

CORSO DI
MATERIALI
E
TECNOLOGIE ELETTRICHE

LIQUIDI ISOLANTI

Prof. Giovanni Lupò
Dipartimento di Ingegneria Elettrica
Università di Napoli Federico II
Corso di Laurea in Ingegneria Elettrica – III anno – II semestre
a.a. 2009/10

LIQUIDI PER ISOLAMENTO ELETTRICO.

- oli minerali
- oli di sintesi
 - oli siliconici
 - esteri organici
- gas liquidi (es. azoto)
- sistemi carta/olio

PRINCIPALI VANTAGGI

- autoripristinanti
- a bassa conducibilità
- a bassa permittività per oli
- a basso $\text{tg } \delta$
- occupano tutto lo spazio disponibile
- presentano elevati campo critici rispetto ai gas
- sono adatti per raffreddamento

PRINCIPALI SVANTAGGI

- necessitano di contenitori e supporti ad hoc e di vasche di raccolta
- sono in genere infiammabili e producono gas tossici
- si contaminano con gas e residui
- si contaminano pericolosamente con acqua di condensa

Principali applicazioni

<i>Materiali</i>	<i>Uso normale</i>	<i>Uso sperimentale</i>
Oli minerali	tutti i componenti	-----
Idrocarburi di sintesi	cavi - condensatori	trasformatori
Oli siliconici	trasformatori	condensatori
Esteri organici	condensatori	trasformatori

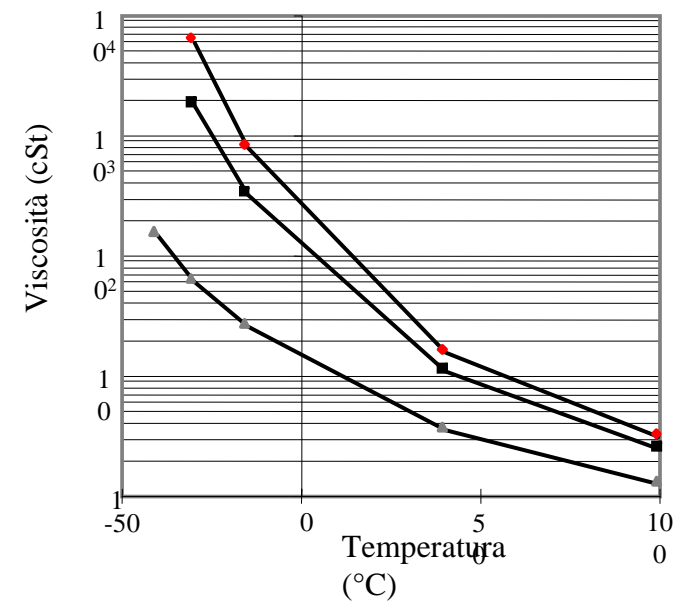
Fra gli idrocarburi alogenati ricordiamo il PCB (Policlorobifenile) il cui uso è vietato (direttiva 96/59/CE) per l' impatto ambientale.

OLI MINERALI

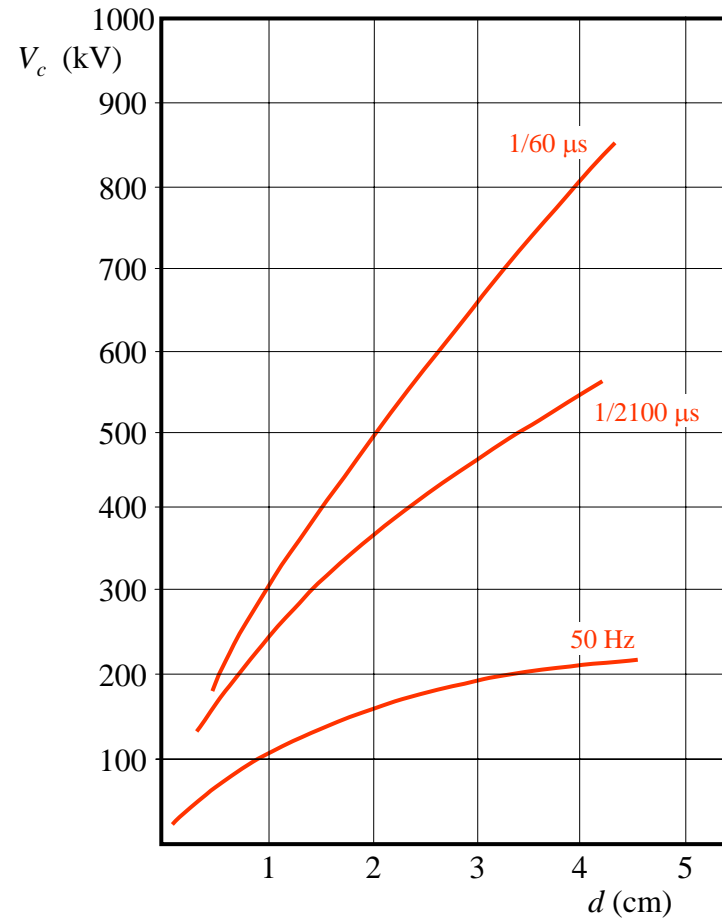
Oli minerali

Derivano dalla distillazione frazionata del petrolio. Le Norme IEC li suddividono in tre classi, adatte per diverse temperature ambientali, che si differenziano per la viscosità ($16,5 \div 3,5 \text{ mm}^2/\text{s}$ a $40 \text{ }^\circ\text{C}$), la densità ($888 \div 872 \text{ g}/\text{dm}^3$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$) ed il punto di rammollimento ($-30 \div -60 \text{ }^\circ\text{C}$).

Oli minerali	
Tensione di scarica ($d=2.5\text{mm}$) (V_b)	70 kV
Tensione di scarica a impulso($d=25\text{mm}$) (V_b)	1540 kV
Costante dielettrica relativa (ϵ_r)	2,5
Fattore di dissipazione ($\text{tg}\delta$)	0.0001
Resistività a $90 \text{ }^\circ\text{C}$	$20 \div 2000 \text{ G}\Omega \text{ m}$



Tensione di scarica



IDROCARBURI DI SINTESI

Si possono avere idrocarburi olefinici e alchil-aromatici. Essi presentano una composizione chimica più semplice rispetto agli oli minerali ed hanno caratteristiche dielettriche migliori.

Idrocarburi di sintesi		
	Olefine	Alchil-benzeni
Tensione di scarica (d=2.5mm) (V_b)	>80 kV	>80 kV
Costante dielettrica relativa (ϵ_r)	2,2	2,1
Fattore di dissipazione ($\text{tg}\delta$)	0.003	0.0001
Resistività a 90 °C		1 TΩ m

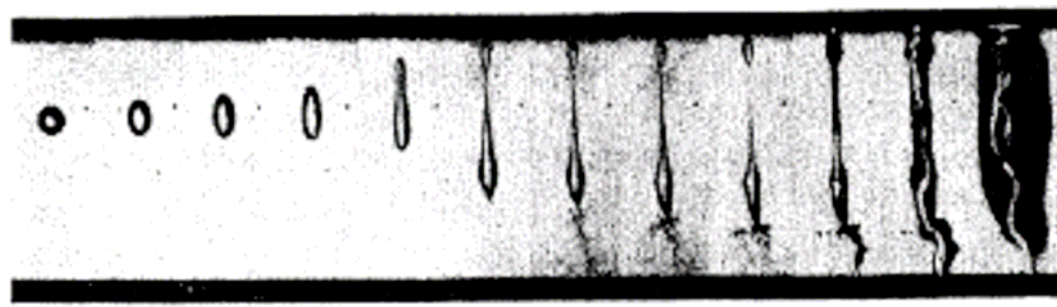
RIGIDITA' DEI LIQUIDI PURI

Valori dei campi critici per alcuni dielettrici liquidi puri utilizzati nelle apparecchiature elettriche

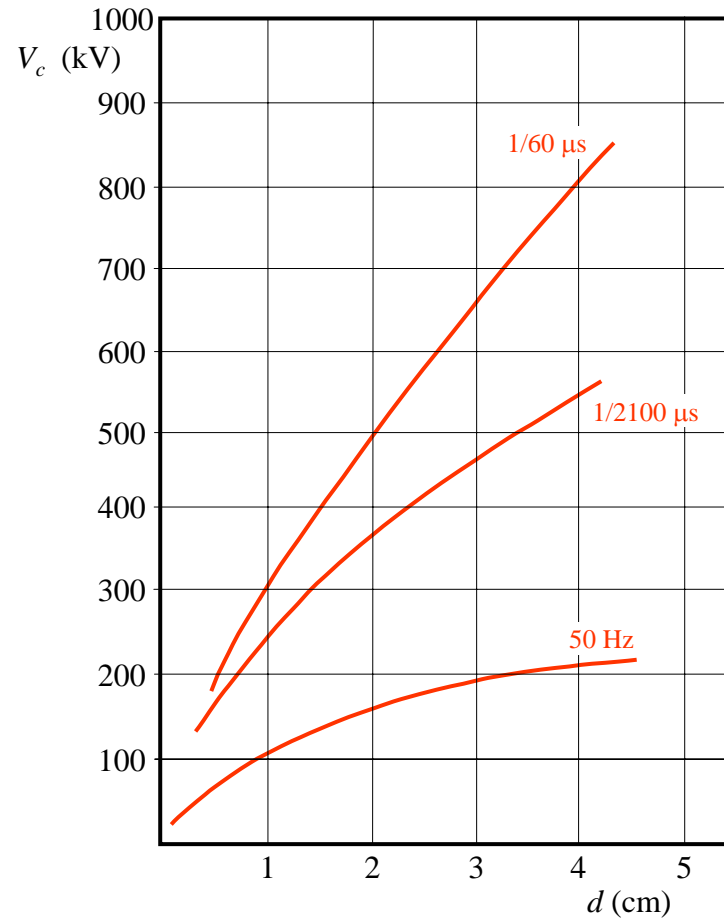
DIELETTRICO	CAMPO CRITICO (MV/cm)
Esano	1.1-1.3
Benzene	1.1
Oli minerali	1.0-4.0
Siliconi	1.0-1.2
Ossigeno liquido	2.4
Azoto liquido	1.6-1.9

COLLASSO NEI LIQUIDI ISOLANTI COMMERCIALI

- a) inclusioni gassose
- b) inclusioni liquide a permittività molto elevata (es. gocce d'acqua in olio, "cortocircuiti dielettrici");
- c) deformazione delle inclusioni la bolla liquida è soggetta ad allungamento anche notevole lungo la direzione del campo;
- d) inclusioni solide metalliche; sotto l'azione del campo (non uniforme) le particelle sono soggette a forze determinando dei "ponti" conduttori con maggiore sollecitazione del restante tratto di liquido;
- e) vaporizzazione del liquido sulle punte metalliche



TENSIONE DI SCARICA DI UN OLIO MINERALE PER TRASFORMATORI



- il campo critico dell'olio dipende dalla forma d'onda della tensione applicata
- il campo critico diminuisce all'aumentare della distanza fra gli elettrodi

IDROCARBURI DI SINTESI

Vengono usati *idrocarburi olefinici* ed *idrocarburi alchil-aromatici* con caratteristiche dielettriche migliori rispetto agli oli minerali.

<i>Proprietà dielettriche</i>	<i>Olefine</i>	<i>Alchil-benzeni</i>
tensione di scarica a 50 Hz(kV), sfere IEC D = 2,5 mm	>80	>80
tensione di scarica ad impulso (kV), punta-piano d = 25 mm	---	90 (+) ; 312 (-)
$\tan\delta$ (a 90°C)	$6 \cdot 10^{-3} \div 3 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4}$
resistività (a 90 °C) (TΩm)	---	1
permettività (a 90 °C)	2,1 ÷ 2,3	2,15

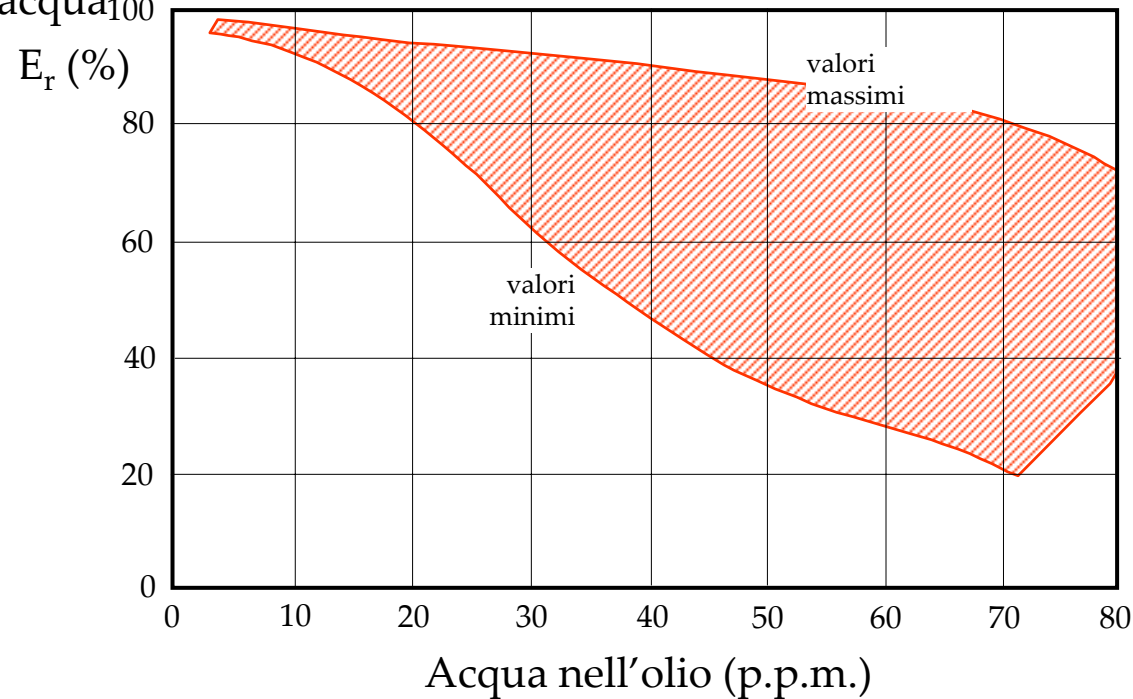
OLI SILICONICI ED ESTERI ORGANICI

- Gli oli siliconici sono derivati dalla chimica del silicio, con elevata stabilità termica e temperatura di infiammabilità ≥ 340 °C; hanno costante dielettrica pari a 2,7 – 3; le loro caratteristiche dielettriche sono paragonabili a quelle degli oli minerali.
- Gli esteri organici hanno caratteristiche dielettriche meno buone degli oli isolanti; presentano, invece, ottima stabilità termica e costante dielettrica più elevata (2,9 - 4,3).

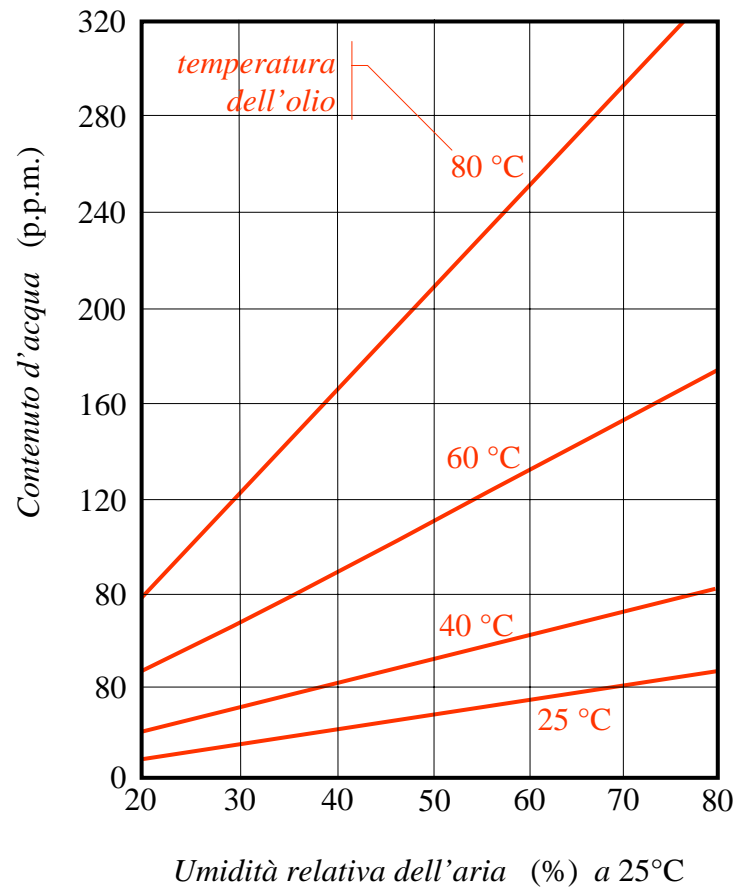
Proprietà dielettriche	Valori tipici
tensione di scarica 50 Hz (kV) (prime scariche), sfere IEC $D = 2,5$ mm	35 ÷ 60
tensione di scarica ad impulso (kV), punta-piano $d = 25$ mm	80 (+) – 270 (-)
$\tan\delta$ (a 90°C)	$1 \cdot 10^{-4}$
resistività (90 °C) (TΩm)	0,5 ÷ 1
permettività (a 90 °C)	2,7

EFFETTO DELLE IMPUREZZE NELL'OLIO PER TRASFORMATORI

Rigidità dielettrica di un olio minerale in funzione del contenuto di acqua¹⁰⁰



UMIDITÀ NEGLI OLI MINERALI



FORMAZIONE DI GAS NELL'OLIO PER TRASFORMATORI

idrogeno, idrocarburi leggeri (etano, metano, etilene, acetilene), monossido e biossido di carbonio

si formano per:

- guasti elettrici (cedimento degli isolamenti e conseguente scarica): in questo caso si possono avere quantitativi importanti di gas ed intervento del relé Bucholz.
- ridotta compatibilità fra olio ed altri materiali (vernici isolanti e metalli possono esaltare il fenomeno).
- degradazione della cellulosa (isolamenti in carta-olio) o dell'olio per effetto dell'invecchiamento
- elevata idrogenazione dell'olio (l'idrogeno nell'olio viene aggiunto per aumentarne la stabilità nei confronti dei processi ossidativi)

RISCHIO D'INCENDIO



RISCHIO D'INCENDIO



--

- Fine MTE_07