

# Electrization of the superconductive coil and tori

Mende F. F.

<http://fmnauka.narod.ru/works.html>

[mende\\_fedor@mail.ru](mailto:mende_fedor@mail.ru)

## Abstract

During the introduction of direct currents into the superconductive coil is observed their electrization, which consists in the fact that the static potential appears on these coils. This potential can be measured both with the galvanic connection of electrometer to the coils and with the connection of electrometer to the metal screens, which surround such coils. The same effect is observed also during the introduction of current into the superconductive tori. Not one of the existing theories, including the theory of relativity, this behavior of coils and tori explain can. In the work it is shown that this phenomenon finds explanation within the framework the concept of the scalar-vector potential, which assumes the dependence of the scalar potential of charge on its speed.

Keywords: electrodynamics, electric field, scalar potential, magnetic field, scalar - vector potential.

## Introduction

Works [1-4] give the results of the experimental studies, which indicate that with the introduction of direct current into the superconductive coils and the tori at them the static electric potential, which has quadratic dependence on the current strength, appears. The appearance of this potential attests to the fact that the static charge appears at the coils. But none of the existing theories, which obtained official acknowledgement, including the theory of relativity, to explain the results of these experiments does not can. The results of experiments on the electrization of the superconductive coils and tori, carried out by author [4-6] and it is shown

that the obtained results can find their explanation in the concept of scalar-vector potential, developed by author [5-10].

## 1. Results of experimental a study of the electrization of the superconductive coils and tori and their theoretical substantiation.

The diagram of experiment on potential measurement of the superconductive bifilar coil is depicted in Fig. 1. This coil has low inductance and does not create magnetic field in the surrounding space, but, the created by it magnetic field, to be found between the conductors, as it takes place in the long lines.

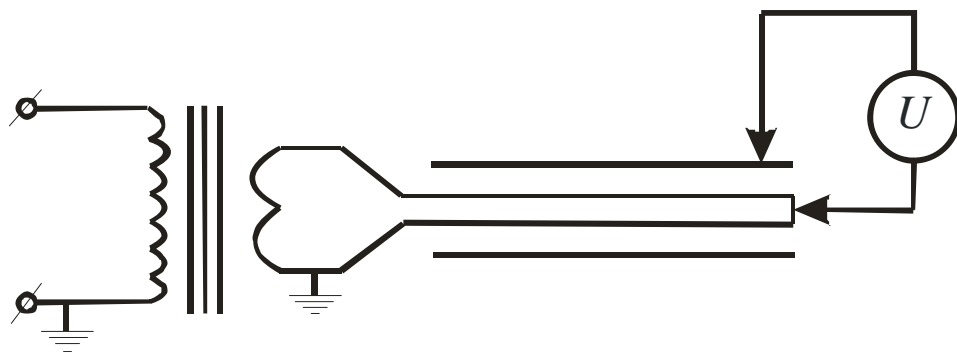


Fig. 1. Diagram of experiment on the electrization of the superconductive coil.

For the introduction of direct current into the winding was used the cooled to helium temperatures transformer with the iron core. This made possible to introduce current into the winding by induction method without the use of galvanic contacts. In the transformer was used ring-shaped core made of transformer steel with a cross section  $9 \text{ cm}^2$ . The primary and secondary windings of transformer were wound by niobium-titanium wire with the copper coating with a diameter of 0.25 mm, and they contained 150 and 10 turns respectively. The secondary winding of transformer is connected in series from bifilar of coil by the double winding, which contains 2448 turns of the same wire. The overall length of wire is 910 m. The ends of bifilar of coil of double winding, and the secondary windings of transformer are welded with the aid of the laser welding. Bifilar coil is wound on the body from polyfluoroethylene resin. To the midpoint of coil is connected the wire of coaxial

cable, cryostat outgoing outside, the same coaxial cable is connected to the screen of solenoid. Construction of bifilar coil it is shown in Fig. 2.

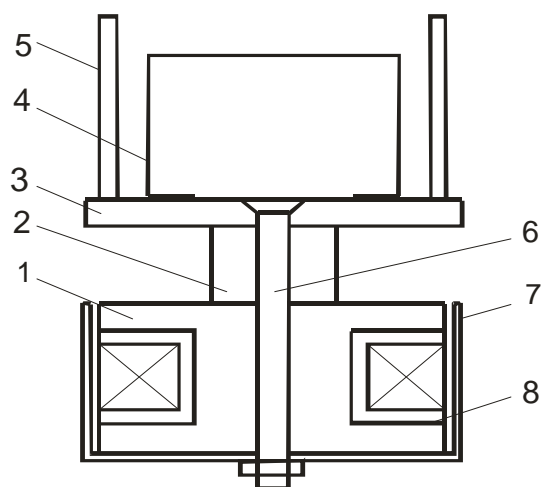


Fig. 2. Construction of bifilar coil. .

By numbers in the figure are designated the following elements: 1- aluminum body, is 2nd polyfluoroethylene bushing, 3- polyfluoroethylene disk, 4- clamp, is 5th counter, 6- bolt, 7- copper screen, polyfluoroethylene body is eighth. Winding (bifilar of coil) is wound on the body from polyfluoroethylene resin 8, which is located on aluminum body 1. Outside winding (bifilar of coil) it is surrounded by copper screen 7, which together with body 1 is the screen of winding. To body 1 with the aid of bolt 6 and polyfluoroethylene bushing 2 is fastened polyfluoroethylene disk 3, on which is installed clamp 4. The turns of the secondary winding of transformer cover clamp 4, through which is passed the transformer core. Entire construction is attached to the transformer with the aid of counters 5.

For potential measurement of screen 7 was used the vibrating reed electrometer with the high input resistance with the sensitivity  $\sim 1$  mV. Electrometer was connected directly to the coaxial cable, connected to screen 7. Bifilar coil was grounded.

Current into the primary winding of transformer was introduced from the source of direct current, indication of electrometer in this case they did not depend on direction of flow. With the strengths of introduced current  $\sim 9$  A occurred the discharge of the indications of electrometer. This means that the current in the winding of solenoid reached its critical value, and winding converted to normal state. Iron core in this case seized magnetic flux, also, with the decrease of the current introduced into the solenoid, the curve of the dependence of the measured

potential on the current was repeated, and potential reached its maximum value with current zero.

The obtained experimental dependence of the measured potential difference is given in Fig. 3.

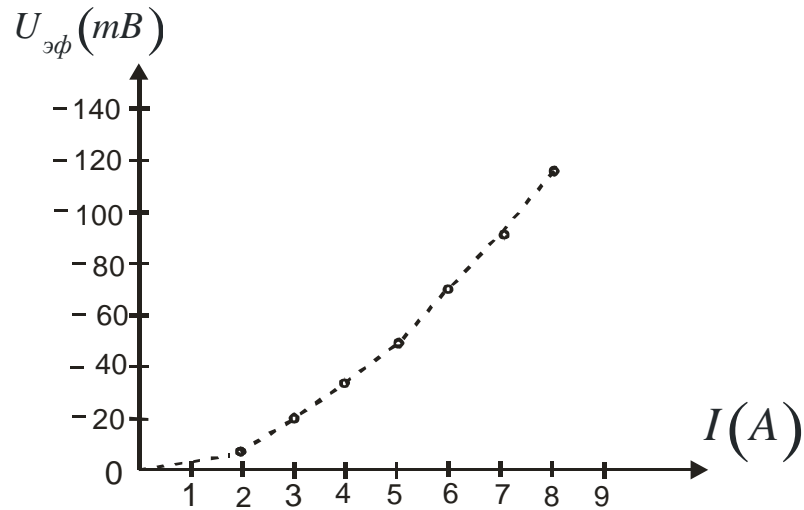


Fig. 3. Dependence of a potential difference between the screen and the bifilar coil on the current in the primary winding of transformer.

Experimental data are given in the table № 1.

Table № 1

$I(A)$	1	2	3	4	5	6	7	8
$I_1(A)$	15	30	45	60	75	90	105	120
$H\left(\frac{A}{m}\right) \cdot 10^4$	1.91	3.82	5.73	7.64	9.55	11.5	14.6	15.3
$-U_2(mB)$	-	2	6	10	15	21	27	35
$-U_1(mB)$	-	7	20	34	50	71	90	117
$\frac{U}{I_{\varphi}^2} \left(\frac{mB}{A}\right)$	-	1.75	2.22	2.13	2.00	1.94	1.84	1.83

In the first graph of table are given the value of current, introduced into the primary winding of transformer  $I$ . In the second graph are given the values of the current  $I_1$  in the coil, calculated on the basis of the value of the transformation ratio of equal to 15. In the third graph are given the values of magnetic pour on on the surface of the superconductive wires of coil. In the fourth graph are given the indications of electrometer. In the fifth graph are given the effective values of a potential difference, which would be between the solenoid and the screen to the connection to the latter of the total capacitance of coaxial and electrometer. In the sixth graph is indicated the coefficient  $k = \frac{U_{\phi}}{I^2}$ . The coefficient  $k_1$  composed value 3.35, it was calculated, on the basis of the fact that the capacity between screen and solenoid  $C_1 = 45$  pF, and the total capacitance  $C_2$ , connected to the capacity  $C_1$  and which consists of the capacity of coaxial and capacity of electrometer, was equal to 111 pF. The root-mean-square relative deflection of the coefficient  $k$  from its average value equal to 1.93 composes 0.13, which gives relative root-mean-square error 7%. Thus, the obtained dependence between the current and the measured value of potential is very close to the quadratic law. It is also evident from the table that with the values of current in the conductors of solenoid on the order of 120 A, the field strength on their surface reaches its critical value, which for the utilized superconductor composes  $1.5 \cdot 10^5$  A/m, with which and is connected the discharge of the indications of electrometer with reaching of these currents. Experimental results indicate that the value of potential on the winding depends on the speed of the motion of charges.

In the diagram of experiment the direct galvanic connection of electrometer to the superconductive winding occurs. This can cause questions, but are not the reason for the appearance of a potential difference between the solenoid and the screen some contact phenomena in the place of the contact, which connects electrometer with the winding. The experiments with the superconductive niobium torus were carried out for the answer to this question.

The diagram of experiment is shown in Fig. 4.

If we inside the conducting screen arrange the second conducting screen, and between them let us connect electrometer, then charge when will appear inside the internal screen, a potential difference will appear between the internal and external screen. In the experiment, as external screen 1, the yoke of transformer, made from transformer steel, was used. On the central rod of yoke was located primary winding

with 2, wound by niobium-titanium wire and which contains 1860 turns. Torus-shaped metal screen 3, made from copper, was located on the same rod. Torus 4, made from niobium, was located inside this screen. The outer diameter of niobium torus was 76 mm, and internal 49 mm. Transformer was placed in the tank of helium cryostat and was cooled to the helium temperature, in this case the yoke of transformer and helium tank were grounded. Direct current was induced during the introduction of direct current into the primary winding of transformer in the superconductive torus, and electrometer fixed the appearance between screen 3 and yoke of transformer a potential difference  $U$ . This means that the niobium torus, located inside screen 3 during the introduction into it of direct current ceases to be electrically neutral. The constant value current in the superconductive torus 1860 times exceeds the current, introduced into the primary winding of transformer.

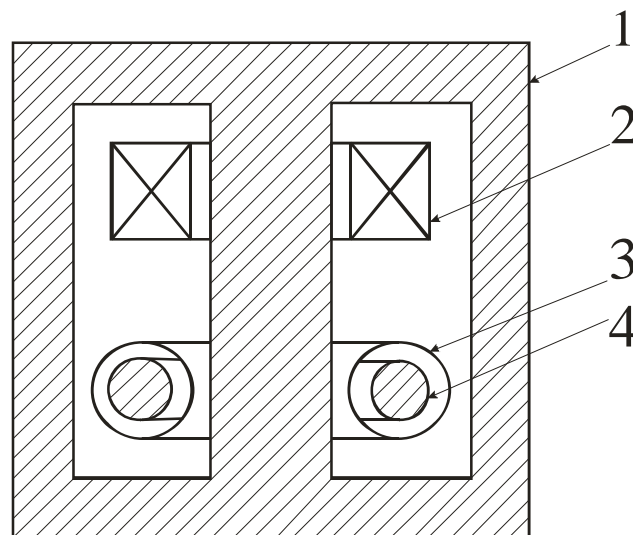


Fig. 4. Diagram of experiment with the superconductive torus.

The dependence of a potential difference  $U$  on the current  $I$ , introduced into the primary winding of transformer, it is shown in Fig. 5.

The measured values of a potential difference, in comparison with the case of the superconductive winding, proved to be considerably smaller, this is connected with the fact that the surface of torus considerably less than the surface of winding. The form of the dependence of a potential difference on the introduced current also strongly differs. Quadratic section is observed only in the very small initial section up to the values of the currents  $\sim 2$  of amperes. Further this dependence becomes rectilinear with small angle of inclination with respect to the X-axis. It was not observed moreover of the discharge of the indications of electrometer.

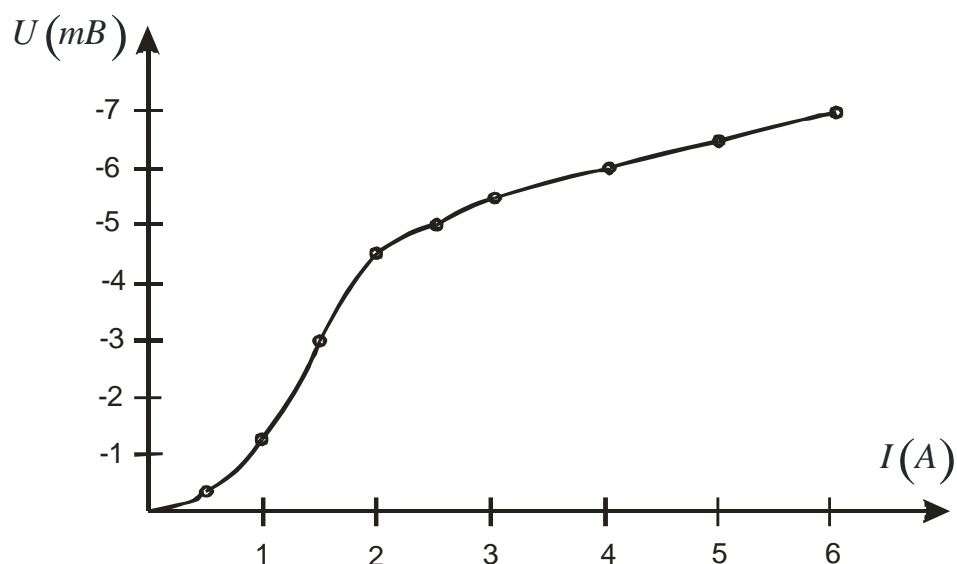


Fig. 5. Dependence of a potential difference boundary by screen 3 by the yoke of transformer 1 on the current, introduced into the primary winding of transformer.

With which are connected such differences in the behavior of a potential difference in comparison with the winding, made from wire? In the case of the winding, made from wire, the current is evenly distributed over its surface and reaches its critical value in all its sections simultaneously, with which and is connected the simultaneous passage of the entire winding of solenoid into the normal state, with the reaching in the wire of critical current.

In the case of torus the process of establishing the superconductive current on its surface occurs differently. That introduced into the direct current superconducting torus is very unevenly distributed over its surface. The maximum value of current density it reaches on the internal surface of torus, and on the periphery they considerably less. With this is connected the fact that the internal surfaces of torus begin to convert to normal state earlier than external. The process of passing the torus into the normal state occurs in such a way that with an increase of the current in the torus into the normal state pass the first interior and with an increase in the current normal phase begins to be moved from the interior to the external. Process must it lasts until entire torus passes into the normal state. But why in this case up to the moment of passing the torus into the normal state does not occur the discharge of current as in the winding, made from wire? This niobium is connected with the fact that the superconductor of the second kind, and he has the sufficiently significant region of magnetic pour on, with which it is in the mixed state. This region is characterized by penetration into the superconductor of Abrikosov vortices. Consequently, the circumstance that the indications of

electrometer do not have a discharge of indications, he indicates that the superconductive torus is in the mixed state, but the vortex structures, which also bear the superconductive currents; also they lead to an increase in the potential of torus. From this it is possible to draw the conclusion that Abrikosov vortices bear on themselves not only magnetic-flux quanta, but also electric charges.

If we change direction of flow in the primary winding, then the dependence, similar to that depicted in Fig. 5, is repeated, however, it is observed strong hysteresis. This is connected with the fact that the vortices, which penetrated into the depths of the superconductor, they are attached on the stacking faults, falling into potential wells, that also leads to hysteresis.

Thus, the results of the carried out experiments also indicate the dependence of the scalar potential of charges on their speed, which was predicted still in work [7] and it is experimentally confirmed in works [4-6].

All experiments indicated were carried out in the beginning of the 90's in Scientific Research Institute of the cryogenic instrument manufacture FTILT NAS of the Ukraine.

We already said that none of the existing officially acknowledged theories offers explanation of the obtained results, but they find explanation in the concept of scalar- vector potential, represented in works [5-10]. The concept, obtained by the way of writing of the equations of induction in the complete derived within the framework conversions of Galileo assumes the dependence of the scalar potential of charge on his speed.

In this concept scalar of potential, created by the moving charge, is determined from the relationship

$$\varphi'(r, v_{\perp}) = \frac{ech \frac{v_{\perp}}{c}}{4\pi\epsilon r} = \varphi(r)ch \frac{v_{\perp}}{c}, \quad (1)$$

where  $e$  - electron charge,  $v_{\perp}$  - electron velocity, normal to the vector, which connects the moving electron with the observation point,  $c$  - speed of light,  $\epsilon$  - dielectric constant.

Using relationship (1), we find the electric field of the long conductor, along which move the electrons:



$$E^-(r, v_{\perp}) = \frac{g \, ch \frac{v_{\perp}}{c}}{2\pi\epsilon r} = Ech \frac{v_{\perp}}{c}, \quad (2)$$

where  $g$  - linear charge.

Electrons move in fixed crystal lattice, which creates the electric field

$$E^+(r) = -E \quad (3)$$

Summarizing relationships (2) and (3), we obtain the summary value of the electric field

$$E_{\Sigma} = E \left( ch \frac{v_{\perp}}{c} - 1 \right)$$

Decomposing hyperbolic cosine in a number and taking into account only quadratic terms of expansion, we obtain

$$E_{\Sigma} = \frac{1}{2} E \frac{v^2}{c^2}$$

This is the electric field, which is observed around the superconductive conductors, along which flows the current. It is evident that the sign of this field on the direction of charge rate does not depend.

If we employing the proposed procedure calculate electric field near the superconductive niobium-titanium conductor, along which flows the current close to the critical, then at a distance 1 cm from the conductor we will obtain the tension of the electric field  $\sim 0.4$  V/m. If we take the same usual conductor, along which flows the current 100 A, then at the same distance from the conductor the value of the tension of electric field will compose  $\sim 10^{-6}$  V/m.

## Reference

1. Edwards W.F. Kenyon C. S. Lemon D.K. Continuing investigation into possible electric fields arising from steady conducting current. Phys. Rev. D, 1976, v. 14, № 4, p. 922-938.
2. Roser W.G.V. Second-Order Electric Field due to a Conducting Current. American Journal of Physics, 1962, v. 30, №7, p. 509-511.
3. Don A. Baker. Second-Order Electric Field due to a Conducting Current. American Journal of Physics, 1964, v.32, № 2, p. 153-157.
4. Mende F. F. Experimental corroboration and theoretical interpretation of dependence of charge value on DC flow velocity through superconductors. Proceedings International Conference "Physics in Ukraine", Kiev, 22-27 June, 1993, p. 167-170.
5. Менде Ф. Ф. Великие заблуждения и ошибки физиков XIX-XX столетий. Революция в современной физике. Харьков, НТМТ, 2010, – 176 с. ISBN 978-617-578-010-7.
6. Менде Ф. Ф. Новая электродинамика. Революция в современной физике. Харьков, НТМТ, 2012, – 172 с.
7. Менде Ф. Ф. К вопросу об уточнении уравнений электромагнитной индукции. - Харьков, депонирована в ВИНТИ, №774-В88 Деп., 1988.-32с.
8. Менде Ф. Ф. Существуют ли ошибки в современной физике. Харьков, Константа, 2003.- 72 с.
9. Mende F. F. Conception of the scalar-vector potential in contemporary electrodynamics, [arxiv.org/abs/physics/0506083](http://arxiv.org/abs/physics/0506083).
10. Mende F.F. On refinement of certain laws of classical electrodynamics [arxiv.org/abs/physics/0402084](http://arxiv.org/abs/physics/0402084)

# **Электризация сверхпроводящих обмоток и торов**

Менде Ф. Ф.

При введении постоянных токов в сверхпроводящие обмотки наблюдается их электризация, которая заключается в том, что на этих обмотках возникает статический потенциал. Этот потенциал можно измерить как при гальваническом подключении электрометра к обмоткам, так и при подключении электрометра к металлическим экранам, окружающим такие обмотки. Тот же эффект наблюдается и при введении тока в сверхпроводящие торы. Ни одна из существующих теорий, в том числе и теория относительности, такое поведение обмоток и торов объяснить не может. В работе показано, что это явление находит объяснение в рамках концепции скалярно-векторного потенциала, который предполагает зависимость скалярного потенциала заряда от его скорости.

## **Введение**

В работах [1-4] приведены результаты экспериментальных исследований, которые указывают на то, что при вводе постоянного тока в сверхпроводящие обмотки и торы на них появляется статический электрический потенциал, который имеет квадратичную зависимость от величины тока. Появление такого потенциала свидетельствует о том, что на обмотках появляется статический заряд. Но ни одна из существующих теорий, которые получили официальное признание, в том числе и теория относительности, объяснить результаты этих экспериментов не может. Ниже приведены результаты экспериментов по электризации сверхпроводящих обмоток и торов, проведенных автором [4-6] и показано, что полученные результаты могут найти своё объяснение в концепции скалярно-векторного потенциала, разработанной автором [5-10].

## 1. Результаты экспериментального исследование электризации сверхпроводящих обмоток и торов и их теоретическое обоснование.

Схема эксперимента по измерению потенциала сверхпроводящей бифилярной обмотки изображена на рис. 1. Такая обмотка имеет низкую индуктивность и не создаёт магнитное поле в окружающем пространстве, а, создаваемое ею магнитное поле, находится между проводниками, как это имеет место в длинных линиях.

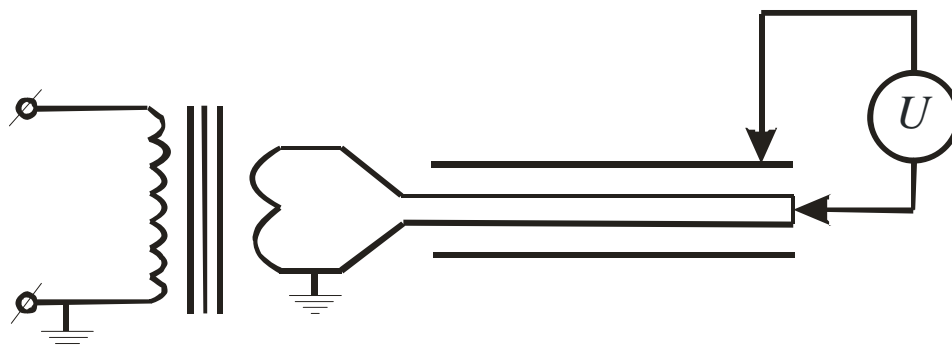


Рис. 1. Схема эксперимента по электризации сверхпроводящих обмоток.

Для введения постоянного тока в обмотку был использован охлаждаемый до гелиевых температур трансформатор с железным сердечником. Это дало возможность вводить ток в обмотку индукционным способом без использования гальванических контактов. В трансформаторе использовался кольцеобразный сердечник из трансформаторной стали с поперечным сечением  $9 \text{ см}^2$ . Первичная и вторичная обмотки трансформатора были намотаны ниобий-титановым проводом с медным покрытием диаметром  $0.25 \text{ мм}$ , и содержали 150 и 10 витков соответственно. Вторичная обмотка трансформатора соединена последовательно с бифилярной обмоткой, которая содержит 2448 витков такого же провода. Общая длина провода составляет 910 м. Концы бифилярной обмотки, и вторичной обмотки трансформатора сварены при помощи лазерной сварки. Бифилярная обмотка намотана на каркасе из фторопласта. К средней точке обмотки подключен провод коаксиального кабеля, выходящего наружу криостата, такой же коаксиальный

кабель подключен к экрану соленоида. Конструкция бифилярной обмотки показана на рис. 2.

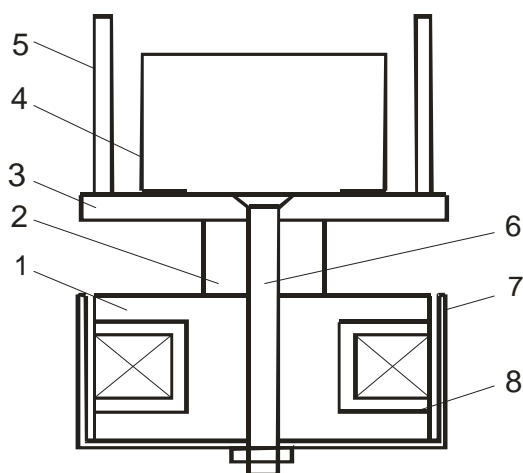


Рис. 2. Конструкция бифилярной обмотки.

Цифрами на рисунке обозначены следующие элементы: 1 - алюминиевый каркас, 2 - фторопластовая втулка, 3 - фторопластовый диск, 4 - скоба, 5 - стойки, 6 - болт, 7 - медный экран, 8 - фторопластовый каркас. Обмотка намотана на каркасе из фторопласта 8, который расположен на алюминиевом каркасе 1. Снаружи обмотка окружена медным экраном 7, который совместно с каркасом 1 является экраном обмотки. К каркасу 1 при помощи болта 6 и фторопластовой втулки 2 крепится фторопластовый диск 3, на котором смонтирована скоба 4. Витки вторичной обмотки трансформатора охватывают скобу 4, через которую проходит сердечник трансформатора. Вся конструкция крепится к трансформатору при помощи стоек 5.

Для измерения потенциала экрана 7 использовался вибрационный электрометр с высоким входным сопротивлением с чувствительностью  $\sim 1$  мВ. Электрометр подключался непосредственно к коаксиальному кабелю, подключённому к экрану 7. Бифилярная обмотка заземлялась.

Ток в первичную обмотку трансформатора вводился от источника постоянного тока, показания электрометра при этом не зависели от направления тока. При величинах вводимого тока  $\sim 9$  А происходил сброс показаний электрометра. Это означает, что ток в обмотке соленоида достигал своего критического значения, и обмотка переходила в нормальное состояние. Железный сердечник при этом захватывал магнитный поток и при уменьшении вводимого в соленоид тока, кривая зависимости измеряемого

потенциала от тока повторялась, а потенциал достигал своего максимального значения при нулевом значении тока.

Полученная экспериментальная зависимость измеряемой разности потенциалов приведена на рис. 3.

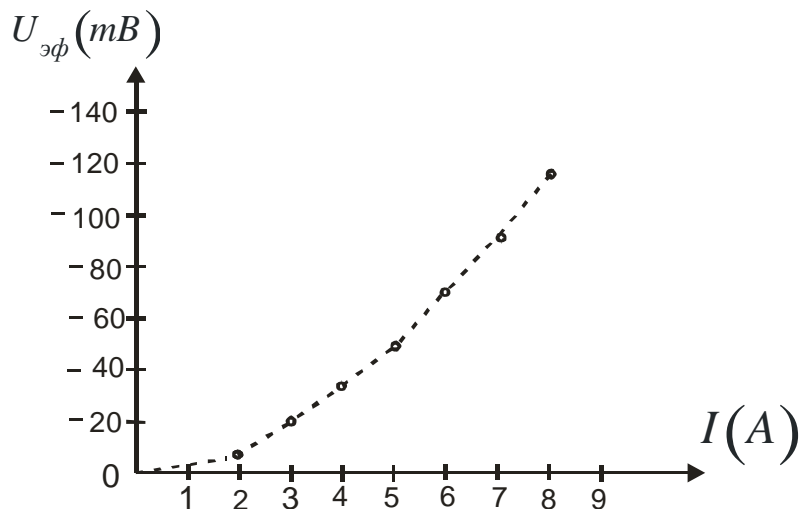


Рис. 3. Зависимость разности потенциалов между экраном и bifilar coil бифилярной обмоткой от тока в первичной обмотке трансформатора.

Экспериментальные данные приведены в таблице № 1.

Таблица № 1

$I(A)$	1	2	3	4	5	6	7	8
$I_1(A)$	15	30	45	60	75	90	105	120
$H\left(\frac{A}{m}\right) \cdot 10^4$	1.91	3.82	5.73	7.64	9.55	11.5	14.6	15.3
$-U_2(mB)$	-	2	6	10	15	21	27	35
$-U_1(mB)$	-	7	20	34	50	71	90	117
$\frac{U}{I_{эф}^2}\left(\frac{mB}{A}\right)$	-	1.75	2.22	2.13	2.00	1.94	1.84	1.83

В первой графе таблицы приведены значения тока, вводимого в первичную обмотку трансформатора  $I$ . Во второй графе даны значения тока  $I_1$  в обмотке соленоида, рассчитанные исходя из значения коэффициента трансформации равного 15. В третьей графе даны значения магнитных полей на поверхности сверхпроводящих проводов обмотки. В четвертой - приведены показания электрометра. В пятой - приведены эффективные значения разности потенциалов, которые были бы между соленоидом и экраном до подключения к последнему суммарной емкости коаксиала и электрометра. В шестой графе указан коэффициент  $k = \frac{U_{эф}}{I^2}$ . Коэффициент  $k_1$  составил величину 3.35, он вычислялся, исходя из того, что емкость между экраном и соленоидом  $C_1 = 45$  пФ, а суммарная емкость  $C_2$ , подключаемая к емкости  $C_1$  и состоящая из емкости коаксиала и емкости электрометра, равна 111 пФ. Среднеквадратичное относительное отклонение коэффициента  $k$  от своего среднего значения равно 1.93 и составляет 0.13, что дает относительную среднеквадратичную погрешность 7%. Таким образом, полученная зависимость между током и измеряемым значением потенциала очень близка к квадратичному закону. Из таблицы также видно, что при значениях тока в проводниках соленоида порядка 120 А, напряженность поля на их поверхности достигает своего критического значения, которое для используемого сверхпроводника составляет  $1.5 \cdot 10^5$  А/м, с чем и связан сброс показаний электрометра при достижении этих токов. Экспериментальные результаты указывают на то, что величина потенциала на обмотке зависит от скорости движения зарядов.

В схеме эксперимента имеет место непосредственное гальваническое подключение электрометра к сверхпроводящей обмотке. Это может вызвать вопросы, а не являются ли причиной возникновения разности потенциалов между соленоидом и экраном какие-то контактные явления в месте контакта, соединяющего электрометр с обмоткой. Для ответа на этот вопрос были проведены эксперименты со сверхпроводящим ниобиевым тором.

Схема эксперимента показана на рис. 4.

Если внутри проводящего экрана расположить второй проводящий экран, и между ними подключим электрометр, то в том случае, когда внутри внутреннего экрана появится заряд, между внутренним и наружным экраном

появится разность потенциалов. В эксперименте, в качестве наружного экрана 1, использовалось ярмо трансформатора, выполненное из трансформаторной стали. На центральном стержне ярма располагалась первичная обмотка 2, намотанная ниобий-титановым проводом и содержащая 1860 витков. На этом же стержне располагался торообразный металлический экран 3, выполненный из меди. Внутри этого экрана был расположен тор 4, выполненный из ниобия. Наружный диаметр ниобиевого тора составлял 76 мм, а внутренний 49 мм. Трансформатор размещался в баке гелиевого криостата и охлаждался до гелиевой температуры, при этом ярмо трансформатора и гелиевый бак заземлялись. При введении постоянного тока в первичную обмотку трансформатора в сверхпроводящем торе индуцировался постоянный ток, и электромметр фиксировал появление между экраном 3 и ярмом трансформатора разность потенциалов  $U$ . Это означает, что ниобиевый тор, расположенный внутри экрана 3 при введении в него постоянного тока перестаёт быть электронейтральным. Величина постоянного тока в сверхпроводящем торе в 1860 раз превышает ток, вводимый в первичную обмотку трансформатора.

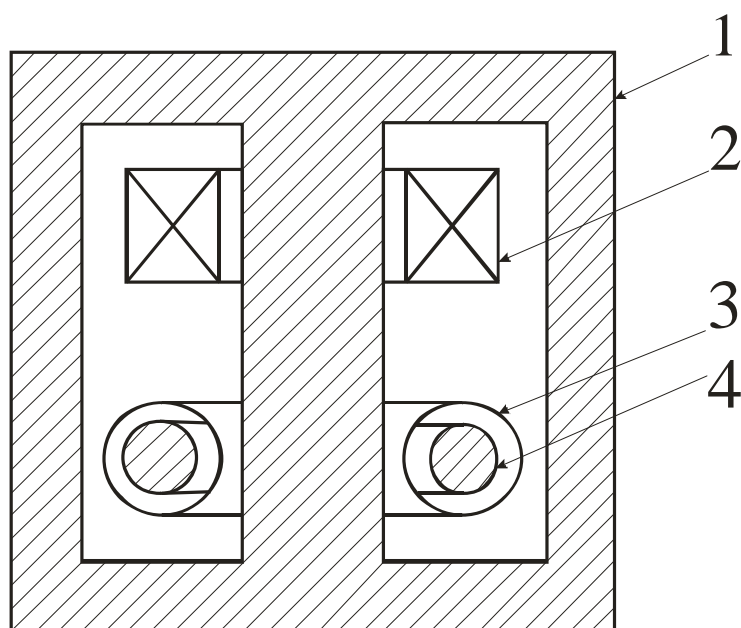


Рис. 4. Схема эксперимента со сверхпроводящим тором.

Зависимость разности потенциалов  $U$  от тока  $I$ , вводимого в первичную обмотку трансформатора, показана на рис. 5.



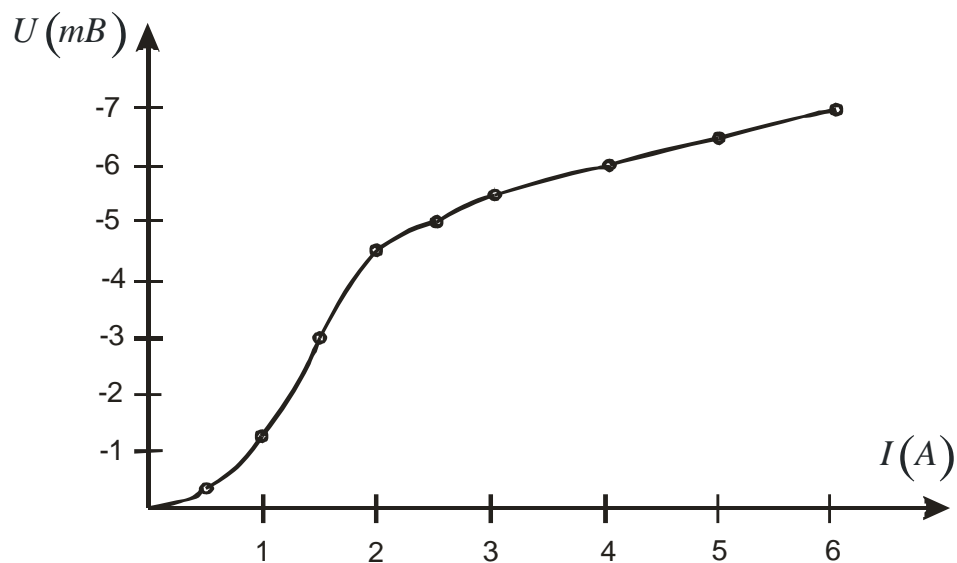


Рис. 5. Зависимость разности потенциалов между экраном 3 и ярмом трансформатора 1 от тока, вводимого в первичную обмотку трансформатора.

Измеренные значения разности потенциалов, по сравнению со случаем сверхпроводящей обмотки, оказались значительно меньшими, это связано с тем, что поверхность тора значительно меньше, чем поверхность обмотки. Вид зависимости разности потенциалов от вводимого тока также сильно отличается. Квадратичный участок наблюдается только на очень небольшом начальном участке вплоть до значений токов  $\sim 2$  ампер. Далее эта зависимость становится прямолинейной с малым углом наклона по отношению к оси абсцисс. К тому же сброса показаний электрометра не наблюдалось.

С чем связаны такие отличия поведения разности потенциалов по сравнению с обмоткой, выполненной из проволоки? В случае обмотки, выполненной из проволоки, ток равномерно распределён по её поверхности и достигает своего критического значения на всех её участках одновременно, с чем и связан одновременный переход всей обмотки соленоида в нормальное состояние, при достижении в проволоке критического тока.

В случае тора процесс установления сверхпроводящего тока на его поверхности происходит по-другому. Вводимый в сверхпроводящий тор постоянный ток очень неравномерно распределён по его поверхности. Максимального значения плотности тока достигает на внутренней поверхности тора, а на периферии они значительно меньше. С этим связано то, что внутренние поверхности тора начинают переходить в нормальное

состояние раньше, чем наружные. Процесс перехода тора в нормальное состояние происходит таким образом, что при увеличении тока в торе в нормальное состояние переходят сначала внутренние области и при увеличении тока нормальная фаза начинает перемещаться от внутренних областей к наружным. Процесс должен длиться до тех пор, пока весь тор не перейдёт в нормальное состояние. Но почему при этом к моменту перехода тора в нормальное состояние не происходит сброс тока, как в обмотке, выполненной из проволоки? Это связано с тем, что ниобий является сверхпроводником второго рода, и у него имеется достаточно значительная область магнитных полей, при которых он находится в смешанном состоянии. Эта область характеризуется проникновением в сверхпроводник вихрей Абрикосова. Следовательно, то обстоятельство, что показания электрометра не имеют сброса показаний, указывает на то, что сверхпроводящий тор находится в смешанном состоянии, а вихревые структуры, которые также несут сверхпроводящие токи, также приводят к увеличению потенциала тора. Из этого можно сделать вывод, что вихри Абрикосова несут на себе не только кванты магнитного потока, но и электрические заряды.

Если изменить направление тока в первичной обмотке, то зависимость, подобная изображённой на рис. 5, повторяется, однако, наблюдается сильный гистерезис. Это связано с тем, что вихри, проникшие вглубь сверхпроводника, закрепляются на дефектах кристаллической структуры, попадая в потенциальные ямы, что и приводит к гистерезису.

Таким образом, результаты проведенных экспериментов также указывают на зависимость скалярного потенциала зарядов от их скорости, что было предсказано ещё в работе [7] и экспериментально подтверждено в работах [4-6].

Все указанные эксперименты были проведены в начале 90-х годов в МГП НИИ криогенного приборостроения ФТИНТ НАН Украины.

Мы уже сказали, что ни одна из существующих официально признанных теорий не даёт объяснения полученных результатов, но они находят объяснение в концепции скалярно-векторного потенциала, представленной в работах [5-10]. Концепция, полученная путём записи уравнений индукции в полных производных в рамках преобразований Галилея и предполагает зависимость скалярного потенциала заряда от его скорости.

В этой концепции скалярный потенциал, создаваемый движущимся зарядом, определяется из соотношения

$$\varphi'(r, v_{\perp}) = \frac{ech \frac{v_{\perp}}{c}}{4\pi\epsilon r} = \varphi(r)ch \frac{v_{\perp}}{c}, \quad (1)$$

где  $e$  - заряд электрона,  $v_{\perp}$  - скорость электрона, нормальная к вектору, соединяющему движущийся электрон с точкой наблюдения,  $c$  - скорость света,  $\epsilon$  - диэлектрическая проницаемость.

Используя соотношение (1), находим электрическое поле длинного проводника, по которому движутся электроны:

$$E^{-}(r, v_{\perp}) = \frac{g ch \frac{v_{\perp}}{c}}{2\pi\epsilon r} = Ech \frac{v_{\perp}}{c}, \quad (2)$$

где  $g$  - (linear charge) погонный заряд.

Электроны движутся в неподвижной кристаллической решетке, которая создаёт электрическое поле

$$E^{+}(r) = -E \quad (3)$$

Суммируя соотношения (2) и (3), получаем суммарное значение электрического поля

$$E_{\Sigma} = E \left( ch \frac{v_{\perp}}{c} - 1 \right)$$

Разлагая гиперболический косинус в ряд и учитывая только квадратичные члены разложения, получаем

$$E_{\Sigma} = \frac{1}{2} E \frac{v^2}{c^2}$$

Это и есть то электрическое поле, которое наблюдается вокруг сверхпроводящих проводников, по которым течёт ток. Видно, что знак этого поля от направления скорости зарядов не зависит.

Если по предлагаемой методике рассчитать электрическое поле вблизи сверхпроводящего ниобий-титанового проводника, по которому течёт ток близкий к критическому, то на расстоянии 1 см от проводника получим напряженность электрического поля  $\sim 0.4$  В/м. Если взять такой же обычный

проводник, по которому течёт ток 100 А, то на таком же расстоянии от проводника значение напряжённости электрического поля составит  $\sim 10^{-6}$  В/м.

## Литература.

1. Edwards W.F. Kenyon C. S. Lemon D.K. Continuing investigation into possible electric fields arising from steady conducting current. Phys. Rev. D, 1976, v. 14, № 4, p. 922-938.
2. Roser W.G.V. Second-Order Electric Field due to a Conducting Current. American Journal of Physics, 1962, v. 30, №7, p. 509-511.
3. Don A. Baker. Second-Order Electric Field due to a Conducting Current. American Journal of Physics, 1964, v.32, № 2, p. 153-157.
4. Mende F. F. Experimental corroboration and theoretical interpretation of dependence of charge value on DC flow velocity through superconductors. Proceedings International Conference "Physics in Ukraine", Kiev, 22-27 June, 1993, p. 167-170.
5. Менде Ф. Ф. Великие заблуждения и ошибки физиков XIX-XX столетий. Революция в современной физике. Харьков, НТМТ, 2010, – 176 с. ISBN 978-617-578-010-7.
6. Менде Ф. Ф. Новая электродинамика. Революция в современной физике. Харьков, НТМТ, 2012, – 172 с.
7. Менде Ф. Ф. К вопросу об уточнении уравнений электромагнитной индукции. - Харьков, депонирована в ВИНТИ, №774-В88 Деп., 1988.-32с.
8. Менде Ф. Ф. Существуют ли ошибки в современной физике. Харьков, Константа, 2003.- 72 с.
9. Mende F. F. Conception of the scalar-vector potential in contemporary

electrodynamics, [arXiv.org/abs/physics/0506083](https://arxiv.org/abs/physics/0506083).

10. Mende F.F. On refinement of certain laws of classical electrodynamics  
[arxiv.org/abs/physics/0402084](https://arxiv.org/abs/physics/0402084)