

*А. И. Осипова*

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ, ВХОДЯЩЕГО В СИСТЕМУ ДВУХУРОВНЕГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ОПОР

**Аннотация.** Рассмотрена задача расчета токов короткого замыкания, протекающих в металлической оболочке ВОЛС, интегрированной в систему заземления опор контактной сети. Приведена методика определения токов в металлической части ВОЛС для различных вариантов питания межподстанционной зоны. Сделаны выводы, предложены критерии определения возможности применения ВОЛС в качестве дополнительного проводника с позиций обеспечения расчётного срока службы оптоволоконного кабеля.

**Ключевые слова:** токи короткого замыкания, волоконно-оптический кабель, групповое заземление опор, термическая деградация, тепловой импульс.

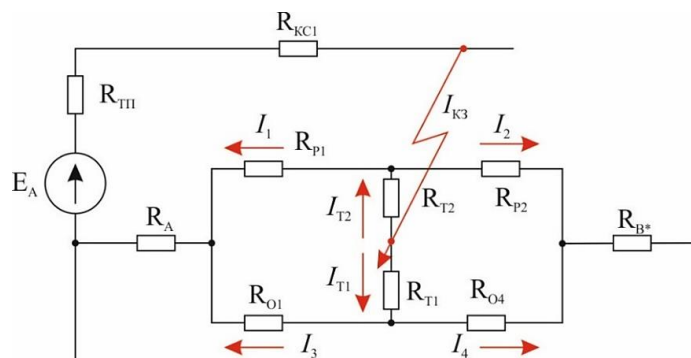
**Для цитирования:** Осипова, А. И. Обеспечение термической стойкости волоконно-оптического кабеля, входящего в систему двухуровневого заземления опор / А. И. Осипова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 1. – С. 274–281. – DOI 10.46973/0201-727X\_2023\_1\_274.

### *Введение*

Применение волоконно-оптического кабеля типа ОКГТ в процессе сооружения волоконно-оптических линий связи на сети электрифицированных железных дорог открывает широкие возможности для дальнейшего совершенствования системы тягового электроснабжения. Одним из таких решений является использование металлической оболочки кабеля в качестве дополнительного, резервного проводника, интегрированного в систему группового заземления опор. При этом появится дополнительный путь протекания тока короткого замыкания, что позволит повысить надежность и безопасность функционирования железных дорог постоянного тока [1]. В случае возникновения аварийного режима работы в системе тягового электроснабжения ток короткого замыкания будет протекать по всем элементам, образующим цепь обратного тока, в том числе по металлической оболочке волоконно-оптического кабеля. Протекание тока приводит к нагреву структуры кабеля, что может сказаться на его технических характеристиках и сроке службы. Для всех типов ОКГТ, производимых в настоящее время, в паспортных данных указывают в том числе две величины – предельное значение тока, протекающего по кабелю в течение одной секунды, и максимальная величина теплового импульса.

Как известно, максимально допустимая температура нагрева ОКГТ при воздействии длительно протекающего тока не должна превышать значения 85 °С [2]. При увеличении температуры свыше данного значения происходит изменение структуры отражающего покрытия, нанесенного на внутренние стенки волоконно-оптической трубки, что, в свою очередь, приводит к затуханию информационного сигнала и выходу из строя линии связи. Таким образом, расчёт тепловых процессов, возникающих в кабеле ОКГТ при протекании по нему токов большой величины, является достаточно важной и трудоемкой задачей, для решения которой в первую очередь необходимо владеть информацией о протекающих по кабелю токах.

Нагрев структуры кабеля ОКГТ и, в частности, её металлических элементов происходит вследствие протекания в данных проводниках электрического тока и описывается законом Джоуля – Ленца. Как известно из основ электротехники, при протекании электрического тока по проводнику в последнем возникают потери мощности, которые проявляются в виде выделения тепловой энергии в структуре проводника. Для анализа теплофизических процессов в структуре ОКГТ в качестве основного деструктивно влияющего фактора будем полагать ток короткого замыкания, ответвляющийся в ОКГТ при авариях. Для расчета величины тока, протекающего в ОКГТ, в качестве исходных данных примем результаты расчета токов короткого замыкания вдоль исследуемой зоны, выполненного по методике, описанной в работе [3]. Токи, протекающие по существующему тросу группового заземления слева и справа от точки короткого замыкания (КЗ), обозначим как  $I_{T1}$  и  $I_{T2}$ . Для дальнейшей работы будем использовать схему замещения, показанную на рис. 1, указав на ней направления токов в элементах схемы.



**Рис. 1.** К расчёту токов, протекающих в ОКГТ на однопутном участке при одностороннем питании контактной сети, точка КЗ левее заземляющего спуска

В схеме замещения приняты следующие обозначения элементов:

$R_{КС}$  – сопротивление контактной сети от тяговой подстанции до точки КЗ;

$R_{П1}, R_{П2}$  – эквивалентное сопротивление двух ниток рельсов от места электрического соединения с ОКГТ точки подключения заземляющего спуска участка ТГЗ, где произошло КЗ, левее и правее соответственно;

$R_A, R_{В*}$  – сопротивление ОКГТ от места присоединения к контуру тяговых подстанций электрического соединения с рельсом слева и справа;

$R_{Т1}$  – сопротивление одного пролёта троса группового заземления левее точки КЗ;

$R_{Т2}$  – сопротивление одного пролёта троса группового заземления правее точки КЗ;

$R_{ТП}$  – сопротивление тяговой подстанции, включающие сопротивление понизительных трансформаторов, выпрямительно-инверторных преобразователей и сопротивление внешней энергосистемы;

$R_{О1}$  и  $R_{О4}$  – сопротивления, учитывающие активную составляющую сопротивления ОКГТ от ближайшей точки заземления ОКГТ на рельс до точки соединения ОКГТ и ТГЗ.

Для двух независимых контуров, в которые включено сопротивление троса группового заземления опор, можно составить уравнения:

$$\begin{cases} I_3 \cdot R_{О1} - I_1 \cdot R_{П1} - I_{Т2} \cdot R_{Т2} + I_{Т1} \cdot R_{Т1} = 0, \\ I_2 \cdot R_{П2} - I_4 \cdot R_{О4} + I_{Т2} \cdot R_{Т2} - I_{Т1} \cdot R_{Т1} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

После преобразования получим

$$\begin{cases} I_1 = \frac{I_{Т1} \cdot R_{Т1} - I_{Т2} \cdot R_{Т2} + I_3 \cdot R_{О1}}{R_{П1}}, \\ I_2 = \frac{I_{Т1} \cdot R_{Т1} - I_{Т2} \cdot R_{Т2} + I_4 \cdot R_{О4}}{R_{П2}}. \end{cases} \quad (2)$$

С учётом того, что

$$I_1 + I_2 = I_{Т2}, \quad (3)$$

$$I_3 + I_4 = I_{Т1}.$$

Перепишем последнюю систему выражений:

$$I_{Т2} = \frac{I_{Т1} \cdot R_{Т1} - I_{Т2} \cdot R_{Т2} + I_3 \cdot R_{О1}}{R_{П1}} + \frac{I_{Т1} \cdot R_{Т1} - I_{Т2} \cdot R_{Т2} + (I_{Т1} - I_3) \cdot R_{О4}}{R_{П2}}. \quad (4)$$

Решив данное выражение относительно искомой величины, получим

$$I_{О1} = I_3 = \frac{(I_{Т1} \cdot R_{Т1} - I_{Т2} \cdot R_{Т2}) \cdot (R_{П1} + R_{П2}) + I_{Т1} \cdot R_{О4} \cdot R_{П1} - I_{Т2} \cdot R_{П1} \cdot R_{П2}}{R_{О4} \cdot R_{П1} - R_{О1} \cdot R_{П2}}. \quad (5)$$

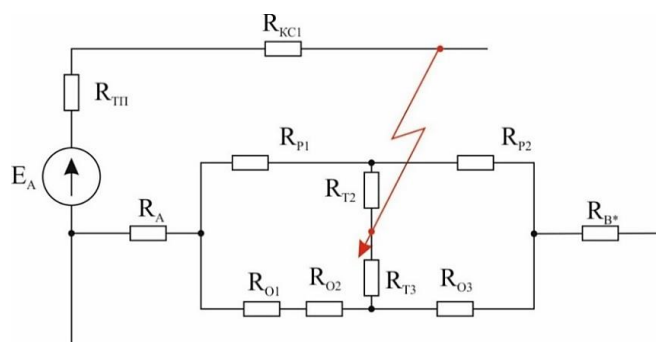
Ток на втором участке ОКГТ можно определить, используя выражение

$$I_{O2} = I_{O3} = I_4 = I_{T1} - I_3. \quad (6)$$

Пользуясь аналогичными рассуждениями, получим выражения для расчёта доли тока в ОКГТ при проходе заземляющего спуска. При переходе точки КЗ через заземляющий спуск (рис. 2) расчётное выражение принимает вид

$$I_{O3} = I_3 = \frac{(I_{T3} \cdot R_{T3} - I_{T2} \cdot R_{T2}) \cdot (R_{P1} + R_{P2}) + I_{T3} \cdot R_{O3} \cdot R_{P1} - I_{T2} \cdot R_{P1} \cdot R_{P2}}{R_{O3} \cdot R_{P1} - R_{P2} \cdot R_{O1} - R_{P2} \cdot R_{O2}}. \quad (7)$$

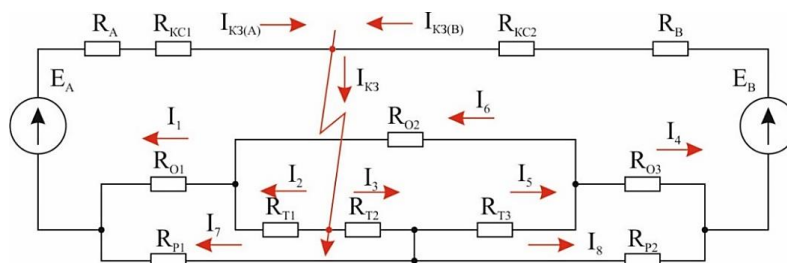
$$I_{O2} = I_{O1} = I_4 = I_{T1} - I_3. \quad (8)$$



**Рис. 2.** К расчёту токов, протекающих в ОКГТ на однопутном участке при одностороннем питании контактной сети, точка КЗ правее заземляющего спуска

Определенные значения токов в ОКГТ необходимо сравнить с допустимыми значениями токов, длительно протекающих в применяемом типе волоконно-оптического кабеля. Результат сравнения позволит сделать вывод о возможности использования кабеля в качестве дополнительного проводника в системе группового заземления опор контактной сети постоянного тока при одностороннем питании межподстанционной зоны. Для случая, когда на участке применяется схема двустороннего питания контактной сети, подход к расчету токов в волоконно-оптической линии связи будет подобен описанному ранее, но с учетом наличия нескольких источников энергии. Рассмотрим методику расчёта тока в ОКГТ при использовании схем двустороннего питания.

На рис. 3 показана схема замещения для расчета токов КЗ в тяговой сети постоянного тока при двустороннем питании. Эта схема справедлива для случая, когда точка КЗ расположена левее заземляющего спуска. Расставим токи во всех ветвях схемы и запишем уравнения, используя законы Кирхгофа. В процессе работы составляющие тока КЗ, протекающего через шины тяговых подстанций, будем считать известными. Для этого используем результаты расчета токов КЗ вдоль исследуемой зоны, выполненной по методике, описанной в работе [3].



**Рис. 3.** К расчёту токов в ОКГТ на однопутном участке при двустороннем питании контактной сети, точка КЗ левее заземляющего спуска

В схеме замещения дополнительно к ранее описанным приняты следующие обозначения:

$R_{КС1}$ ,  $R_{КС2}$  – сопротивление контактной сети от тяговой подстанции до точки КЗ, левее и правее соответственно;

$R_A, R_B$  – сопротивление ОКГТ от места присоединения к контуру тяговых подстанций до электрического соединения с рельсом слева и справа;

$R_{T1}$  – сопротивление ТГЗ левее точки КЗ;

$R_{T2}$  – сопротивление ТГЗ правее точки КЗ;

$R_{T3}$  – сопротивление ТГЗ от заземляющего спуска до места соединения с ОКГТ;

$R_{O1}$  и  $R_{O3}$  – сопротивления ОКГТ от ближайшей точки заземления ОКГТ на рельс до точки соединения ОКГТ и ТГЗ слева и справа;

$R_{O2}$  – сопротивление ОКГТ между точками соединения участка ТГЗ и ОКГТ.

$$I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) + I_2 \cdot R_{T1} + I_1 \cdot R_{O1} = E_A, \quad (9)$$

$$I_3 \cdot R_{T2} + I_7 \cdot R_{P1} - I_1 \cdot R_{O1} - I_2 \cdot R_{T1} = 0. \quad (10)$$

Из формулы (9) получим

$$I_2 = \frac{E_A - I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) - I_1 \cdot R_{O1}}{R_{T1}}. \quad (11)$$

Учитывая, что

$$I_3 = I_{K3} - I_2 = \frac{I_{K3} \cdot R_{T1} - E_A + I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) + I_1 \cdot R_{O1}}{R_{T1}}, \quad (12)$$

$$I_7 = I_{K3(A)} - I_1. \quad (13)$$

Сложим значения из формул (9) и (10):

$$I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) + I_3 \cdot R_{T2} + I_7 \cdot R_{P1} = E_A. \quad (14)$$

Подставим в полученное выражение соотношения (12) и (13):

$$I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) + \frac{I_{K3} \cdot R_{T1} - E_A + I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) + I_1 \cdot R_{O1}}{R_{T1}} R_{T2} + (I_{K3(A)} - I_1) \cdot R_{P1} = E_A.$$

После преобразования, с учетом того что  $I_{O1} = I_1$ , получим

$$I_{O1} = \frac{I_{K3} \cdot R_{T1} \cdot R_{T2} + I_{K3(A)} \cdot [(R_A + R_{KC1} + R_{P1}) \cdot R_{T1} + (R_A + R_{KC1}) \cdot R_{T2}] - E_A \cdot (R_{T1} + R_{T2})}{R_{P1} \cdot R_{T1} - R_{O1} \cdot R_{T2}}. \quad (15)$$

Ток  $I_4$  определим из соотношения

$$I_4 = I_{O3} = I_{K3(B)} - I_8.$$

После преобразования получим:

$$I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) - I_{K3(B)} \cdot (R_B + R_{KC2}) - I_8 \cdot R_{P2} + I_7 \cdot R_{P1} = E_A - E_B = 0.$$

$$I_8 = \frac{I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) - I_{K3(B)} \cdot (R_B + R_{KC2}) + (I_{K3(A)} - I_1) \cdot R_{P1}}{R_{P2}}. \quad (16)$$

$$I_{O3} = I_{K3(B)} - \frac{I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) - I_{K3(B)} \cdot (R_B + R_{KC2}) + (I_{K3(A)} - I_{O1}) \cdot R_{P1}}{R_{P2}}. \quad (17)$$

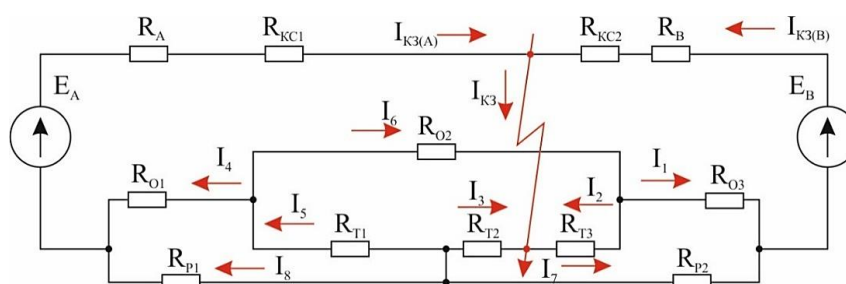
Для расчёта тока в ОКГТ на участке 2 составим уравнение:

$$I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) - I_{K3(B)} \cdot (R_B + R_{KC2}) - I_4 \cdot R_{O3} + I_1 \cdot R_{O1} + I_6 \cdot R_{O2} = E_A - E_B = 0.$$

Из уравнения определим искомый ток:

$$I_{O2} = I_6 = \frac{I_{K3(B)} \cdot (R_B + R_{KC2}) - I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) + I_4 \cdot R_{O3} - I_1 \cdot R_{O1}}{R_{O2}}. \quad (18)$$

При перемещении точки КЗ правее заземляющего спуска схема замещения будет соответствовать случаю, показанному на рис. 4.



**Рис. 4.** К расчёту токов в ОКГТ на однопутном участке при двустороннем питании контактной сети, точка КЗ правее заземляющего спуска

Сравнивая рис. 3 и 4, можно заключить, что они зеркально повторяют друг друга. С учётом этого:

$$I_{O3} = \frac{I_{K3} \cdot R_{T3} \cdot R_{T2} + I_{K3(B)} \cdot [(R_B + R_{KC2} + R_{P2}) \cdot R_{T3} + (R_B + R_{KC2}) \cdot R_{T2}] - E_B \cdot (R_{T3} + R_{T2})}{R_{P2} \cdot R_{T3} - R_{O3} \cdot R_{T2}}. \quad (19)$$

$$I_{O1} = I_{K3(A)} - \frac{I_{K3(B)} \cdot (R_B + R_{KC2}) - I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) + (I_{K3(B)} - I_{O3}) \cdot R_{P2}}{R_{P1}}. \quad (20)$$

$$I_{O2} = I_6 = \frac{I_{K3(A)} \cdot (R_A + R_{KC1}) - I_{K3(B)} \cdot (R_B + R_{KC2}) + I_{O1} \cdot R_{O1} - I_{O3} \cdot R_{O3}}{R_{O2}}. \quad (21)$$

Полученные значения токов на участках волоконно-оптического кабеля необходимо сравнить с максимально допустимыми токами для соответствующего типа кабеля ОКГТ, применяемого на участке, и сделать выводы о допустимости принятия решения об интеграции последнего в систему группового заземления опор с учетом данных о времени протекания этих токов. При отсутствии данных о допустимых значениях токов и допустимом времени их протекания можно использовать числовые методы расчета теплотехнических характеристик ОКГТ или компьютерные программы, позволяющие выполнять моделирование таких процессов.

### **Вывод**

Для обеспечения расчётного срока службы ОКГТ, применяемого в составе двухуровневой системы группового заземления опор предложен алгоритм проверки волоконно-оптического кабеля на термическую стойкость при использовании системы двухуровневого заземления опор контактной сети. Предлагаемая методика позволит на стадии проектирования либо на стадии реконструкции принять обоснованное решение о влиянии токов КЗ в оболочке ОКГТ на срок службы оптического волокна, находящегося в теле кабеля.

## Список литературы

- 1 **Осипова, А. И.** Особенности организации альтернативной схемы заземления опор контактной сети постоянного тока / А. И. Осипова, В. А. Осипов // Сборник научных трудов V Международной научно-технической конференции «Энергетика транспорта. Актуальные проблемы и задачи». – Ростов-на-Дону : РГУПС, 2021. – С. 45–47.
- 2 СТО. Руководство по расчёту режимов плавки гололеда на грозозащитном тросе со встроенным оптическим кабелем (ОКГТ) и применению распределенного контроля температуры ОКГТ в режиме плавки : утвержден и введен в действие приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 18.05.2012 № 264. – URL: [https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/sto\\_56947007-29.060.50.122-2012.pdf](https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/sto_56947007-29.060.50.122-2012.pdf)
- 3 **Осипова, А. И.** Моделирование и расчёт токов короткого замыкания в системе постоянного тока с дополнительным тросом группового заземления опор контактной сети / А. И. Осипова, В. А. Осипов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 4. – С. 127–133. – ISSN 0201-727X.
- 4 **Жарков, Ю. И.** Проблемы организации защиты тяговой сети постоянного тока от коротких замыканий при повышенных токовых нагрузках / Ю. И. Жарков, Е. П. Фигурнов // Электрификация транспорта. – 2014. – № 7. – С. 28–31. – ISSN 2307-4221.
- 5 **Фигурнов, Е. П.** Параметры совместных схем замещения систем внешнего и тягового электропитания при коротком замыкании в контактной сети / Е. П. Фигурнов, Ю. И. Жарков, Л. А. Герман [и др.] // Электрические станции. – 2021. – № 7 (1080). – С. 20–26. – ISSN 0201-4564.
- 6 **Дынькин, Б. Е.** Анализ отказов релейных защит путем статистического моделирования их работы / Б. Е. Дынькин // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Энергетика транспорта. Актуальные проблемы и задачи» / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на-Дону, 2019. – С. 24–28.
- 7 **Стороженко, Е. А.** Снижение влияния электрического поля высоковольтных линий электропередачи на волоконно-оптические линии связи / Е. А. Стороженко, Д. Е. Стороженко, А. С. Кляморов, К. С. Гукасов // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 2 (25). – С. 56. – ISSN 2073-8633.
- 8 **Бочев, А. С.** Влияние переменных электромагнитных полей высокой напряженности на интенсивность деградационных процессов в структуре волоконно-оптических кабелей / А. С. Бочев,

## References

- 1 **Osipova, A. I.** Features of the organization of an alternative grounding scheme for DC contact network supports / A. I. Osipova, V. A. Osipov // Collection of scientific papers of the V International Scientific and Technical Conference «Energy of transport. Actual problems and tasks». – Rostov-on-Don : RSTU, 2021. – P. 45–47.
- 2 SRT "Manual for calculating ice melting modes on a lightning-proof cable with a built-in optical cable (OCGT) and the use of distributed temperature control of OCGT in melting mode". Approved and put into effect : By Order of JSC FGC UES No. 264. dated 18.05.2012. – URL: [https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/sto\\_56947007-29.060.50.122-2012.pdf](https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/sto_56947007-29.060.50.122-2012.pdf)
- 3 **Osipova, A. I.** Modeling and calculation of short-circuit currents in a DC system with an additional cable for group grounding of contact network supports / A. I. Osipova, V. A. Osipov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobcheniya. – 2019. – No. 4. – P. 127–133. – ISSN 0201-727X.
- 4 **Zharkov, Yu. I.** Problems of the organization of protection of the DC traction network from short circuits at elevated current loads / Yu. I. Zharkov, E. P. Figurnov // Elektrifikatsiya transport. – 2014. – No. 7. – P. 28–31. – ISSN 2307-4221.
- 5 **Figurnov, E. P.** Parameters of joint replacement schemes of external and traction power supply systems with a short circuit in the contact network / E. P. Figurnov, Yu. I. Zharkov, L. A. German [et al.] // Electric stations. – 2021. – No. 7 (1080). – P. 20–26. – ISSN 0201-4564.
- 6 **Dynkin, B. E.** Analysis of relay protection failures by statistical modeling of their operation / B. E. Dynkin // Collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference «Energy of Transport. Actual problems and tasks» / Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobcheniya. – Rostov-on-Don, 2019. – P. 24–28.
- 7 **Storozhenko, E. A.** Reducing the influence of the electric field of high-voltage power transmission lines on fiber-optic communication lines / E. A. Storozhenko, D. E. Storozhenko, A. S. Klyamorov, K. S. Gukasov // Engineering Bulletin of the Don. – 2013. – No. 2 (25). – P. 56. – ISSN 2073-8633.
- 8 **Bochev, A. S.** Influence of variable electromagnetic fields of high intensity on the intensity of degradation processes in the structure of fiber-optic cables / A. S. Bochev, G. E. Soloviev,

Г. Е. Соловьев, В. А. Осипов, О. В. Невретдинова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2009. – № 2(34). – С. 94–99. – ISSN 0201-727X.

9 **Капкаев, А. А.** Интеграция экранирующего провода в системе тягового электроснабжения с волоконно-оптической линией связи : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.22.07 / Капкаев Андрей Андреевич. – Ростов-на-Дону, 2017. – 208 С. – URL: <https://www.dissercat.com/content/integratsiya-ekraniruyushchego-provoda-v-sisteme-tyagovogo-elektrosnabzheniya-s-voikonno>.

10 СТО РЖД 07.021.1–2019. Стандарт ОАО «РЖД». Защита систем электроснабжения железной дороги от коротких замыканий и перегрузки. Часть 1. Методика выбора уставок защит в системе тягового электроснабжения постоянного тока. Общие принципы и правила построения защит, блокировок и автоматики в системах электроснабжения : утвержден и введен в действие распоряжением ОАО «РЖД» от 15 января 2020) № 37/р.

11 Инструкция по предотвращению электротермической деградации волоконно-оптических кабелей, подвешенных на опорах контактной сети участков железных дорог ОАО «РЖД» с электротягой переменного тока. : утверждена вице-президентом ОАО «РЖД» В. Н. Сазоновым 05.06.2006.

12 Оптический кабель ОКГТ в грозозащитном тросе. Оптический кабель ОКФП в фазном проводе и арматура. – URL: <http://smartenergo.net> (дата обращения: 02.04.2023).

13 Кабель ОКГТ : [сайт компании «ТрансВОК»]. – URL: <http://www.transvoc.ru> (дата обращения: 02.04.2023).

14 СТО 56947007–33.180.10.173–2014. Методические указания по расчету термического воздействия токов короткого замыкания и термической устойчивости грозозащитных тросов и оптических кабелей, встроенных в грозозащитный трос, подвешиваемых на воздушных линиях электропередачи. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» : утвержден приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 21.05.2014 г. № 237. – URL: <https://www.rosseti.ru/upload/iblock/1e3/kf0fx7tlqzmsf4mmfa12ar3kjgx367t6.pdf> (дата обращения: 02.04.2023).

V. A. Osipov, O. V. Nevretdinova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobcheniya. – 2009. – No. 2(34). – P. 94–99. – ISSN 0201-727X.

9 **Капкаев, А. А.** Integration of a shielding wire in a traction power supply system with a fiber-optic communication line : dis. Candidate of Technical Sciences : 05.22.07 / Kapkaev Andrey Andreevich. – Rostov-on-Don, 2017. – 208 p. – URL: <https://www.dissercat.com/content/integratsiya-ekraniruyushchego-provoda-v-sisteme-tyagovogo-elektrosnabzheniya-s-voikonno>

10 STO RZD 07.021.1–2019 Standard of JSC «RZD». Protection of railway power supply systems from short circuits and overload. Part 1. Methodology for selecting protection settings in a DC traction power supply system. General principles and rules for the construction of protections, locks and automation in power supply systems. Approved and put into effect by the Order of JSC "Russian Railways" dated January 15, 2020) No. 37/R.

11 Instructions for the prevention of electrothermal degradation fiber-optic cables suspended on the supports of the contact network of railway sections of JSC "Russian Railways" with an alternating current electric traction. Approved. Vice-President of JSC "Russian Railways" V. N. Sazonov 05.06.2006.

12 OKGT optical cable in a lightning protection cable. OKFP optical cable in the phase wire and fittings. – URL: <http://smartenergo.net> (date of access: 02.04.2023).

13 OKGT cable: [website of the Trans-WOK company]. – URL: <http://www.transvoc.ru> (date of access: 02.04.2023).

14 STE 56947007-33.180.10.173-2014. Methodological guidelines for calculating the thermal effects of short-circuit currents and thermal stability of lightning protection cables and optical cables embedded in a lightning protection cable suspended on overhead power lines. The standard of the organization of JSC "FGC UES", approved by the order of JSC "FGC UES" dated 21.05.2014 No. 237. – URL: <https://www.rosseti.ru/upload/iblock/1e3/kf0fx7tlqzmsf4mmfa12ar3kjgx367t6.pdf> (date of access: 02.04.2023).

*A. I. Osipova*

#### **ENSURING THE THERMAL STABILITY OF THE FIBER-OPTIC CABLE INCLUDED IN THE TWO-LEVEL GROUNDING SYSTEM OF THE SUPPORTS**

**Abstract.** The paper considers the problem of calculating short-circuit currents flowing in the metal sheath of the FOCL integrated into the grounding system of the contact network

supports. It is used a technique for determining the currents in the metal part of the FOCL for various options for powering the inter substation zone. The conclusions are drawn, criteria are proposed for determining the possibility of using FOCL as an additional conductor from the standpoint of ensuring the estimated service life of a fiber optic cable.

**Keywords:** short-circuit currents, fiber-optic cable, group grounding of supports, thermal degradation, thermal pulse.

**For citation:** Osipova, A. I. Ensuring the thermal stability of the fiber-optic cable included in the two-level grounding system of the supports / A. I. Osipova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobcheniya. – 2023. – No. 1. – P. 274–281. – DOI 10.46973/0201–727X\_2023\_1\_274.

#### Сведения об авторах

**Осипова Анна Ивановна**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Автоматизированные системы  
электрообеспечения»,  
старший преподаватель,  
e-mail: nyshka79@mail.ru

#### Information about the authors

**Osipova Anna Ivanovna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Automated Systems of Power Supply»,  
Senior Lecturer,  
e-mail: nyshka79@mail.ru