standard requires limits of response time of device depending of arc fault current.

A time-current characteristic is one of the most important indicators of AFDD/AFCI performance. Late trip of emergency circuit with arc fault are most likely to cause a fire of insulation. Thus, to ensure the fire safety of cable it is necessary to know and use in design of electrical networks the maximum allowable time-current characteristics of the arc fault protection device.

The case of a serial arc fault by fracture of cable conductor is considered. In practice, the most frequent reasons of this are rupture of cable wire due to metal fatigue or excessive tension and damage by external object. In the damaged conductor arises the small gap which punches by operating voltage. Thus, the current on this cable continues, and remains close to the nominal value. The gap arises the arc discharge accompanied by intense heating causes further degradation of the cable insulation and arises a fire.

Determination of fire risk parameters of ignition energy of an arc fault is practical and is related to the fire safety of wire and electric cable networks.

By the heat balance equation in the proposed model we obtained the expressions relating the general thermophysical parameters of the process are obtained. In particular, the formula of maximum allowable time-current characteristics of AFDD/AFCI is obtained.

Furthermore we done the evaluation of termophysical parameters and time-current characteristics. Then given the comparison of these results with the values of the standard GOST R IEC 62606. Conformity of the standard values and the calculated data is found. Thus, we identified the model by which the standard values are calculated.

Keywords: relay protection; arc circuit; arc breakdown; sparking; arc fault circuit interrupter (AFCI); arc fault device detector (AFDD).

REFERENCES

1. *UL 1699. Standard for Arc-Fault Circuit-Interrupters*. Underwriters Laboratories, Inc., 2006. Available at: https://standardscatalog.ul.com/standards/en/standard_1699 (Accessed 1 August 2016).
2. *IEC 62606:2013. General requirements for arc fault detection devices*. International Electrotechnical Commission, 2013. Available at: <https://webstore.iec.ch/publication/7248> (Accessed 1 August 2016).
3. *DIN VDE 0100-420:2016-02. Teil 4-42: Schutzmaßnahmen — Schutz gegen thermische Auswirkungen* (IEC 60364-4-42:2010, modifiziert + A1:2014). Deutsches Institut für Normung, 2016. Available at: <https://vde-verlag.de/normen/0100304/din-vde-0100-420-vde-0100-420-2016-02.html> (Accessed 1 August 2016).
4. *Electrical Arcing of Aged Aircraft Wire. Report No. N191-RPT4AU99*. Washington, National Transportation Safety Board, 1999. Available at: <http://tw800.sites.usa.gov/files/twa800/DCA96MA070/255991.pdf> (Accessed 1 August 2016).
5. Billings M. J., Smith A., Wilkins R. Tracking in polymeric insulation. *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, 1967, vol. EI-2, issue 3, pp. 131–137. DOI: 10.1109/tei.1967.298855.
6. Mylnikov T. M. *General electrical engineering and fire prevention in electrical systems. Textbook for fire-technical schools*. Moscow, Stroyizdat, 1985. 311 p. (in Russian).
7. Verevkin V. N., Smelkov G. I. Safety of electrical contact connections. *Promyshlennaya Energetika (Industrial Power Engineering)*, 1988, no. 4, pp. 40–46 (in Russian).
8. Lebedev K. B., Cheshko I. D. The traces of powerful transient resistance at electric devices and expert investigation of this traces. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2003, vol. 12, no. 6, pp. 32–38 (in Russian).
9. Olyphant M., jr. Arc Resistance. I. Tracking processes in thermosetting insulating materials. *ASTM Bulletin*, 1952, no. 181, pp. 60–67.
10. Olyphant M., jr. Arc Resistance. II. Effect of testing conditions on tracking properties of thermosetting insulating materials. *ASTM Bulletin*, 1952, no. 185, pp. 41–48.
11. Monakov V. K., Kudryavtsev D. Yu., Kozyrev A. A. Designing of principle of action of arc fault circuit interrupter. *ELEKTRO. Elektrotehnika, elektroenergetika, elektrotehnicheskaya promyshlennost (ELECTRO. Electrical Equipment, Electrical Power Engineering, Electrotechnical Industry)*, 2014, no. 1, pp. 28–30 (in Russian).
12. Baskakov A. P. (ed.). *Heat engineering. Textbook for Universities*, 2nd ed. Moscow, Energoatomizdat, 1991 (in Russian).
13. Isachenko V. P., Osipova V. A., Sukomel A. S. *Heat transfer*. Moscow, Energiya Publ., 1969 (in Russian).
14. Mikheev M. A., Mikheeva I. M. *Base of heat transfer*. Moscow, Energiya Publ., 1977 (in Russian).
15. Gerke V. G., Khasbulatov Z. Z. Parameters of the electric arc at short circuit and their influence on the operation of relay protection. In: *Report of IX Symposium “Electrical Engineering 2030”*, June 2007, Kazan State Power Engineering University. Moscow, VEI Publ., 2007 (in Russian).

For citation: Monakov V. K., Kudryavtsev D. Yu., Smirnov V. V. Calculation of the time-current characteristics of an arc fault detection device based on the model of serial arc fault caused by fracture of cable conductor. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 11, pp. 45–50. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.45-50.