

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ СЪПРОТИВЛЕНИЯ 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 специфичното обемно и повърхностно съпротивление на главна изолация от Conductofol 2159, производство на фирмата 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 изпитвателна лаборатория на ЕЛПРОМ – ЗЕМ, гр. София.

INVESTIGATION OF ELECTRICAL RESISTANCES OF MAIN INSULATION MADE 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 volume and surface resistivity 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 обемните и повърхностни съпротивления на главна изолация от Conductofol 2159 [1, 2] на 8 броя образци. Образците представляват сноп изолирани проводници тип ПСД – F с размери (18 x 50) mm. По височина на сечението има 11 проводника, а по ширина – 2 проводника (фиг. 1). Всички образци са с еднакви размери, но с различна дебелина на изолацията и различна температура на обработка (табл. 1).

Таблица 1

Дебелина на изолацията на образците [mm]

№ 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

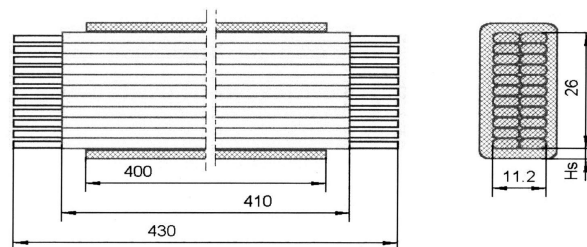
Измерване на специфичното обемно съпротивление на главна изолация от Conductofol 2159

Съгласно БДС 6728/82 [3], специфичното обемно съпротивление ρ_v на образците е измерено посредством опитна постановка, показана на фиг. 2, където 1 – екраниращи електроди от алуминиево фолио; 2 – измерителен електрод; 3 – слюденитова изолация от Conductofol 2159 – производство на фирма ISOVOLTA – Австрия; 4 – съставно електропроводящо жило.

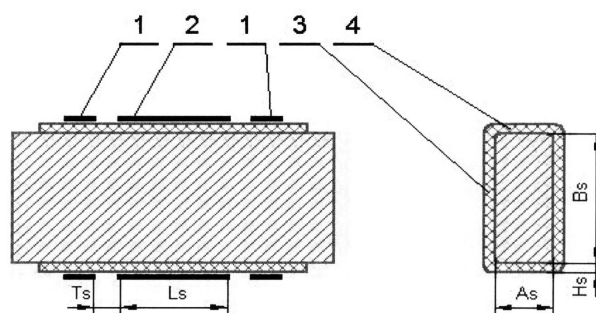
Означените с букви размери са следните:

$$L_s = 80 \text{ mm}; T_s = 3 \text{ mm}; A_s = 11,2 \text{ mm};$$

$$B_s = 25,8 \text{ mm}; H_s = d = 1,00 \div 2,5 \text{ mm}$$



Фиг. 1. Размери на опитния образец



Фиг. 2. Подготовка на образца за измерване на специфичното обемно съпротивление

За елиминиране на тока от повърхностната електропроводимост, екраниращите електроди се свързват към маса.

В таблица 2 са показани резултатите от измерване на обемно съпротивление R_V и изчисленото специфично обемно съпротивление ρ_V .

$$\rho_V = \frac{R_V S_r}{H_s},$$

където: S_r - площ на обемното съпротивление;

$$S_r = L_s(2A_s + 2B_s + \pi H_s)$$

Таблица 2
Резултати от измерването на специфичното съпротивление

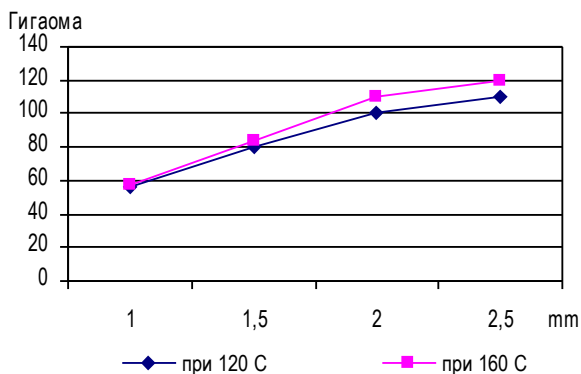
Образец №	1	2	3	4	5	6	7	8
$S_r [cm^2]$	61,7	61,7	63	63	64,2	64,2	65,5	65,5
$R_V [G\Omega]$	56	58	80	84	100	110	110	120
$\rho_V [G\Omega \cdot m]$	346	358	336	353	321	353	288	314

За анализ на получените резултати, на фиг. 3 и фиг. 4 са показани стойностите на R_V и ρ_V , при различна дебелина на изолацията и различна температура на обработка.

От графиката на фиг. 3 се вижда, че двете криви са близки, като R_V на образците с изолация обработена при 160°C е с малко по-висока стойност. Това е в резултат на по-доброто формоване на главната изолация при по-висока температура. Както може да се очаква, R_V нараства пропорционално с нарастване на дебелината на изолацията. Леко отклонение се забелязва, при по-големите дебелини на изолацията, което може да се обясни с недостатъчното време за топлинна обработка и недоброто пресоване.

Анализът на резултатите за специфичните обемни съпротивления (фиг. 4), са аналогични с тези, получени при измерване на обемните съпротивления.

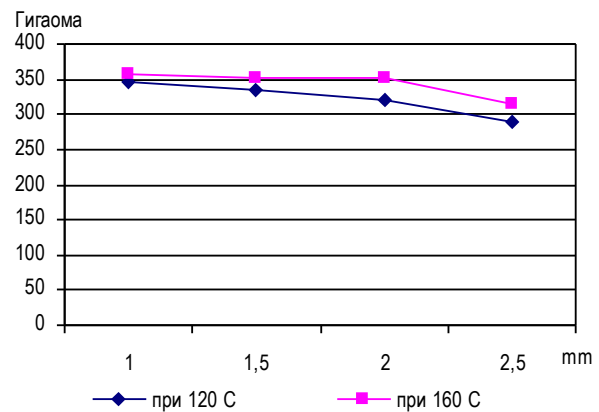
Дебелина на изолацията d [mm]	1	1,5	2	2,5
$R_V [G\Omega]$ при 120 °C	56	80	100	110
$R_V [G\Omega]$ при 160 °C	58	84	110	120



Фиг. 3. Измерено обемно съпротивление при различна дебелина на изолацията

Дебелина на изолацията d [mm]	1	1,5	2	2,5
-------------------------------	---	-----	---	-----

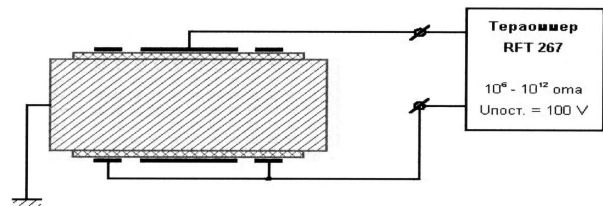
$\rho_V [G\Omega \cdot m]$ при 120 °C	346	336	321	288
$\rho_V [G\Omega \cdot m]$ при 160 °C	358	353	353	314



Фиг. 4. Специфично обемно съпротивление при различни дебелини на изолацията

Измерване на специфичните повърхностни съпротивления на главна изолация от Conductofol 2159

За определяне на специфичните повърхностни съпротивления ρ_s съгласно БДС 6728/82[3] е използвана опитна постановка, показана на фиг. 5. Предварителната подготовка на образците е извършена с алуминиево фолио, съгласно фиг. 2.



Фиг. 5. Опитна постановка за измерване на специфичното повърхностно съпротивление

За елиминирание на тока на обемната проводимост, тоководящото жило се свързва към маса, а съпротивлението се измерва между измерителния електрод и екраниращите електроди. Резултатите от проведеното измерване са показани в Таблица 3

Специфичното повърхностно съпротивление ρ_s е изчислено по формулата

$$\rho_s = \frac{R_s L_r}{T_s},$$

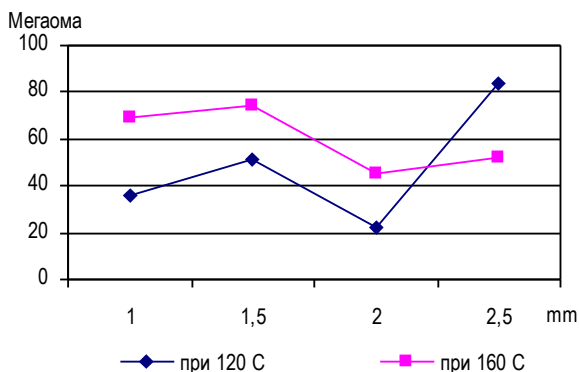
където: $L_r = 2(A_s + B_s + \pi H_s)$ - ефективна ширина на проводимостта

Таблица 3
Резултати от измерването на специфично повърхностно съпротивление

Образец №	1	2	3	4	5	6	7	8
$L_r [mm]$	80	80	83	83	86,2	86,2	89,3	89,3
$R_s [M\Omega]$	36	69	51	74	22	45	84	52
$\rho_s [M\Omega]$	960	1840	1410	2050	632	1290	2500	1550

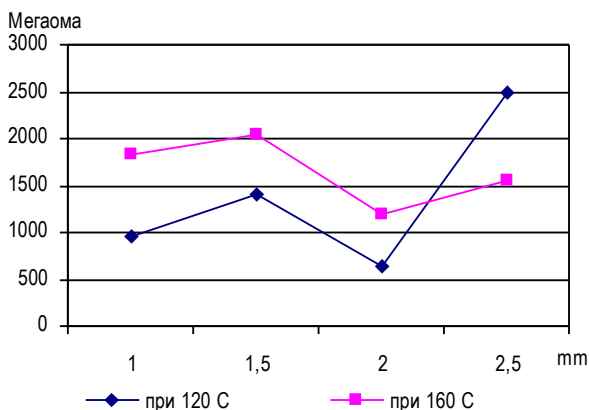
На фиг. 6 и фиг. 7 са показани стойностите и графично представяне на измереното специфично съпротивление R_s и специфичното повърхностно съпротивление ρ_s при различна дебелина на изолацията и различна температура на обработка.

Дебелина на изолацията d [mm]	1	1,5	2	2,5
R_s [M Ω] при 120 °C	36	51	22	84
R_s [M Ω] при 160 °C	69	74	45	52



Фиг. 6. Измерено повърхностно съпротивление при различни дебелини на изолацията

Дебелина на изолацията d [mm]	1	1,5	2	2,5
ρ_s [M Ω] при 120 °C	960	1410	632	2500
ρ_s [M Ω] при 160 °C	1840	2050	1200	1550

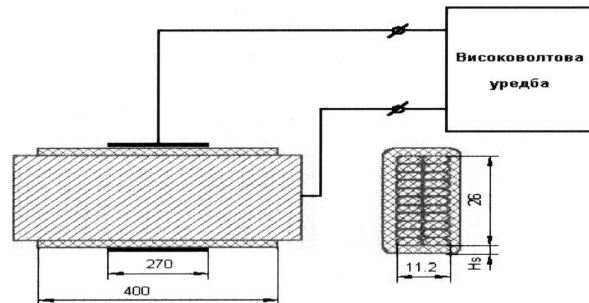


Фиг.7. Специфично повърхностно съпротивление при различни дебелини на изолацията

Прави впечатление твърде големите отклонения при отделните измервания. Това може да се дължи на силната зависимост на R_s от моментното състояние и чистотата на изследваните повърхности. Получените данни обаче са достатъчно достоверни за оценка на областта в която се разполагат стойностите на R_s .

Анализирайки формата на кривите може да се заключи, че няма явно изразена зависимост на R_s от дебелината на изолацията и температурата на обработка. Изводите направени за измереното R_s са в сила и за специфичното повърхностно съпротивление ρ_s .

За сравнение на двата вида съпротивления R_V и R_S , е извършено изчисление на обемния ток I_V и повърхностния ток - I_S , при приложено постоянно изпитвателно напрежение на изолацията - 20 000 V (фиг. 8). При направеното изследване, размерите A_s и B_s се запазват, съгласно фиг. 2, а са променени размерите на електродите, както следва: $L_s = 270\text{ mm}$ и $T_s = 65\text{ mm}$.



Фиг. 8. Опитна постановка за изчисляване на обемния и повърхностен ток през изолацията

$$\text{- Обемн ток } I_V = \frac{U_{изп}}{R_V} = 0,81 \cdot 10^{-6} \text{ A},$$

$$\text{където: } R_V = \frac{\rho_V H_s}{S_r} = 24,1 \cdot 10^9 \Omega$$

$$\rho_V = 350 \cdot 10^9 \Omega \text{ m - усреднена стойност на } \rho_V.$$

$$\text{- Повърхностен ток } I_S = \frac{U_{изп}}{R_S} = 25,7 \cdot 10^{-6} \text{ A},$$

$$\text{където: } R_S = \frac{\rho_s T_s}{L_r} = 0,778 \cdot 10^9 \Omega$$

$$\rho_s = 2000 \cdot 10^6 \Omega \text{ m - усреднена стойност на } \rho_s.$$

Видно е, че получената стойност на повърхностния ток I_S е с повече от един порядък по-голям от този на обемния ток I_V . Обяснението на този факт се крие в конструкцията на материала Conductofol 2159, който се състои от слой слюденитова хартия, облепена от двете страни с фолио от полиетилентерафталат (PET-фолио). Независимо от многото предимства, фолиите от полиетилентерафталат имат и недостатъка да са склонни към повърхностен разряд. Поради тази причина токът I_S при тази изолационна система е значително по-голям от тока I_V .

По-големия повърхностен ток I_S не представлява недостатък, а само факт с който трябва да бъде съобразена конструкцията на изолационната система. В тази връзка получената стойност на R_S е с един порядък по-висока от нормативите за този клас електрически машини.

Литература

1. Каталогни данни и разработки на фирмата ISOVOLTA, Австрия.
2. Каталогни данни за Conductofol 2159.
3. Стандарт за изпитване на съпротивления БДС 6728/82.