

# PROTEGGIAMOCI DALLA CORROSIONE, UN NEMICO DAI MILLE VOLTI



# **CALCOLO DELLA CORRENTE DISPERSA E DEL VALORE CAPACITIVO DEL GIUNTO DIELETTICO**

**C. RUPPI - ALFA ENGINEERING**

# L'ARGOMENTO DI DISCUSSIONE

Come produttori di giunti isolanti monolitici, abbiamo osservato una mancanza di linee guida internazionali relative a:

- criteri di accettabilità per i controlli elettrici
- risultati realistici attesi dalle prove di rigidità dielettrica



V d.c. (laboratory) Electrical resistance test	V a.c. (laboratory) Dielectric strength test	V a.c. (field before the installation) Electrical resistance test
Electrical test: 1 000 V d.c. for class 1 isolating joint and 500 V d.c. for class 2 isolating joint Resistance test: $\geq 20 \text{ M}\Omega$	Electrical test: For class 1 isolating joint: 2 500 V a.c. r.m.s. per 60 s – no internal or external short circuit For class 2 isolating joint: 1 500 V a.c. r.m.s. per 60 s – no internal or external short circuit	Electrical test: 1 000 V a.c. for class 1 isolating joint and 500 V a.c. for class 2 isolating joint Resistance test: $\geq 5 \text{ M}\Omega$
The isolating joints are classified in 2 categories according to testing with a.c. 50 Hz voltage for 10 s as below: <ul style="list-style-type: none"> <li>— class 1: between 2,5 kV and 5 kV r.m.s.;</li> <li>— class 2: below 2,5 kV r.m.s.</li> </ul>		

Lo standard internazionale comunemente seguito: normativa ISO 15589-1 - Allegato F, non è percepito come un criterio di accettabilità ben strutturato per determinare l'efficienza del giunto isolante dal punto di vista elettrico.

La conseguenza di questa mancanza di linee guida dettagliate: gli EPC Contractor o gli Utilizzatori Finali hanno apportato le loro modifiche ai requisiti minimi della normativa ISO 15589-1. Essi stabiliscono un valore generale di massima corrente dispersa accettabile durante la prova di rigidità dielettrica.

## 9.12 DIELECTRIC STRENGTH TESTING

After the completion of hydrostatic and leak testing, all MIJs shall be subjected to dielectric strength testing by applying an AC sinusoidal current at 5000V, 50Hz for a period of 5 minutes.

The voltage shall be applied gradually, starting from an initial value not exceeding 1200V increasing to 5000V in a time not longer than 10 seconds and shall be maintained at peak value for the duration specified above. The leakage current shall be 5 milli-amperes maximum. The test is acceptable if no breakdown of the insulation or surface arcing occurs during the test.

5. After completion of hydrostatic and leak testing, all Isolation Joints shall be subjected to electrical testing at 5000V ac, 50Hz for a period of 1 minute (leakage current shall be 5 milli-amperes maximum). Following this test the joints shall be stored for 48 hours at temperature between 20 °C and 25 °C and relative humidity of at least 93%.

The isolation test shall comprise:

- A minimum voltage of 5000 V shall be applied across the joint, using a voltage of substantially sine waveform at a frequency of 50 Hz, for at least five minutes, leakage current not to exceed 5 mA; and,
- No flashover or breakdown shall occur during the isolation test.

La fonte originale di questo requisito è attualmente sconosciuta all'autore.

# LO SCOPO

Il valore effettivo di corrente dispersa misurato in fabbrica durante il test di rigidità dielettrica varia in base a una serie di fattori.

0,4mA



5,5mA



1,6mA



6,4mA



Ci siamo resi conto che il valore assoluto di 5mA non è realistico.  
Senza stabilire un valore di accettabilità realistico e allo stesso tempo soddisfacente, non è possibile verificare l'efficienza isolante del giunto dielettrico.  
Per questo motivo, ci siamo posti l'obiettivo di trovare una soluzione dal punto di vista fisico e matematico.



# LA PROCEDURA SPERIMENTALE

Attraverso l'analisi dei dati, abbiamo osservato che la fluttuazione della corrente dispersa dipende da:

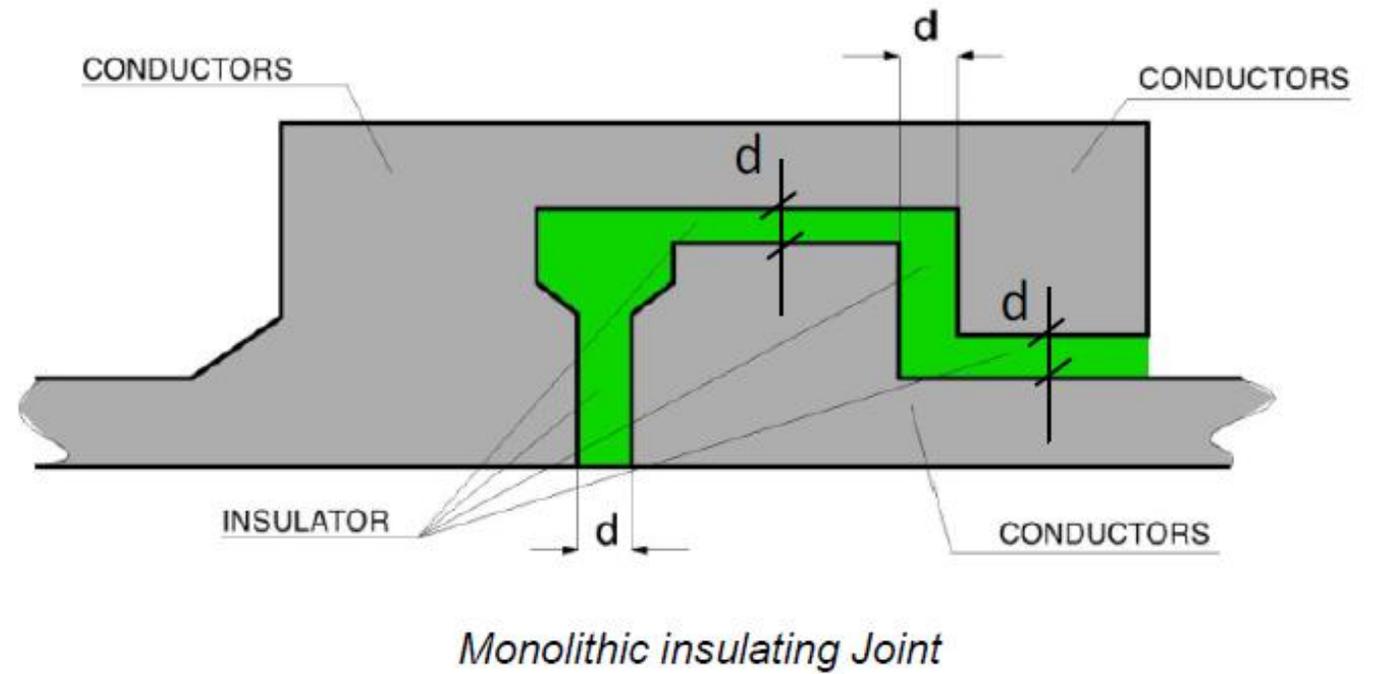
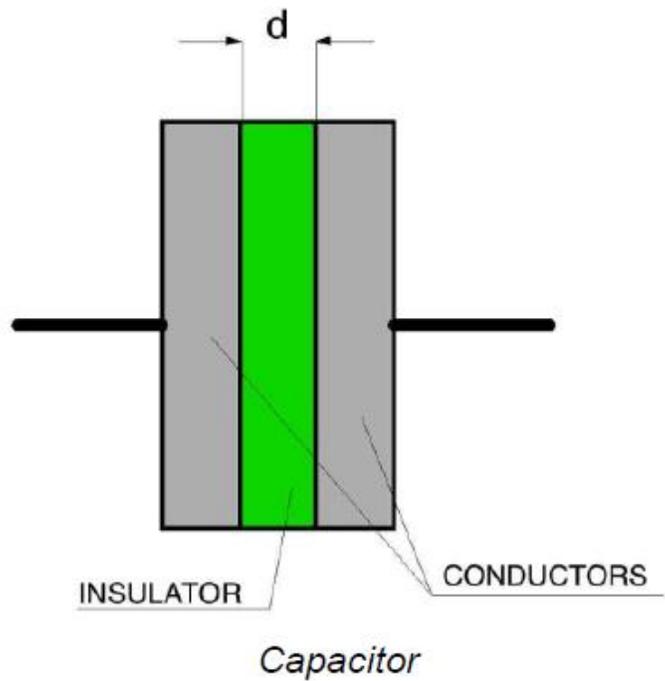
- Misura del DN
- Caratteristiche dimensionali
- Tensione applicata

MIJ Data				
MIJ Ref.	NPS	Insulator	Current	Voltage
	(in)	WT (mm)	Leakage	
AF4628/04/01	4	10	0,4mA	5kV
AF4666/06/01	6	10	0,5mA	5kV
AF4612/06/01	6	10	0,00mA	1,5kV
AF4674/10/01	10	10	0,9mA	5kV
AF4602/14/01	14	10	1,6mA	5kV
AF4655/16/01	16	10	1,9mA	5kV
AF4670/20/01	20	10	2,6mA	5kV
AF4643/24/01	24	10	1,2mA	1,5kV
AF4611/24/01	24	10	4,0mA	5kV
AF4649/36/03	36	10	5,5mA	5kV
AF4649/40/01	40	10	6,4mA	5kV

Abbiamo dedotto che le caratteristiche geometriche del giunto e le proprietà degli elementi isolanti sono direttamente correlate alla corrente che si disperde dal dispositivo quando è sottoposto a una determinata tensione.

Il giunto dielettrico è dotato di superfici metalliche conduttive e di materiale isolante interposto tra queste superfici.

Per questo motivo, è possibile applicare la formula della capacità di un condensatore cilindrico.



La nostra analisi iniziale si è basata sulla formula della capacità (C).

La capacità C è il rapporto tra la quantità di carica q su un conduttore e la differenza di potenziale V tra i conduttori:

$$C = q/V$$

Seguendo la legge di Coulomb (forza elettrica) e la legge di Faraday (campo elettrico), nel nostro caso specifico è possibile esprimere la precedente formula come segue:

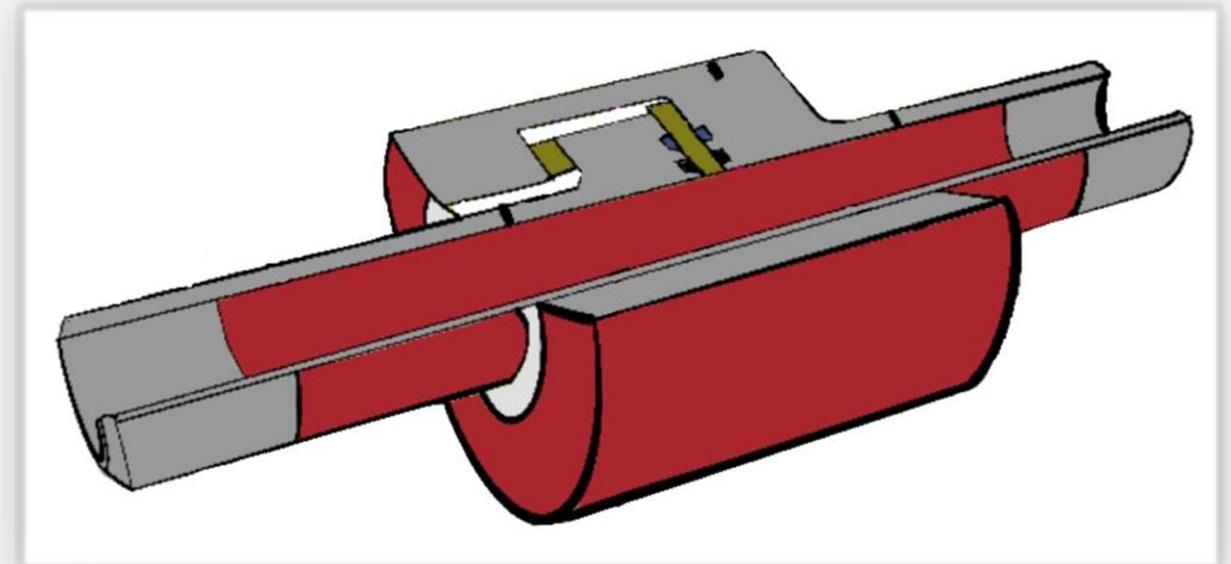
$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

Dove:

$\varepsilon$  = costante dielettrica del materiale isolante

S = superficie dei conduttori dell'MIJ  
(componenti metallici)

D = spessore dell'isolante



$\varepsilon$  è determinata tenendo in considerazione:

- la costante dielettrica dell'anello isolante: 4,7
- la costante dielettrica del riempimento in resina epossidica: 3,8/4,2

Abbiamo deciso di selezionare il valore medio di 4,2 per mantenere un approccio conservativo.

Questo valore deve essere moltiplicato per la costante dielettrica del vuoto:

$$\varepsilon_0 = 8,9 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$$

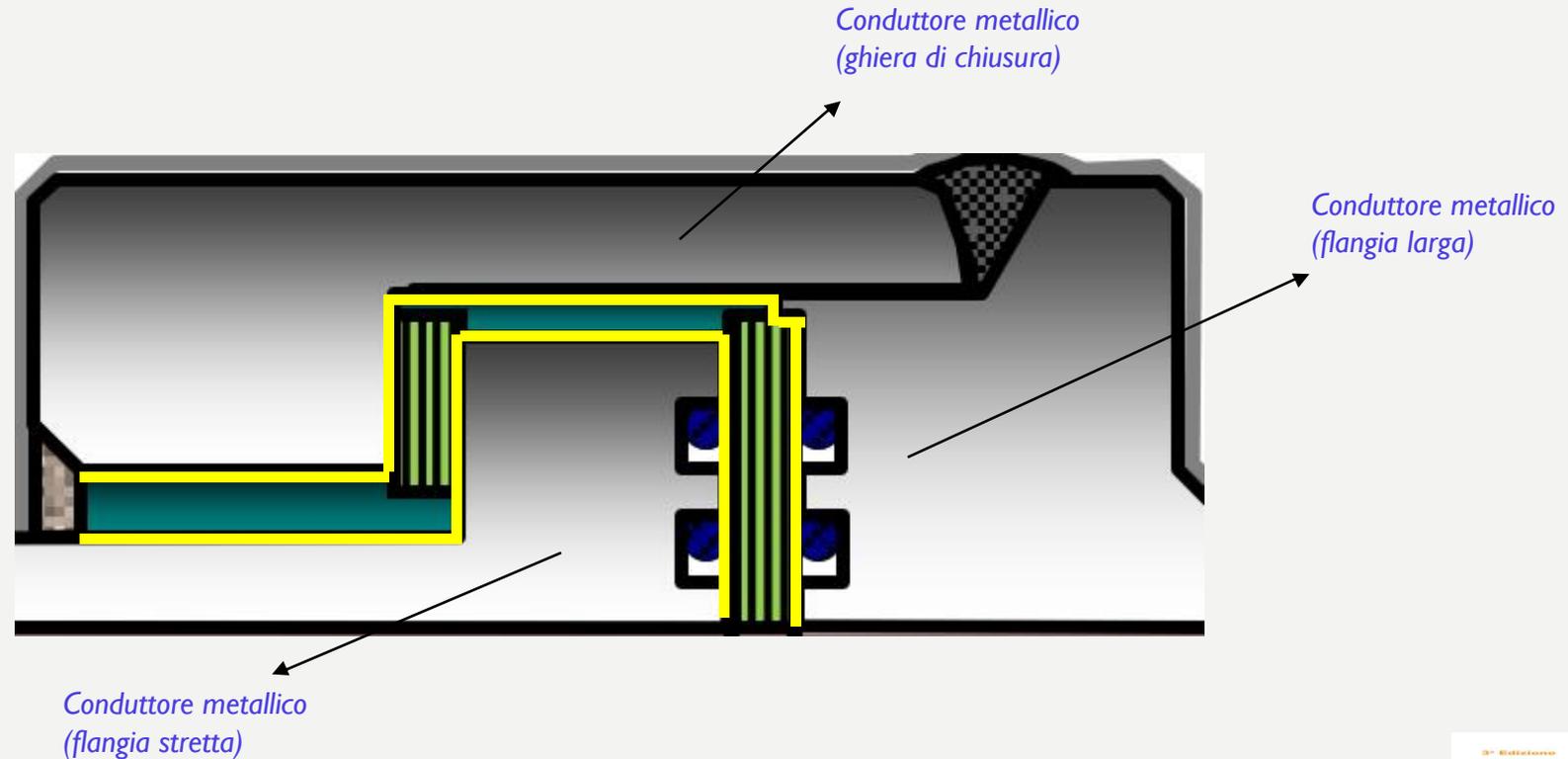
Da tale calcolo otteniamo come risultato:  $3,74 \cdot 10^{-11} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$

Questo valore sarà utilizzato come  $\varepsilon$ : costante dielettrica relativa.



S è determinato a partire dalle caratteristiche dimensionali dei conduttori dell'MIJ (componenti metallici).

Calcolando la differenza tra l'area delle superfici dei conduttori metallici, si ottiene il totale della superficie dei componenti dielettrici (isolante + resina di riempimento).



Conoscendo la capacità del giunto dielettrico, è possibile calcolare la reattanza ( $X_C$ ) attraverso la formula specifica della reattanza capacitiva:  $X_C = 1/(2*\pi*f*C)$   
dove  $f$  sta per frequenza e  $C$  sta per capacità.

In base alle leggi di Ohm, l'intensità di corrente  $i$  è direttamente correlata alla reattanza, di conseguenza è possibile affermare che:

$$i = 2*\pi*f*C*V$$

Nel nostro caso specifico,  $i$  rappresenta il valore di corrente dispersa dal MIJ  
 $f$  è la frequenza applicata (50Hz applicata durante la prova di rigidità dielettrica)  
 $V$  è la tensione applicata (in AC, durante la prova di rigidità dielettrica)

Il nostro studio ha quindi fornito una spiegazione alla diversità di valori di corrente dispersa misurati durante i test dielettrici.



20in IJ testato a 5kV – 5Hz  
Corrente dispersa: 2,6mA



# LA VERIFICA

Per verificare il nostro calcolo, abbiamo calcolato la capacità prevista di tre campioni di MIJ.

Esempio 1: 36" #600

Esempio 2: 24" #600

Esempio 3: 12" #600

MIJ Data										
MIJ Ref.	_B1	_De_S	_De1_L	_Di_P	_Di1_R	_Di2_R	_L1_R	_L1_S	_tis_e	_tis_i
AF4633/36/01	914	994	1010	879	934	1012	150	130	10	10
AF4633/24/02	610	704	720	548	630	721	126	110	10	10
AF4633/12/03	323,9	382	398	289	344	399	82	68	10	10

Dopo la produzione di tali MIJ, abbiamo misurato il valore effettivo della capacità per verificarlo.

36in

Capacità calcolata:

Dielectric Constant (insulator/resin)	$\epsilon =$	4,1595E-11 F/m
Minimum Capacity (expected)		4,80188E-09 F
Maximum Capacity (expected)		5,11476E-09 F

Capacità misurata dopo l'assemblaggio:



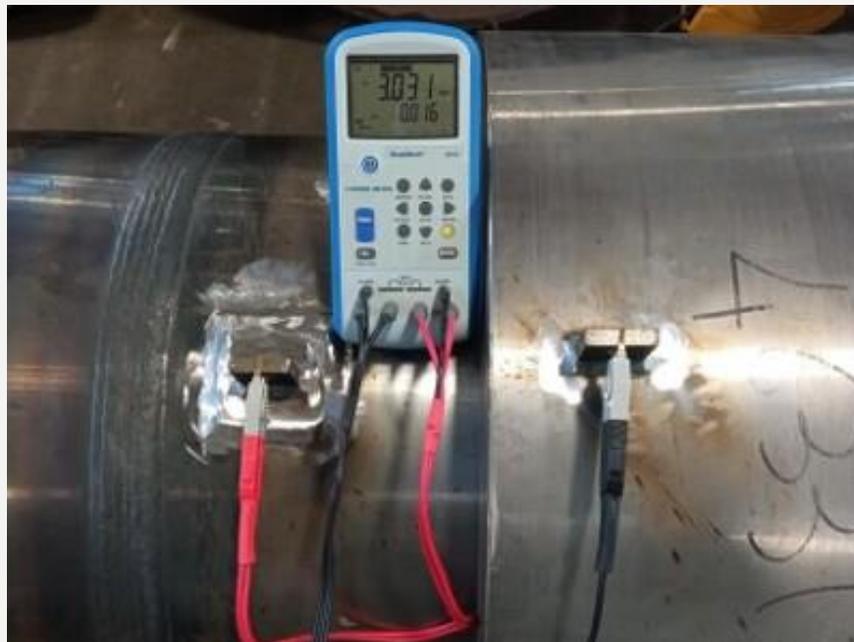
4,75 nF

# 24in

Capacità calcolata:

Dielectric constant (insulator/resin)	$\epsilon =$	4,1595E-11 F/m
Minimum capacity (expected)		3,13759E-09 F
Minimum capacity (expected)		3,37453E-09 F

Capacità misurata dopo l'assemblaggio:



3,03 nF

# I2in

Capacità calcolata:

Dielectric constant (insulator/resin)	$\epsilon =$	4,1595E-11 F/m
Minimum capacity (expected)		1,06668E-09 F
Maximum capacity (expected)		1,20441E-09 F

Capacità misurata dopo l'assemblaggio:



1,07 nF

Sulla base della capacità calcolata, abbiamo calcolato la corrente dispersa prevista.

<b>Current Leakage Data</b>					
MIJ Ref.	OD (mm)	Insulator WT (mm)	Calculated Value of Current Leakage (mA)	Voltage (kV)	
AF4633/36/01	914	10	7,54	5	
AF4633/24/02	610	10	2,65	2,5	
AF4633/12/03	323,9	10	1,51	4	

Anche in questo caso, dopo la produzione di tali MIJ abbiamo misurato il valore effettivo della corrente dispersa per verifica.

36in

Corrente dispersa calcolata:

7,54mA con voltaggio applicato: 5kV

Corrente dispersa misurata dopo l'assemblaggio:



7,3 mA  
(a 5kV – 50 Hz)

24in

Corrente dispersa calcolata:

2,65mA con voltaggio applicato: 2,5kV

Corrente dispersa misurata dopo l'assemblaggio:



2,4 mA  
(a 2,5kV – 50 Hz)

I<sub>2in</sub>

Corrente dispersa calcolata:

1,5 mA con voltaggio applicato: 4kV

Corrente dispersa misurata dopo l'assemblaggio:



1,5 mA  
(a 4kV – 50 Hz)

# CONCLUSIONI

I nostri calcoli sulla capacità e sulla corrente dispersa sono stati verificati e confermati, con fluttuazioni minime all'interno di una tolleranza ragionevole, considerata del  $\pm 10\%$ .

È stato confermato che è possibile stabilire un valore massimo accettabile di corrente dispersa sulla base di:

- caratteristiche dimensionali dell'IJ
- proprietà dielettriche degli elementi isolanti
- requisiti della tensione e della frequenza applicate durante la prova di rigidità dielettrica

per garantire l'efficienza del MIJ da un punto di vista elettrico.



Il calcolo del valore previsto ha il vantaggio di:

- Definire un criterio di accettabilità affidabile per le prove di rigidità dielettrica dopo l'assemblaggio del MIJ
- Rilevare eventuali incongruenze causate da un'errata progettazione o produzione del MIJ
- Fornire dati per analizzare gli effetti delle correnti vaganti sui punti di discontinuità nei sistemi di protezione catodica



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**



**Contatti:**

Tel.: +39 059 904611

Mob.: +39 328 4368951

E-mail: [sales@alfa-eng.net](mailto:sales@alfa-eng.net)

