



## Электрический трансформаторный кабель (мини-обзор)

### Electrical Transformer Cable (Mini Review)

Суханов Владимир Николаевич<sup>1,2,♦</sup>  
Vladimir Nikolaevich Sukhanov<sup>1,2,♦</sup>

<sup>1</sup>Калининградский государственный технический университет. Советский проспект, 1, 236022 Калининград, Россия.

<sup>2</sup>c/o 366 Westgate Road, Ньюкасл-апон-Тайн, NE4 6NX. Великобритания.

<sup>1</sup>Kaliningrad State Technical University. 1 Sovietsky Prospect, 236022 Kaliningrad, Russia.

<sup>2</sup>c/o 366 Westgate Road, Newcastle upon Tyne, NE4 6NX, United Kingdom.

#### To cite this article:

Vladimir Nikolaevich Sukhanov. "Approach to the Activities of Closed and Open Societies in which Creativity Prevails over Standard (Review)", *Parana Journal of Science and Education*. v.10, n.4, 2024, pp. 10-15.

**Received:** June 26, 2024; **Accepted:** July 29, 2024; **Published:** August 1, 2024.

#### Abstract

The operation of new electrical transformer cables is based on the principle of induction of electromotive force in an electrical conductor surrounded by a magnetic circuit. With the new arrangement of winding (or windings) in the form of cable conductors with a jacket, together performing the functions of the magnetic and protective parts of the transformer, the electrical transformer cable performs two functions: an electrical transformer and an electrical cable. In this case, the cost of a dual-use transformer cable is only the cost of one transformer or the cost of one shielded cable, which in this case is the same thing. The materials that make up the transformer are dual-use: one material is used both to perform the functions of the magnetic core and to perform the functions of the protective sheath (jacket) of the cable. As a result, combined shells–magnetic cores can be made from the same material with sufficient mechanical and magnetic properties.

**Keywords:** Power industry, Transformer, Electrical cable, Technology, Assembly, Economic effect, Transformer cooling.

#### Абстрактный

Работа новых электротрансформаторных кабелей основана на принципе индукции электродвижущей силы в электрическом проводнике, окруженном магнитопроводом. При новом расположении обмотки (или обмоток) в виде жил кабеля с оболочкой, выполняющих совместно функции магнитной и защитной частей трансформатора, электротрансформаторный кабель выполняет две функции: электрического трансформатора и электрического кабеля. В этом случае

♦Email: [inventcreat@yahoo.com](mailto:inventcreat@yahoo.com); [svn@physics.org](mailto:svn@physics.org)

♦Электронная почта: [inventcreat@yahoo.com](mailto:inventcreat@yahoo.com) ; [svn@physical.org](mailto:svn@physical.org)



стоимость трансформаторного кабеля двойного назначения равна только стоимости одного трансформатора или стоимости одного экранированного кабеля, что в данном случае одно и то же. Материалы, из которых состоит трансформатор, имеют двойное назначение: один материал используется как для выполнения функций магнитопровода, так и для выполнения функций защитной оболочки (куртки) кабеля. В результате комбинированные оболочки-магнитопроводы могут быть изготовлены из одного и того же материала с достаточными механическими и магнитными свойствами.

**Ключевые слова:** Энергетика, Трансформатор, Электрический кабель, Технология, Монтаж, Экономический эффект, Охлаждение трансформатора.

## 1. Введение

На примерах использования принципа индукции ЭДС в электрическом проводнике, окруженном магнитной оболочкой, поэтапно показана эволюция нового трансформатора и электрического кабеля в одном устройстве. Описано развитие трансформаторостроения и изготовления электрических кабелей от первых работ Майкла Фарадея [1] и Павла Шиллинга [2] до современных конструкций кабельных трансформаторов и далее, к ближайшему будущему кабельного трансформаторостроения. Одно из таких новых направлений основано на двойном использовании электромагнитного преобразователя и электромагнитного проводника (кабеля). При этом электрические проводники и магнитопроводы прокладываются параллельно друг другу в виде одного кабеля. Это обеспечивает использование ЭДС индукции вдоль одной оси для двух проводников, окруженных магнитопроводом (оболочкой кабеля). Эта ось имеет как минимум два проводника трансформатора, которые покрыты магнитным сердечником (оболочкой) кабеля. Это необходимо для построения нового трансформатора, как для случая одной фазы, так и для случая трехфазного трансформатора. Трансформатор в форме кабеля имеет преимущество охлаждения во время работы.

### 1.1. История

В 1812 году впервые был изготовлен электрический кабель, который использовался для дистанционного подрыва гальванических мин. [3] [4]

В 1831 году английский физик и химик Майкл Фарадей открыл явление электромагнитной индукции, которое стало основой электротехники. Электромагнитная индукция – это возникновение электродвижущей силы в проводнике при изменении внешнего магнитного поля. [5] [6]

На этом основании в том же 1831 г. М. Фарадей впервые описал принцип работы трансформатора, а дальнейшее уточнение последовало в 1939 г. Это был однофазный трансформатор. [7]

В 1889 году был предложен трехфазный трансформатор с медной обмоткой и железным магнитопроводом. [8]

В 1889 г. Решение об использовании стальных труб для защиты электрических кабелей для повышения безопасности электрического освещения улиц. [9] [10]

В 2003 году были предложены конструкции однофазных и трехфазных трансформаторов в виде электрических кабелей, покрытых магнитомягким железом (сталью). [11]

## 2. Методы

Согласно принципу электромагнитной индукции, трансформатор индуцирует электрическое напряжение в электрических проводниках путем изменения магнитного поля, окружающего эти проводники. [5] [6]

Использование явления электромагнитной индукции для изменения соотношения токов и напряжений в первичных и вторичных цепях при проектировании трансформаторов. [7]



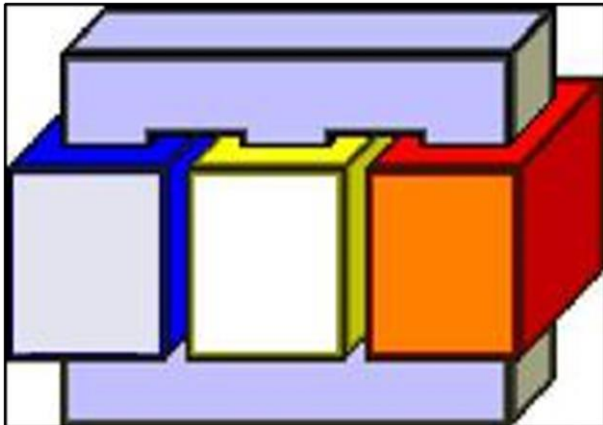
Предложено изменение компоновки устройства, при котором определяющим фактором является не окружение магнитопровода электропроводником катушки этого трансформатора, а окружение электропроводников магнитопроводом. При этом меняется геометрия трансформатора: длина трансформатора равна длине электрического провода низковольтной катушки, а высота трансформатора уменьшается в несколько раз пропорционально увеличению длины этого трансформатора.

### 2.1. Путь развития трехфазного трансформатора

Изначально трехфазный трансформатор был спроектирован с использованием таких свойств материалов, как лучшая электропроводность меди и лучшая магнитная проводимость железа. [8]

В наше время получил распространение трехфазный трансформатор со ставшей традиционной компоновкой (см. рисунок 1):

Рисунок 1:



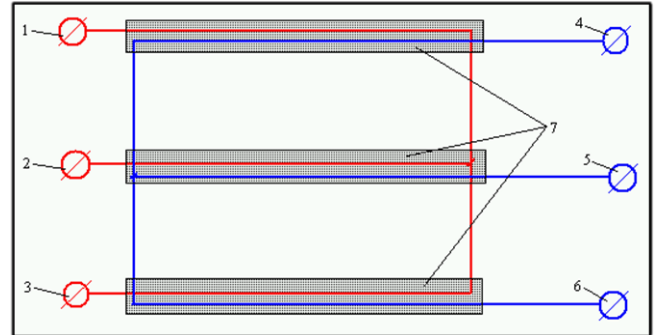
Источник: Автор.

Первоначально кабель со стальной оболочкой был разработан с учетом таких свойств материала, как лучшая электропроводность меди и лучшая прочность стали (железа). [9] [10]

Новый принцип построения трехфазного трансформатора новой компоновки (см.

рисунок 2) содержит принцип построения электрического трансформаторного кабеля. [11]

Рисунок 2:



Источник: Автор.

Здесь 1, 2, 3 — клеммы фаз напряжения на входе трансформатора,

4, 5, 6 — клеммы фаз напряжения на выходе трансформатора,

7 — стальная броня (магнитопровод).

Клеммы фаз 1, 2 и 3 соединены электрическими проводниками (кабелями) с клеммами фаз 4, 5 и 6 соответственно.

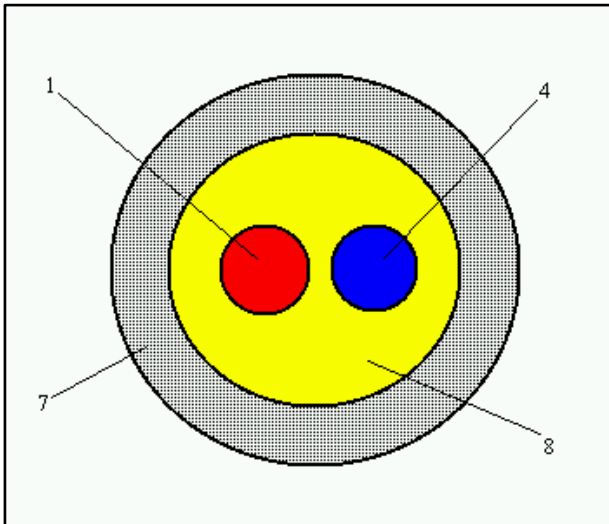
При этом длина магнитопроводов в таких трансформаторах равна длине проводников низковольтных обмоток, а роль магнитопроводов в таких трансформаторах выполняет железная тросовая защита. Если каждая обмотка трансформатора состоит из двух параллельных проводников, помещенных в магнитопровод в виде трубы, то параллельное размещение трех таких обмоток образует трехфазный трансформатор.

Если обмотки трансформатора выполнены из меди, а магнитопроводы из трансформаторной стали, это обеспечит работоспособность трансформатора. Обмотки трансформатора будут выполнять роль электрического кабеля, и такой электрический кабель будет выполнять роль трансформатора.

На рисунке 3 показано сечение кабеля трансформатора.



Рисунок 3:



Источник: Автор.

Здесь 1 и 4 — электрические провода двух обмоток трансформатора (кабеля),

7 — броня (магнитопровод) вокруг обмоток,

8 — изоляция между проводами обмоток и броней (магнитопроводом).

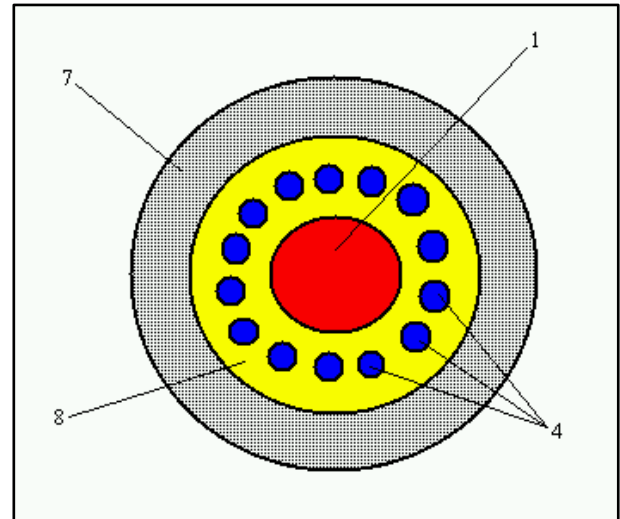
В предлагаемом кабеле-трансформаторе стальная броня 7 играет двойную роль: магнитопровода и защитной оболочки.

Кабель-трансформатор имеет сравнительно большую поверхность, что обеспечивает его эффективное охлаждение, которое достигается не за счет специальной системы охлаждения, а за счет оригинальной конструкции кабеля-трансформатора.

## 2.2. Трансформатор однофазный повышающий (понижающий)

На рис. 4 показана схема поперечного сечения повышающего (понижающего) кабеля трансформатора.

Рисунок 4:



Источник: Автор.

Здесь 1 — электрический провод понижающей обмотки трансформатора (кабеля),

4 — электрические провода повышающей обмотки трансформатора (кабеля),

7 — броня (магнитопровод) вокруг обмоток,

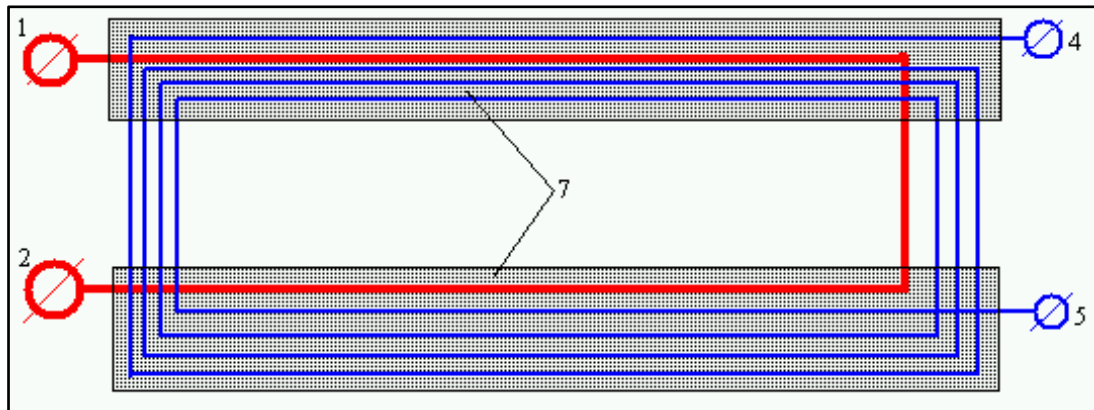
8 — изоляция между проводами обмоток и броней (магнитопроводом).

На рисунке 5 представлена схема повышающего (понижающего) трансформаторного кабеля.

Здесь 1 и 2 — клеммы фазы низкого напряжения, соединенные друг с другом электрическими проводниками (кабелем) с образованием понижающей обмотки, а 4 и 5 — клеммы фазы высокого напряжения, соединенные между собой электрическими проводниками (кабелем) и образуют повышающую обмотку.



Рисунок 5:



Источник: Автор.

## 5. Примеры

В качестве примеров развития трансформаторостроения рассматриваются перспективы трансформаторов:

- Изолирующий двухфазный трансформатор, [12]
- Повышающий двухфазный трансформатор, [13]
- Понижающий двухфазный трансформатор,
- Понижающий трехфазный трансформатор,
- Повышающий трехфазный трансформатор. [13]

Длина предлагаемого кабеля-трансформатора определяется длиной жилы низковольтной обмотки этого трансформаторного кабеля:

1. Изолирующий двухфазный кабельный трансформатор должен иметь длину, равную половине длины проводника обмотки трансформатора.
2. Повышающий двухфазный кабельный трансформатор будет иметь длину, равную половине длины проводника первичной обмотки трансформатора.
3. Понижающий двухфазный кабельный трансформатор будет иметь длину, равную половине длины проводника вторичной обмотки трансформатора.
4. Понижающий трехфазный кабельный трансформатор будет иметь длину, равную длине проводника каждой вторичной обмотки трансформатора.

5. Повышающий трехфазный кабельный трансформатор будет иметь длину, равную длине проводника каждой первичной обмотки трансформатора.

Кабель-трансформатор в виде узкого цилиндра и традиционный трансформатор с рабочим объемом, при одинаковой мощности обоих, имеют преимущество большей поверхности контакта поверхности трансформатора с окружающей средой, что улучшает охлаждение предлагаемого кабеля-трансформатора.

## 6. Заключение

На электростанциях электроэнергия передается от электрогенераторов на трансформаторные подстанции [14] и далее в линии электропередачи по бронированным электрическим проводам. Роль таких проводов и трансформаторных подстанций может выполнять электрический трансформаторный кабель, в котором броня выполнена из трансформаторной стали, а провода кабеля выполняют роль обмоток трансформатора. Это обеспечит при использовании предлагаемого трансформаторного кабеля снижение стоимости трансформатора на стоимость кабеля (трансформатора).

## Рекомендации (Библиографические ссылки)

- [1] Michael Faraday (1791 – 1867), English physicist, founder of the doctrine of the electromagnetic field. *Encyclopedia Britannica*. URL:





<https://www.britannica.com/biography/Michael-Faraday>

[2] Павел Львович Шиллинг (1786 – 1837) изобрел электрическую мину. *Мегаэнциклопедия Кирилла и Мефодия*. URL: <https://megabook.ru/article/Шиллинг%20Павел%20Львович> (Russian)

[3] Самые известные изобретатели России. Автор-составитель С.В. Истомин. (2000). Москва: Вече. Страница 469. URL: [https://allmines.net/e107\\_media/364aa377b5/images/Biblio%20articles/Istomin\\_Shilling.pdf](https://allmines.net/e107_media/364aa377b5/images/Biblio%20articles/Istomin_Shilling.pdf)

[4] Дьяконов Ю.П. (2004). ПАВЕЛ ЛЬВОВИЧ ШИЛЛИНГ – ПИОНЕР ГАЛЬВАНИЗМА В РОССИИ (1786-1837) (Биографический очерк). Санкт-Петербург. URL: [https://allmines.net/e107\\_media/364aa377b5/images/Biblio%20articles/diakonov\\_shilling.pdf](https://allmines.net/e107_media/364aa377b5/images/Biblio%20articles/diakonov_shilling.pdf)

[5] Michael Faraday (1831). Tribune to Michael Faraday. Chapter XIII. Electricity from magnetism. P. 169. London. Identifier: b29976753. Lccn: 31016778. URL: <https://archive.org/details/b29976753/page/176/mode/2up>

[6] Faraday, Michael; Day, P. (1999). The philosopher's tree: a selection of Michael Faraday's writings. Institute of Physics Pub. UK, P. 71. URL: <https://www.worldcat.org/title/40559736>

[7] Faraday, Michael (1839). Experimental Researches in Electricity. London: Dent; New York: Dutton. (1914). URL: <https://archive.org/details/experimentalrese00farai/ala/>

[8] Patent DE56359A Germany. Current transformer for alternating currents with shifted phases. 1889-08-28. URL:

<https://patents.google.com/patent/DE56359A/en?q=DE56359> URL: <https://register.dpma.de/DPMAreger/pat/PatSchrifteneinsicht?docId=DE56359A> (German)

[9] Thomas Edison (1889). THE DANGERS of ELECTRIC LIGHTING. *The North American Review*, 149(396), pp. 625–634. URL: <http://www.jstor.org/stable/25101896>

[10] Thomas Edison (1892). "Manufacture of filaments for incandescent electric lamps." U.S. Patent 470,925, issued March 15, URL: <https://patents.google.com/patent/US470925A/en>

[11] Суханов Владимир Николаевич (2003). Изобретательское творчество. Казань: Фолиант. ISBN: 5949900022, С. 115–116. Р. 9 – 12. URL: <https://www.worldcat.org/title/izobretatelskoe-tvorchestvo/oclc/55576505>, URL: [https://www.researchgate.net/publication/364354640\\_23\\_Kabel-Transformator](https://www.researchgate.net/publication/364354640_23_Kabel-Transformator)

[12] Isolation Transformer. *Encyclopedia Britannica*. URL: <https://www.britannica.com/technology/isolation-transformer>

[13] Electrical Transformer. *Encyclopedia Britannica*. URL: <https://www.britannica.com/technology/transformer-electronics>

[14] Трансформаторная подстанция. *Мегаэнциклопедия Кирилла и Мефодия*. URL: <https://megabook.ru/article/Трансформаторная%20подстанция>

[15] Суханов Владимир Николаевич (2024). Электрический Кабель Трансформатор. ResearchGate. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.22940.05761>