

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКАТА ЯКОСТ И ДИЕЛЕКТРИЧНИТЕ ЗАГУБИ НА ГЛАВНА ИЗОЛАЦИЯ ОТ CONDUCTOFOL 2159

**Константин Тричков, Константин Костов**

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски" 1700 София

**РЕЗЮМЕ.** Извършено е експериментално изследване за определяне на електрическата якост и диелектричните загуби на главна изолация от Conductofol 2159, производство на фирма Isovolta – Австрия, използван при производство и ремонт на секции за високоволтови асинхронни двигатели. Изпитанията на активните части на 8 броя образци са проведени във високоволтова изпитателна лаборатория на Елпром ЗЕМ, гр. София.

### INVESTIGATION OF ELECTRICAL STRENGTH AND DIELECTRIC LOSS OF MAIN ISOLATION OF CONDUCTOFOL 2159

**Konstantin Trichkov, Konstantin Kostov**

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

**ABSTRACT.** An experimental investigation is performed to determine the electrical strength and dielectric loss of main insulation, made of Conductofol 2159, manufactured by ISOVOLTA, Austria. This material is used in the production and repair of high-voltage induction motor coils. The tests of the active parts of eight samples were conducted in the high-voltage testing laboratory of ELPROM – ZEM, Sofia.

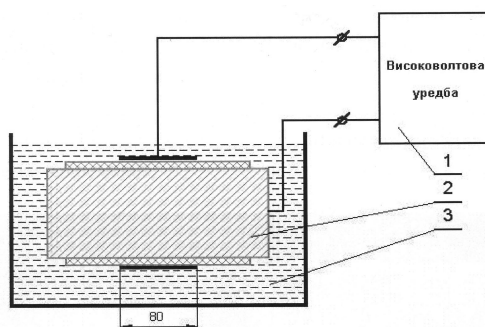
Проведени са експериментални изследвания за определяне на електрическата якост и диелектричните загуби на главна изолация от Conductofol 2159 [1, 2] на 8 броя образци на активните части на секции за високоволтови асинхронни двигатели. Активните части на образците представляват сноп изолирани проводници тип ПСД – F с размери (1,8 x 5,0) mm. Всички образци са с еднакви размери, но с различна дебелина на изолацията и различен температурен режим на обработка.

Таблица 1

№ на образца	1	2	3	4	5	6	7	8
Дебел.на изолацията d [mm]	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5
Брой навивки Conductofol	12	12	18	18	25	25	31	31
Температура на обработка [°C]	120	160	120	160	120	160	120	160

### Измерване на пробивното напрежение, определяне на електрическата якост на главна изолация от Conductofol 2159

Пробивното напрежение и ел.якост са основни характеристика на всеки електроизолационен материал. Съгласно БДС 2324-83 [3], пробивното напрежение на образците и измерено посредством опитна постановка, показана фиг. 1.



Фиг. 1. Опитна постановка за изпитване на пробивно електрическо напрежение

където: 1 – Високоволтова уредба тип WPT 4,4/100-6RT 6/120;

2 – Изпитван образец;

3 – Трансформаторно масло с електрическа якост  $E_M > 250$  kV/mm

На база получените резултати за пробивното напрежение е изчислена електрическата якост по формулата:

$$E = \frac{U_{np}}{H_s}, \text{ kV/mm}$$

където:  $H_s$  – дебелина на изолацията, mm

В таблица 2 са показани резултатите от измерване на пробивното напрежение  $U_{np}$  и изчислената електрическа якост  $E$  за осемте броя образци на активни части на секции, изолирани с Conductofol 2159.

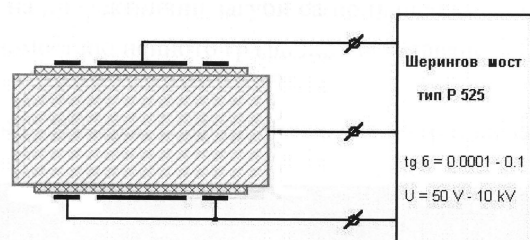
Таблица 2

Образец №	1	2	3	4	5	6	7	8
$U_{np}$ [kV]	76	82	112	>120	>120	>120	>120	>120
$E_{np}$ [kV]	76	82	74,7	>80	>70	>70	>70	>70

От получените резултати е видно, че електрическата якост на материала Conductofol 2159 е сравнително висока. Това се дължи на високата електрическа якост на фолиото от полиетилентерафталат (над 110 kV/mm) и високият му процент в състава на Conductofol 2159 (над 35%). Това е и причината при част от образците да не настъпи пробив до изпитвателно напрежение от 120 kV. Вижда се, че при образците, термично обработени при 160°C, ел.якост е по висока. Това се дължи на по-доброто уплътняване на материала и по-добрата термична формовка. Може да се заключи също, че при по-малките дебелини на положената изолация, времето е достатъчно за добра термична обработка.

### Измерване на диелектричните загуби tgδ

Съгласно БДС 6727-83, коефициентът на диелектричните загуби tgδ се определя посредством питна постановка показана на фиг. 2. Предварително образците се подготвят като им се поставят електроди от алуминиево фолио [4].



Фиг. 2. Опитна постановка за измерване на коефициента на диелектричните загуби tgδ

Измерванията са извършени с Шерингов мост тип Р 525. Коефициентът tgδ е измерен при няколко различни напрежения в диапазона 1000 – 6000 V и честота 50 Hz.

В таблица 3 са показани резултатите от измерването на коефициентите на диелектричните загуби tgδ. 10<sup>-3</sup>.

Таблица 3

Образец №	1	2	3	4	5	6	7	8
$U_z = 1000[V]$	63,8	63,2	64,6	64	65,3	64,7	66,4	65,8
$U_z = 2000[V]$	64,1	63,6	65,5	64,7	66,4	65,2	68,5	67,3
$U_z = 4000[V]$	65,4	64,4	66,7	66,5	67,6	66,9	70,3	69,1
$U_z = 6000[V]$	66,7	65,8	68,2	67,4	68,4	68,2	72,0	71,4

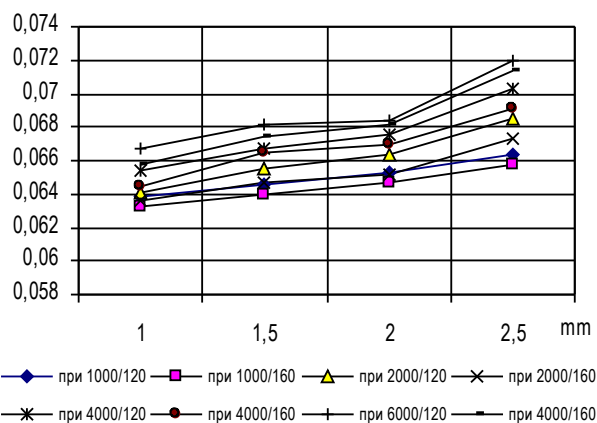
В таблица 4 и с графично представяне са показани резултатите от изследванията на зависимостта на tgδ от дебелината на изолацията при различно напрежение и температури на обработка. Опитните образци с номера 1, 3, 5 и 7 получават номера от 1 до 4, при термична обработка на изолацията 120°C. Образците с номера 2, 4,

6 и 8 също получават номера от 1 до 4, но са обработени при температура 160°C. По този начин сравнително лесно се анализират резултатите за образци, изработени при различни температури.

Таблица 4

$U_{изп}$ [V]	$T_{изр}$ [°C]	Дебелина на изолацията [mm]			
		1	1,5	2	2,5
1000	120	0,0638	0,0646	0,0653	0,0664
	160	0,0632	0,064	0,0647	0,0658
2000	120	0,0641	0,0655	0,0664	0,0685
	160	0,0636	0,0647	0,0652	0,0673
4000	120	0,0654	0,0667	0,0676	0,0703
	160	0,0644	0,0665	0,0669	0,0691
6000	120	0,0667	0,0682	0,0684	0,072
	160	0,0658	0,0674	0,0682	0,0714

Измерен коефициент на диелектричните загуби



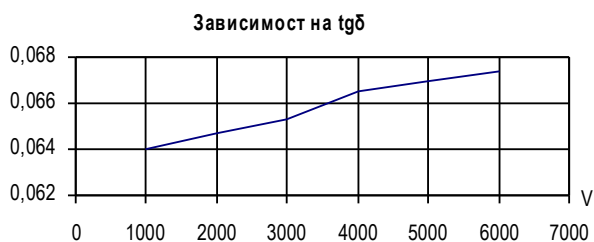
Анализът на получените графики показва известно разминаване на опорните точки, дължащо се както на грешки в измерванията, така и на голямото влияние на повърхностните загуби в изолационната система. Независимо от това, общите тенденции са ясно забележими, а именно:

- с нарастване на дебелината на изолацията се повишава (макар и в малка степен) tgδ.
- по-нисък коефициент tgδ се получава при образците обработени при по-висока температура. Навсякъде изолацията, обработени при 160°C са с по-нисък tgδ от тези, обработени при 120°C.

Ясно е изразена зависимостта на tgδ от изпитвателното напрежение. Видно е, че при високите изпитвателни напрежения, диелектричните загуби растат. В таблицата 5 и с графично представяне е показана тази зависимост за образца с дебелина на изолацията 1,5 mm, обработена при температура 160°C.

Таблица 5

Изпитвателно напрежение [V]	1000	2000	4000	6000
Коефициент tgδ	0,064	0,0647	0,0665	0,0674



## Заклучение

Като цяло резултатите от експерименталното изследване на електрическата якост и диелектричните загуби потвърждават предварителните разчети от конструктивно-технологичната разработка на изолационната система изработена с Conductofol 2159. Важните изводи, които могат да се направят са следните:

- Електрическата якост на изолационната система е сравнително висока. За сравнение с други изолационни системи, при които пробивната напрегнатост не надминава 50 kV/mm, при изолационната система с Conductofol 2159e минимум с 40% по-висока.

- Параметрите на изолационната система с Conductofol 2159 слабо зависят от режимите на обработка на

изолацията. Това се дължи на голямото съдържание на PET-фолио в материала, а фолиото практически не се променя при термичната обработка. Разликите, които все пак са на лице се обясняват с полимеризацията на свързващото вещество в слюденивата хартия от една страна, и на различната евакуация на въздушните включения от друга. Влияние оказва също и евентуалното замърсяване на изолацията през време на обработката. Това се отнася с голяма сила за повърхностните загуби, поради което по време на работа трябва да се спазва висока чистота на манипулациите.

- Сравнително не много добрия коефициент на диелектричните загуби се дължи предимно на повърхностните загуби. За нуждите на електрическите машини обаче стойностите са достатъчно ниски и практически са съизмерими с tgδ на изолационни системи от други материали. По литературни и проспектни данни последните се движат от 0,02 до 0,08 (Calmikaglas 2005 – 0,02).

## Литература

1. Каталогни данни и разработки на фирмата ISOVOLTA, Австрия.
2. Каталогни данни за Conductofol 2159.
3. БДС 2324-83.
4. БДС 6727-83

Препоръчана за публикуване от  
Катедра "Електротехника", МЕМФ