

приоритет 2030[^]
лидерами становятся

Стратегический проект Распределенная и возобновляемая энергетика



Ковалев Д.И.

Руководитель стратегического
проекта, к.т.н., директор Учебно-
научного центра МЭИ

Цель стратегического проекта

Разработка современных технических решений и инновационного технического оборудования для обеспечения электроснабжения удаленных объектов, в том числе с применением возобновляемых источников энергии, и снижения неблагоприятного воздействия на окружающую среду



Задачи стратегического проекта



1. Разработка устройств для обеспечения автономного электроснабжения хозяйственных и жилых объектов в районах, не подключенных к сетям централизованного энергоснабжения.
2. Создание технических решений, направленных на снижение зависимости удаленных объектов от централизованного электроснабжения.
3. Создание центра компетенций на базе НИУ «МЭИ» по распределенной и возобновляемой энергетике (в том числе по СНЭ).
4. Развитие материально-технической базы лабораторно-экспериментальных объектов распределённой и возобновляемой энергетики.

Ключевые результаты стратегического проекта



1. Образцы устройств для обеспечения автономного электроснабжения хозяйственных и жилых объектов.
2. Элементная база и действующие прототипы средств интеллектуального управления автономными комплексными энергетическими системами возобновляемой и распределенной генерации.
3. Новые изоляционные и конструкционные материалы для систем передачи энергии в распределенной и возобновляемой энергетике.
4. Обновленная материально-техническая база лабораторно-экспериментальных объектов распределённой и возобновляемой энергетики.
5. Разработанные и реализованные программы дополнительного профессионального образования по направлению «Распределенная и возобновляемая энергетика».

Ключевые заказчики стратегического проекта



ЕЭК

ЕВРАЗИЙСКАЯ
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
КОМИССИЯ

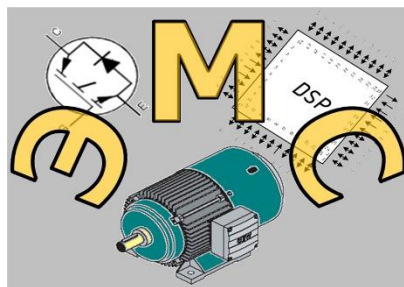
Ключевые партнёры стратегического проекта



Консорциум «Распределенная и возобновляемая энергетика»



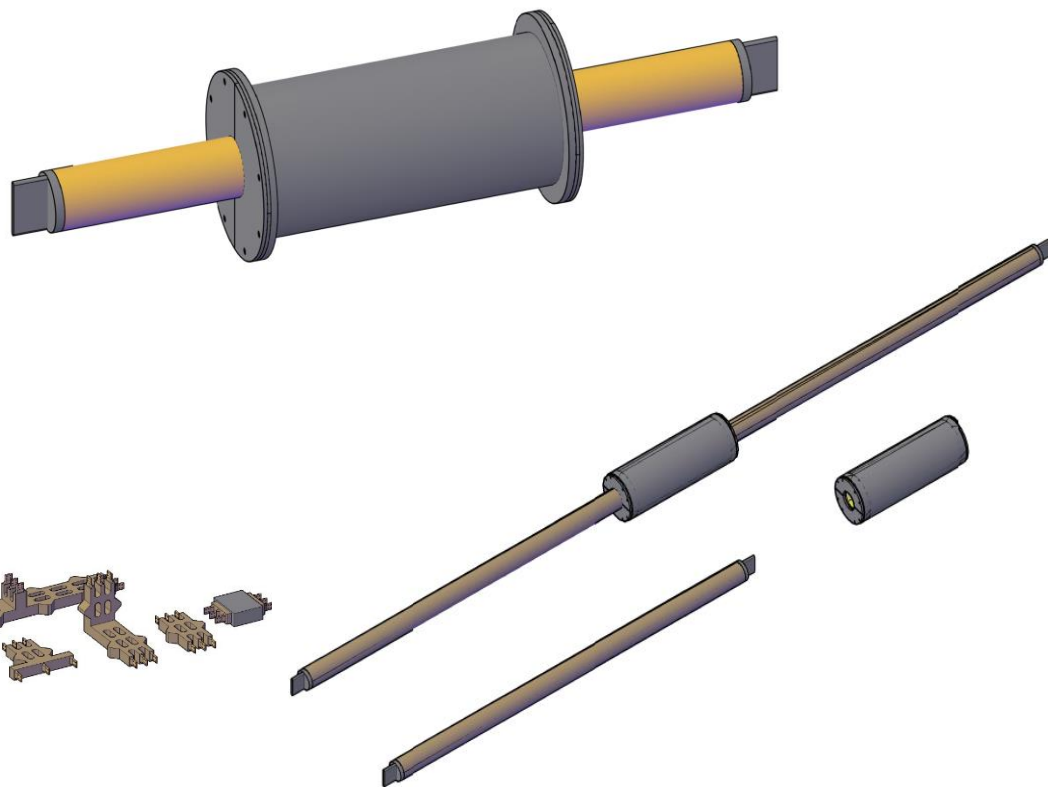
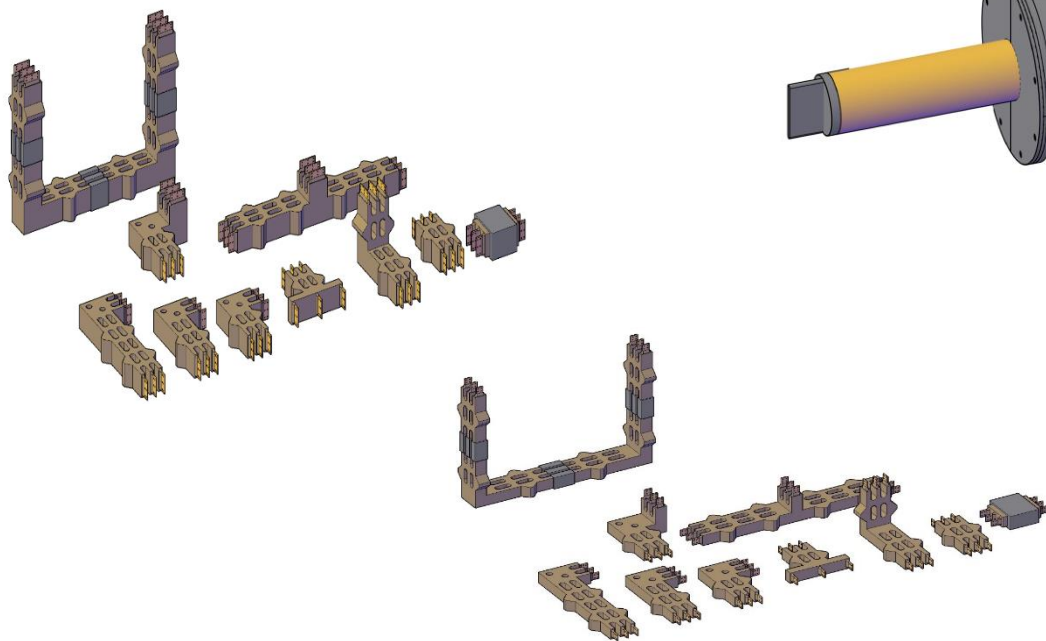
Подразделения-участники стратегического проекта



Международный НОЦ СНГ
по использованию
возобновляемых
источников энергии и
энергоэффективности

Результаты - 2021 стратегического проекта

Модели токопровода 10 – 110
кВ с новым видом изоляционной
конструкции



Результаты - 2021 стратегического проекта

Макеты токопроводов 10 - 20
кВ с новым типом изоляции



Результаты - 2021 стратегического проекта



ISSN 1068-7712, Russian Electrical Engineering, 2021, Vol. 92, No. 6, pp. 447–452. © Allerton Press, Inc., 2021.
Russian Text © The Author(s), 2021, published in *Elektronika*, 2021, No. 6, pp. 41–45.

Electric-Field Distribution in Current-Conducting Lines with Solid Insulation with a Voltage of 20 kV

D. I. Kovalev^{a,*}, V. N. Varivodov^a, D. V. Golubev^a, S. S. Zhulikov^a, and E. M. Voronkova^a

^a National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, 111250 Russia

*e-mail: journal-elektrotehnika@mail.ru

Received June 24, 2021; revised June 26, 2021; accepted June 30, 2021

Abstract—The results of studies of the distribution of the electric field in a current-conducting line with a voltage of 20 kV are presented. The main stages of the calculation are preestablished, and the most computationally hard design areas of the current line are determined. A mathematical model is developed, and a simplified calculation of the distribution of the potential and the electric-field strength inside the insulating layer of the line is carried out. The nature of the electric-field strength variation in the insulating layer of the current-conducting line is determined, and conclusions are drawn about the appropriateness of the characteristics of the compound for practical use.

Keywords: current lines, solid insulation, electric-field distribution, insulation breakdown, mathematical model

DOI: 10.3103/S1068371221080083

Electrical equipment with a voltage of 20 kV and a relatively small size has a complex design, which complicates the configuration of the electric field (EF) in the insulating gap. Current-conducting lines with solid cast insulation are one type of such equipment.

Conductors are used to connect power plants and substations (transformers, generators, switchgears, etc.). Complete current-conducting lines in comparison with other types of conductors, such as cables, possess a higher reliability and overload capacity and, in some cases, allow the power-supply scheme to be simplified and its cost to be reduced.

Structurally speaking, a current-conducting line is a complete device consisting of rigid buses separated by insulating gaps. The main ways in which they are improved are by means using of new materials and insulating media, as well as design optimization. High compactness is achievable through the use of high-electric-strength gases and polymer dielectrics, as well as by improving the technology of their manufacturing.

The operating mode of conductors is determined by the mode of operation of electrical equipment to which they are connected, for which reason it is particularly important to determine the electric-field strength and its distribution. It should be noted that, in addition to determining the real values of EF intensity inside a solid dielectric, the most important accompanying task is to determine the permissible values of the field magnitude. The method for determining the per-

missible values of the strength used in this article has been proposed in [1, 2].

Let us consider the calculation of an EF in the COMSOL Multiphysics program complex for a model of a 20-kV busduct with solid cast insulation. The purpose of the calculations is to determine the distribution of electric currents in the conductor taking into account its geometry, as well as to estimate the stress on its individual elements. Straight and corner sections of hard-insulated busducts have been studied, as well as terminal sections intended for connection to high-voltage equipment.

Figure 1 shows models of the main sections and elements of a 20-kV busduct generated based on the dimensions and cross sections of busbars in accordance with the requirements of the Electrical Installations Design Regulations for a long-term current load, as well as the design rules for busducts compatible with terminal sections and compensating elements.

A quartz-filled compound was chosen as the insulation layer.

For the analysis of the EF intensity distribution in a strong nonuniform field inside a solid dielectric, the important parameter is the average value of the intensity and the detrimental parameter is the maximum permissible long-term working voltage. To determine the real values of intensity, we simulated the effect of the highest long-term permissible working voltage on the insulation according to *GOST* (State Standard)

ISSN 1068-7712, Russian Electrical Engineering, 2021, Vol. 92, No. 6, pp. 438–441. © Allerton Press, Inc., 2021.
Russian Text © The Author(s), 2021, published in *Elektronika*, 2021, No. 6, pp. 30–34.

Prevention of Partial Discharges in the Solid Insulation of High-Voltage Current Lines

V. N. Varivodov^{a,*}, D. I. Kovalev^a, S. S. Zhulikov^a, D. V. Golubev^a, and V. A. Romanov^b

^a National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Moscow, 111250 Russia

^b LLC Energotechrazvitie, Moscow, 115054 Russia

*e-mail: journal-elektrotehnika@mail.ru

Received February 1, 2021; revised June 23, 2021; accepted June 30, 2021

Abstract—In this paper, we show the effect of partial discharges in gas inclusions on the short- and long-term electric strength of cast epoxy insulation. The effect of the characteristics of the technological process of manufacturing current lines on the development of these defects is revealed. The most effective ways to improve the adhesion of epoxy compounds and cast current-carrying elements are experimentally studied and identified. Regularities of the influence of technological factors on the adhesion and autohesion of cast polymer insulation containing internal current-carrying elements as applied to the conditions of their operation in high-voltage current lines are revealed. Specific technical solutions to improve the adhesion and autohesion of epoxy compounds and to eliminate gas inclusions in cast insulation, leading to an increase in the dielectric strength and reliability of high-voltage current lines with cast insulation, are substantiated. Such technical solutions are emphasized to be necessary in the development of high-voltage current lines for a rated voltage of 20 kV and above.

Keywords: current lines, cast polymer insulation, partial discharges, shielding, dielectric strength

DOI: 10.3103/S1068371221080125

Partial discharges (PDs) usually do not lead to a rapid breakdown of insulating gaps. The process of PD development is rather slow and depends on their intensity. Therefore, the PD effect is especially pronounced with prolonged exposure to voltage [1].

In weakly inhomogeneous electric fields with high average breakdown voltages, a decrease in the dielectric strength of cast insulation in the PD presence is observed even at short-term voltage effects if the PD intensity exceeds several pC (Fig. 1).

At an increase in the rated voltage (20 kV and above), the requirements for the PD level become more rigorous. It is generally accepted that there must be no PDs with an intensity of more than 10 pC in these cases in cast insulation at operating voltage [3].

The main cause of PDs is gas inclusions in the form of pores, cracks, and delaminations. These inclusions may appear in the insulation during the manufacturing process due to disruptions in the technological process during shrinkage of the casting masses and compounds, as well as due to poor adhesion of the electrodes to the dielectric. In addition, gas inclusions during operation can occur due to cracking or delaminations of insulation because of high internal thermo-mechanical loads.

Gas inclusions are the weakest points in insulation, since gases have a lower electric strength than does a

solid dielectric. In addition, the tension in the inclusions is higher than that in the rest of the insulation due to the difference in the dielectric constants of the gas and the solid dielectric; therefore, PDs occur primarily in gas inclusions.

The destruction of the solid insulation of current lines under the effect of PDs occurs mainly due to the release of discharge energy in a gas inclusion. The absolute value of the energy dissipated in the discharge is usually small. However, it is transferred to a very small area of the inclusion surface, where an instantaneous increase in the local temperature occurs. As a consequence of this effect, a small volume of the dielectric is destroyed with the formation of by-products, sometimes chemically active products. At multiple repetition of PDs, the inclusion surface gradually collapses and local depressions appear on it, which grow over time, forming narrow branched channels in the dielectric. Finally, the process ends with a complete breakdown of the insulation.

The insulation destruction rate depends on both the PD intensity and the physicochemical properties of the dielectrics that are incorporated in the insulation composition. This pattern of insulation destruction is in good agreement with the kinetic thermal fluctuation theory of material destruction [4], according to which destruction occurs due to the breaking of

Результаты - 2021 стратегического проекта



События - 2021 стратегического проекта

Утвержден план работы по подготовке межгосударственной программы по повышению эффективности и надежности работы объектов промышленности и распределенной энергетики в государствах Евразийского экономического союза, координатором которой является НИУ МЭИ.

В результате реализации межгоспрограммы будут созданы технологии, материалы и устройства, способствующие успешному развитию отрасли промышленного производства современных средств мониторинга объектов распределенной энергетики, а также управления ими, интеграционных систем энергетического оборудования, обеспечивающих связь различных источников малой возобновляемой и распределенной генерации, систем накопления для обеспечения энергетической и экологической безопасности и независимости государств ЕАЭС.



События - 2022 стратегического проекта



Проведен ряд заседаний рабочей группы высшего уровня по подготовке и реализации межгосударственной программы «Повышение эффективности и надежности работы объектов промышленности и распределенной энергетики в государствах – членах ЕАЭС».

Запуск программы запланирован на июль 2022 года.



Реализация стратегического проекта - 2022



В 2022 году реализуется выполнение следующих работ:

Разработка элементов прототипа автоматизированной гибридной электроустановки интегрируемой с ВИЭ

Разработка интеллектуальных методов и технологий управления автономными комплексными энергетическими

Создание универсальной модели плавучей солнечной электростанции мощностью 5 кВт в естественных и искусственных водоемах

Разработка токопровода с полимерно-газовой изоляцией на напряжение 35 кВ для передачи электроэнергии оффшорных ветроустановок

Создание центра компетенций «Распределенная и возобновляемая энергетика»

приоритет2030[^]

лидерами становятся

Реализация стратегического проекта - 2022



Разработана программа профессиональной переподготовки:

Распределенная генерация на базе возобновляемых источников энергии

ФГОС 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Начало 18 апреля 2022 г., окончание 31 августа 2022 г.

АО НПО ВЭИ Электроизоляция



НПО ЭЛЕКТРО принимает участие в стратегическом проекте по направлению реализации направления изоляционных материалов для распределенной энергетики



Основные направления взаимодействия:

Предоставление специалистам МЭИ производственной площадки для отработки технологических процессов получения нового вида изоляционной конструкции

Обмен опытом научных специалистов МЭИ и производственного и прочего технического персонала НПО ЭЛЕКТРО

Представитель НПО ЭЛЕКТРО – Генеральный директор Кудрявцев Игорь Евгеньевич

приоритет2030^

лидерами становятся

Спасибо за внимание!



Руководитель Стратегического проекта,

к.т.н., директор Учебно-научного центра МЭИ

+7 495 362-74-26

KovalevDml@mpei.ru