



---

## СРАВНИТЕЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТРОИЗОЛАЦИОННИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ НА ПОЛИМЕРНИ МАТЕРИАЛИ ЗА ИЗОЛИРАЩИ ЕЛЕМЕНТИ ЗА КОНТАКТНА МРЕЖА 25 kV, 50Hz

Ирена Божичкова, Здравко Бакалов, Мартин Златков  
[mlenium\\_26@abv.bg](mailto:mlenium_26@abv.bg), [dj\\_marti79@mail.bg](mailto:dj_marti79@mail.bg)

*ВТУ „Тодор Каблешков”,  
София, 1574, ул. "Гео Милев" 158  
БЪЛГАРИЯ*

**Ключови думи:** полимерен изолатор, изследвания, електроизолационни материали, елементи, контактна мрежа, техника на високи напрежения, пропълзващ ток, електрическо поле, изолация, токопроводящи, електропроводими, пробивната напрегнатост, дъгоустойчивост.

**Резюме:** Познанието за електроизолационните свойства на полимерните материали е от съществено значение при конструирането на изолиращи елементи, а също така и за проектиране и изграждане на контактни мрежи. Устойчивостта на пропълзващ ток се оказва критерий за дълготрайността и експлоатационния срок на контактната мрежа. В доклада е направен сравнителен анализ на електроизолационните показатели на няколко вида полимерни материали. При изследването са използвани два метода. Описана е методиката за изпитване на материалите, като резултатите от изпитванията са дадени в табличен вид. Установено е, че дъгоустойчивостта на съответния материал има пряка връзка с устойчивостта на пропълзващ ток. Получените резултати при прилагане на разгледания метод имат сравнителен характер и не е коректно да се разглеждат като абсолютни стойности. Те могат да се използват само като критерий за сравнение на различни полимерни електроизолационни материали (респективно на различни гладки пръчковидни полимерни изолатори) при посочените условия на изпитване.

### **Увод.**

Както е добре известно, полимерните електроизолационни материали притежават високи диелектрични показатели, но много от тях не са достатъчно устойчиви на пропълзващ ток, възникващ под действие на електрическото поле при замърсяване и овлажняване на изолационната повърхност. Пропълзващият ток предизвиква възникване на токопроводящи или ерозионни следи върху електроизолационната повърхност. Способността на полимерните материали да противодействат на образуването на токопроводящи следи при посочените условия характеризира устойчивостта им срещу пропълзващ ток (трекингоустойчивост). В доклада са

представени няколко метода за сравнително изследване на електроизолационните показатели на полимерни материали за изолиращи елементи.

### 1. Материали

При някои материали (политетрафлуоретилен, силиконови материали и отчасти полиетилен) възникват следи от пропълзващ ток, които не са електропроводими. Наричат се ерозионни следи. Устойчивостта на тези материали срещу пропълзващ ток се оценява по ерозионната им устойчивост, т.е. по способността им да противодействат на образуването на ерозионни следи между металните части на изолятора имащи различен потенциал. Обикновено при записването на резултата от изпитването за определяне на устойчивостта на даден материал срещу пропълзващ ток след цифрата, характеризираща този показател на материала съгласно приетия критерий за оценка, се поставя буквата „E“ ако следата е ерозионна. Ако следата е токопроводима, се поставя само цифровата стойност в часове (h). При изследването на електроизолационните качества на полимерните материали освен устойчивостта на пропълзващ ток се контролира и пробивната им напрегнатост и дъгоустойчивостта им. Съвсем резонно възниква въпросът съществува ли някаква зависимост между тези три величини и каква е тя.

### 2. Методика за изпитванията

На база на резултатите от многогодишни изследвания е установено че, за определяне на устойчивостта на пропълзващ ток на полимерните електроизолационни материали и устойчивостта на полимерните изолятори на пропълзващ ток е целесъобразно изследванията да се провеждат при замърсяване на изолационната повърхност с воден разтвор на 10% об. NaCl и 1,5% об. MgCl [2,6]. Замърсяващият разтвор се впръсква в изпитвателната камера под налягане на интервали от 0,2 до 1s в зависимост от нивото на електролита в резервоара. Интензивността на полето между електродите се изчислява с помощта на зависимостта [2,6]:

$$E_n = (U_{\max} * K_{пн}) / l_{\min} \quad , \quad (1).$$

където:

$E_n$  е напрегнатостта на електрическото поле при изпитването, kV/m.

$U_{\max}$  – максимално работно напрежение на полимерния изолатор, Kv;

$l_{\min}$  – минимална дължина на изолационната повърхност, m;

$K_{пн}$  – коефициент на интензивност на електрическото поле при изпитванията ( $K_{пн} = K_p * K_n$ );

$K_p = 2 \div 3,2$  – коефициент, отчитащ кратността на пренапреженето спрямо максималното работно напрежение;

$K_n = E_{\max} / E_{\text{ср}}$  – коефициент отчитащ неравномерността на електрическото поле;

$E_{\max}$  – максимална стойност на напрегнатостта на електрическото поле в зоната между двата изпитвателни електрода, kV/m;

$E_{\text{ср}} = E_n / l_{\min}$  – средна стойност на напрегнатостта на електрическото поле в зоната между двете изпитвателни електрода, kV/m.

### 3. Метод

Получените резултати при прилагане на разгледания метод имат сравнителен характер и не е коректно да се разглеждат като абсолютни стойности. Те могат да се използват само като критерий за сравнение на различни полимерни електроизолационни материали (респективно на различни гладки пръчковидни полимерни изолятори) при

посочените условия на изпитване. Интерес представлява и връзката между устойчивостта на пропъльзвящ ток (трекингоустойчивост) и дълготрайността на полимерния изолиращ елемент. Резултатите от проведени изпитвания са показали, че е необходимо устойчивостта на пропъльзвящ ток на полимерните изолатори да бъде минимум 200h, за да се постигне дълготрайност не по-малка от 10 години. От табл.1 се вижда, че на тези изисквания отговарят само изолаторите с трекингозащитна обвивка от силиконова гума или от политетрафлуоретилен. За определяне на дълготрайността на даден полимерен изолатор може да се използва корелационна зависимост между устойчивостта на пропъльзвящ ток на трекингозащитната обвивка на изолатора T и неговата дълготрайност в години [6]:

$$t = k_1 * T * e^{k_2 T}, \quad (2)$$

където:

t - дълготрайност на изолатора, години;

T – устойчивост на на пропъльзвящ ток на трекингозащитната обвивка на изолатора, h;

k1 и k2 – корелационни коефициенти;

k1 > 0

k2 < 0.

Установено е, че за метеорологичните условия на българските железници

k1=0,0446, а k2=0,00057 [2,6]

За определяне на пробивната напрегнатост Eпр, устойчивостта на ропъльзвящ ток T и дъгоустойчивостта са използвани методи заложи в нормативната база [1, 2, 3].

За да се даде отговор на поставения по-горе въпрос за връзката между трите величини са проведени изследвания с 5 различни полимерни електроизолационни материала, резултатите от които са приведени в табличен вид в табл.1.

*Таблица 1. Изследвания с пет различни полимерни електроизолационни материала.*

№	Наименование на изпитвания материал	E пр кV/mm	τ,h	дъгоустойчивост метод "А" ΔtΔ, s	дъгоустойчивост метод "Б" ΔtΔ, s
1	Стъклотекстолит със свързващо вещество епоксидна смола АП2, втвърдяване при 80°С	17,499	0,985	14,5	20,9
2	Стъклотекстолит със свързващо вещество епоксидна смола АП2, втвърдяване при 24°С	20,101	1,120	14,6	20,10
3	Стъклотекстолит ЕП1 на база епаксидна смола,горещо пресоване при температура 100°С	23,299	1,650	14,7	20,11
4	Силиконова гума	20,099	>200	14,8	20,12
5	Политетрафлуоретилен (тефлон)	26,297	>350	14,9	20,13

#### 4. Изводи:

Анализът на получените резултати позволява да се направят следните изводи:

1. Между пробивната напрегнатост и устойчивостта на пропъльзвящ ток на полимерните електроизолационни материали не е установена корелационна зависимост.
2. Електроизолационните материали с по-висока дъгоустойчивост притежават и по-висока устойчивост на пропъльзвящ ток.
3. От изследваните електроизолационни материали само силиконовите материали и политетрафлуоретиленът притежават необходимата устойчивост на пропъльзвящ ток над 200h.

### **Литература:**

- [1] Бакалов, З, С, Исследования БДЖ по применению полимерных материалов в конструкциях контактной сети. Бюлетень осжд, Варшава, 1980, №1, стр, 8-11, (руски, немски, китайски).
- [2] Бакалов, З, С, Приложение на полимерни електроизолационни елементи в контактната мрежа на „БДЖ“, автореферат на дисертация, снс по електротехника при ВАК, София, 1995г.
- [3] Бакалов, З, С, Приложение на полимерни изолатори в контактните мрежи. Сборни доклади „Транстех’94. Българо-Македонски дни на нучнотехническо партньорство по транспортна техника, Благоевград, 1994, стр. 5-10.
- [4] Бакалов, З, С. И. Миленов, Г. Павлов, Г.Димитров, Ч. Джамбазки, А.Семизоров. Подобряване на учебнотехническата база по стационарни съоръжения във ВТУ „Тодор Каблешков“. XLV научна конференция с международно участие „Транспорт 2004“, София 2004, стр. 407-410.
- [5] Потапов, В.Д, Ю.И. Горошков, А.М. Лукьянов, З.С. Бакалов, Л.Г. Помаков. Полимерны материалы в устройствах контактной сети. М., Транспорт, 1988.
- [6] Бакалов, З.С, Определяне на устойчивостта на пропълзващ ток и ерозионната устойчивост на полимерни електроизолационни материали и гладки пръчковидни полимерни изолатори, сп. „Електротехника и електроника“, бр.9-10, 2005г. София, стр 63-66.

## **COMPARATIVE EXPLORATION OF ELECTRICAL INSULATING INDICATORS OF POLYMER MATERIALS FOR INSULATING ELEMENTS FOR CONTACT NETWORK 25 kV, 50 Hz**

**Irena Bozhichkova, Zdravko Bakalov, Martin Zlatkov**  
[Milenium\\_26@abv.bg](mailto:Milenium_26@abv.bg), [dj\\_marti79@mail.bg](mailto:dj_marti79@mail.bg)

*Todor Kableshkov University of Transport,*  
*Sofia, 1574, ul. "Geo Milev" 158*  
**BULGARIA**

**Key words:** *polymer insulator, tests, electrical insulating materials, contact network, high voltage technique, creeping current, electric field, isolation, conductive, electrically conductive, breakthrough, arc resistance.*

**Abstract:** *Knowledge of the electro-insulating properties of polymeric materials is essential in the design of insulating elements, as well as in the design and construction of contact nets. Resistance to cracking current is a criterion for the durability and service life of the contact network. In the report a comparative analysis of the electrical isolation indicators of several types of polymeric materials was made. Two methods were used in the study. Test results are tabulated. It has been found that the deaf resistance of the material in question has a direct relation to the buckling resistance. The results obtained in the application of the method examined are comparative and not correct to be regarded as absolute values.*