

## СТАЦИОНАРНЫЙ РЕГИСТРАТОР ТОКОВ ЗАМЫКАНИЯ НА КОРПУС – ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОПЦИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

**В. А. Чернышов<sup>1</sup>, Е. А. Печагин<sup>2</sup>, С. В. Кочергин<sup>2</sup>**

*Кафедра «Электроснабжение», ФГБОУ ВО «Орловский  
государственный аграрный университет» (1), г. Орел, Россия;  
кафедра «Электроэнергетика», ФГБОУ ВО «ТГТУ» (2),  
pechagin\_ea@mail.ru, г. Тамбов, Россия*

**Ключевые слова:** защитное заземление; короткое замыкание; регистратор протекания тока; ток утечки; электробезопасность.

**Аннотация:** Обоснована необходимость расширения функциональных возможностей защитного заземления, путем обеспечения возможности регистрировать факт появления тока утечки на корпус технологического оборудования. Предложена конструкция регистратора тока замыкания на корпус, обеспечивающая фиксацию факта замыкания на корпус и отчетливое визуальное его отображение на безопасное расстояние, позволяющая технологическому персоналу заблаговременно выявить электрооборудование, имеющее развивающийся дефект изоляции, своевременно провести его отключение и оперативно выполнить ремонтно-восстановительные работы.

---

На промышленных предприятиях, насыщенных разнообразным технологическим электрооборудованием, вопросы, связанные с обеспечением электробезопасности, всегда являются особенно актуальными.

В процессе эксплуатации технологического электрооборудования на него могут оказывать влияние следующие негативные факторы: коммутационные и атмосферные перенапряжения, механические перегрузки и вибрации, вредные химические примеси окружающей среды, которые в итоге провоцируют ускоренное старение электрической изоляции, влекущее за собой возникновение короткого замыкания [1]. Отметим, что изоляция разрушается не сразу, вначале возникает небольшой, но потенциально опасный ток утечки, который в процессе развития дефекта изоляции перерастает в устойчивое короткое замыкание [2].

Защитными мерами в электроустановках являются защитное заземление и зануление, защитное отключение, электрическое разделение сети, применение малых напряжений, двойная или усиленная изоляция, применение различных электрозащитных средств. Одной из самых распространенных мер защиты, в электроустановках до 1000 В с глухозаземленной нейтралью, является защитное заземление, представляющее собой преднамеренное электрическое соединение части электроустановки с заземляющим устройством [3].

Данное мероприятие защищает человека от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим корпусам оборудования, металлическим конструкциям электроустановки, которые вследствие нарушения электрической

изоляции могут оказаться под напряжением. При этом проходящий через тело человека ток, как правило, не представляет серьезной опасности, так как его основная часть потечет по защитному заземлению, обладающему низким сопротивлением – не более 4 Ом [4].

Широкое применение защитного заземления объясняется, с одной стороны – его достаточной надежностью, с другой, – относительной простотой устройства и обслуживания элементов этой защиты по сравнению с другими видами защит [5].

Предшественником устойчивого короткого замыкания является небольшой ток утечки, на который автоматическая защита в большинстве случаев не реагирует. В таких ситуациях корпус технологического электрооборудования находится под напряжением, а неконтролируемый ток утечки обуславливает не только бесполезный расход электроэнергии, но и может спровоцировать пожар. Причинами несрабатывания автоматической защиты, в данном случае, могут быть ее поломка, неправильный выбор ее уставок, чрезмерно большое сопротивление петли «фаза-ноль» и др.

В данной ситуации защитное заземление является единственным мероприятием, спасающим человека от поражения электрическим током.

Поэтому для обеспечения безопасности окружающего пространства необходимо регулярно проводить проверку заземления и измерять сопротивление заземления электрических сетей, так как по мере износа сопротивление в системе, в особенности на открытых контактах проводников, может расти.

На основании вышеизложенного следует, что неконтролируемый ток утечки на корпус в ряде случаев может представлять потенциальную опасность, и, если его своевременно не выявить и не локализовать, привести к электропоражению производственного персонала.

В целях повышения электробезопасности производственного персонала предложено простое и вместе с тем эффективное устройство для регистрации факта протекания тока замыкания на корпус [6 – 8].

Данное устройство позволит технологическому персоналу заблаговременно (до начала производственных работ) выявить электрооборудование, имеющее развивающийся дефект изоляции, своевременно провести его отключение и оперативно выполнить ремонтно-восстановительные работы.

На рисунке 1 изображен общий вид регистратора протекания тока замыкания на корпус технологического оборудования. Принцип действия регистратора заключается в следующем. Вначале, при отсутствии замыкания на корпус технологического оборудования, твердая ферромагнитная фракция черного цвета находится на внешней стороне прозрачных ячеек 4 указателя 3, обеспечивая ему черную окраску, при этом источник звуковых колебаний 5 не формирует звукового сигнала. При замыкании на корпус технологического оборудования ток утечки протекает через обмотку 1, при этом сердечник 2 формирует магнитное поле. Под воздействием магнитного поля внутри каждой ячейки 4 происходит перемещение твердой ферромагнитной фракции черного цвета в сторону сердечника 2, что вызывает вытеснение жидкой белой фракции на внешнюю сторону прозрачных ячеек 4 указателя 3, обеспечивая ему белую окраску, сигнализирующую факт протекания тока замыкания на корпус. При этом источник звуковых колебаний 5 получает питание и формирует звуковой сигнал, предупреждающий технологический персонал о появлении тока утечки на корпусе электрооборудования.

После обнаружения регистратора, имеющего белую окраску внешней стороны указателя 3, и устранения причин, вызвавших появление тока утечки на корпусе электрооборудования, твердую ферромагнитную фракцию черного цвета возвращают в исходное положение, притягивая ее магнитным полем с внешней стороны указателя 3.



Предлагаемый регистратор обеспечивает фиксацию факта замыкания на корпус и отчетливое визуальное его отображение на безопасное расстояние от технологического оборудования. Регистратор имеет надежную и простую конструкцию, позволяющую массово использовать его на различном технологическом электрооборудовании с относительно небольшими материальными затратами.

#### *Список литературы*

1. Хорольский, В. Я. Эксплуатация электрооборудования : учеб. пособие / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов, В. Н. Шемякин. – Изд. 2-е, стереотипное. – Ставрополь : АГРУС, 2016. – 238 с.
2. Левин, В. М. Диагностика и эксплуатация оборудования электрических сетей. Часть 1 : учеб. пособие / В. М. Левин. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2011. – 116 с.
3. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М. : Изд-во НЦ «ЭНАС», 2011.
4. Карякин, Р. Н. Нормы устройства сетей заземления / Р. Н. Карякин. – 3-е изд. – М. : Энергосервис, 2002. – 238 с.
5. Хорольский, В. Я. Надежность электроснабжения : учеб. пособие / В. Я. Хорольский, М. А. Таранов. – Ставрополь : АГРУС, 2013. – 108 с.
6. Пат. № 2335053 Российская Федерация, МПК H02H 3/00, G01R 31/08. Регистратор протекания тока замыкания на землю для опор линии электропередачи / А. И. Гавриченко, В. А. Чернышов ; заявитель и патентообладатель : ФГОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет». – № 2007134938/09 ; заявл. 19.09.2007 ; опубл. 27.09.2008, Бюл. № 27. – 5 с.
7. Чернышов, В. А. Дистанционное отключение участка линии с замыканием на землю и его идентификация в распределительных сетях с изолированной нейтралью / В. А. Чернышов, Е. А. Печагин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 16, № 4. – С. 938 – 943.
8. Обобщенный критерий эксплуатационной безопасности распределительной сети с изолированной нейтралью / В. А. Чернышов [и др.] // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 567 – 571. doi: 10.17277/vestnik.2015.04.pp.567-571
9. Каминский, М. Л. Монтаж приборов контроля и аппаратуры автоматического регулирования и управления / М. Л. Каминский. – М. : Высш. школа, 1978. – 311 с.

---

### **Stationary Short Circuit Current Recorder as an Additional Functional Protective Earthing Option**

V. A. Chernyshov<sup>1</sup>, E. A. Pechagin<sup>2</sup>, S. V. Kochergin<sup>2</sup>

*Department of Power Supply, Oryol State Agrarian University (1), Oryol, Russia;  
Department of Power Engineering, pechagin\_ea@mail.ru, TSTU (2), Tambov, Russia*

**Keywords:** protective grounding; short circuit; current flow recorder; leakage current; electrical safety.

**Abstract:** We substantiate the necessity of expanding the functionality of protective grounding is substantiated by providing the ability to register the fact of the appearance of a leakage current to the case of technological equipment. A design of a short circuit

current recorder is proposed; it ensures the fact of a short circuit to the case and a clear visual display of it at a safe distance, allowing process personnel to identify electrical equipment that has a developing insulation defect in advance, shut it down in a timely manner and carry out repair and restoration works.

### References

1. Khorol'skiy V.Ya., Taranov M.A., Shemyakin V.N. *Ekspluatatsiya elektrooborudovaniya: uchebnoye posobiye* [Electrical equipment operation: study guide], Stavropol': AGRUS, 2016, 238 p. (In Russ.)
2. Levin V.M. *Diagnostika i ekspluatatsiya oborudovaniya elektricheskikh setey. Chast' 1: uchebnoye posobiye* [Diagnostics and operation of electrical network equipment. Part 1: study guide], Novosibirsk: Izdatel'stvo NGTU, 2011, 116 p. (In Russ.)
3. *Pravila ustroystva elektroustanovok* [Rules for electrical installations], Moscow: Izdatel'stvo NTS «ENAS», 2011. (In Russ.)
4. Karyakin R.N. *Normy ustroystva setey zazemleniya* [Standards for the device of grounding networks], Moscow: Energoservis, 2002, 238 p. (In Russ.)
5. Khorol'skiy V.Ya., Taranov M.A. *Nadezhnost' elektrosnabzheniya: uchebnoye posobiye* [Reliability of power supply: study guide], Stavropol': AGRUS, 2013, 108 p. (In Russ.)
6. Gavrichenko A.I., Chernyshov V.A. *Registrator protekaniya toka zamykaniya na zemlyu dlya opor linii elektropredachi* [Recorder of earth fault current flow for power line poles], Russian Federation, 2008, Pat. № 2335053. (In Russ.)
7. Chernyshov V.A., Pechagin Ye.A. [Remote disconnection of a line segment with a ground fault and its identification in distribution networks with an isolated neutral], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2010, vol. 16, no. 4, pp. 938-943. (In Russ., abstract in Eng.)
8. Chernyshov V.A., Chernyshov A.A., Pechagin Ye.A., Yegorov M.G. [The generalized criterion of operational safety of a distribution network with an isolated neutral], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2015, vol. 21, no. 4, pp. 567-571, doi: 10.17277/vestnik.2015.04.pp.567-571 (In Russ., abstract in Eng.)
9. Kaminskiy M.L. *Montazh priborov kontrolya i apparatury avtomaticheskogo regulirovaniya i upravleniya* [Installation of control devices and equipment for automatic regulation and control], Moscow: Vysshaya shkola, 1978, 311 p. (In Russ.)

---

### Stationärer Kurzschlussstromschreiber zum Gehäuse – zusätzliche funktionale Schutzerdung-Option

**Zusammenfassung:** Es ist die Notwendigkeit begründet, die funktionalen Möglichkeiten der Schutzerdung zu erweitern, indem sichergestellt wird, dass der entstehende Fehlerstrom am Gehäuse der Prozessausrüstung aufgezeichnet werden kann. Vorgeschlagen ist ein Kurzschlussstrom-Rekorder, der den Kurzschluss zum Gehäuse sicherstellt und ihn in sicherer Entfernung deutlich sichtbar macht. So kann das Prozesspersonal elektrische Geräte mit einem sich entwickelnden Isolationsfehler im Voraus identifizieren, rechtzeitig trennen und Reparatur- und Restaurierungsarbeiten durchführen.

## **Enregistreur de courant de défaut de boîtier fixe - option supplémentaire de mise à la terre protégée**

**Résumé:** Est justifiée la nécessité d'élargissement de la fonctionnalité de la mise à la terre protégée par la voie de l'assurance de la possibilité de détecter l'apparition d'un courant de fuite sur le boîtier de l'équipement technologique de traitement. Est proposée la construction d'un registraire du courant de fermeture sur le corps assurant la fixation d'un fait-circuit sur le corps et la visualisation nette à distance permettant au personnel technologique de révéler une installation électrique possédant des défauts d'isolement, de procéder à sa désactivation et d'exécuter les travaux de réparation.

---

**Авторы:** *Чернышов Вадим Алексеевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение», ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет», г. Орел, Россия; *Печагин Евгений Александрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика»; *Кочергин Сергей Валерьевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроэнергетика», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

**Рецензент:** *Глинкин Евгений Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Биомедицинская техника», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.