

# **INTERRUTTORI PER MEDIE TENSIONI**

A cura dell'ing Gobbo R. università di Padova facoltà di ingegneria elettrotecnica  
[www.unipa.it](http://www.unipa.it) dipartimento di elettrotecnica

1. Presentazione, aspetti generali
2. Qualità tecniche
3. Comportamento sull'arco
4. Curve di intervento
5. Durata dei contatti

## **5. INTERRUTTORI IN SF6 E VUOTO**

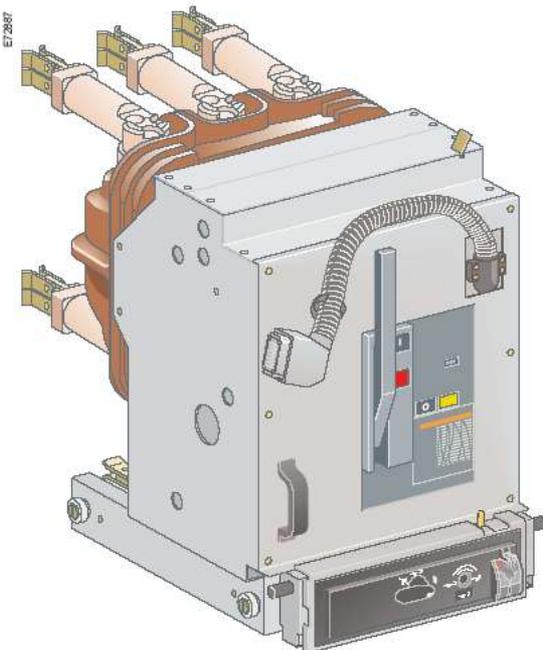
Per la distribuzione in MT (10 kV -20 kV / 12 kV – 17 kV) gli interruttori utilizzati principalmente sono:

- interruttori in SF6
- interruttori in vuoto

In Italia e in Francia si sono sviluppati gli interruttori in SF6; in Germania, Inghilterra ed America si sono diffusi gli interruttori in vuoto.

Per le tensioni di MT più basse si usano maggiormente gli interruttori in vuoto, mentre per le tensioni in MT più alte si usano gli interruttori in SF6.

### **PRESENTAZIONE**



Gli interruttori LF1-2-3 equipaggiano gli scomparti AD1-2-3 e CL1-2-3 per valori di tensione compresi tra 7,2 e 17,5 KV.

L'interruzione di corrente è basata sul principio dell'autoespansione del gas SF6. I 3 poli principali sono all'interno di un involucro isolante del tipo "sistema a pressione sigillato" (conforme alla norma IEC 60056 allegato EE), che non necessita di alcun rabbocco per tutta la durata di vita del prodotto.

L'insieme a tenuta stagna contiene SF6 a bassa pressione relativa. Il gas SF6 a bassa pressione garantisce un'eccellente affidabilità della tenuta stagna. La pressione di SF6 può essere sorvegliata in permanenza attraverso un pressostato.

Il comando meccanico tipo RI con molle ad accumulo di

energia è un elemento fondamentale dell'affidabilità dell'apparecchio: Schneider vanta 30 anni di

esperienza con questo tipo di meccanismo con più di 180.000 comandi in esercizio.

**Autoespansione: principio di funzionamento**

Questa tecnica, come applicata negli interruttori LF, è il risultato della eccezionale esperienza in tecnologia SF6 e della costante evoluzione della ricerca di Schneider Electric.

Essa combina gli effetti dell'espansione termica e dell'arco rotante, per creare per ogni corrente di interruzione le migliori condizioni di estinzione dell'arco.

Il risultato porta ad una sensibile riduzione sia dell'energia richiesta ai comandi che dell'erosione dei contatti d'arco, con un conseguente allungamento della durata meccanica ed elettrica degli interruttori.

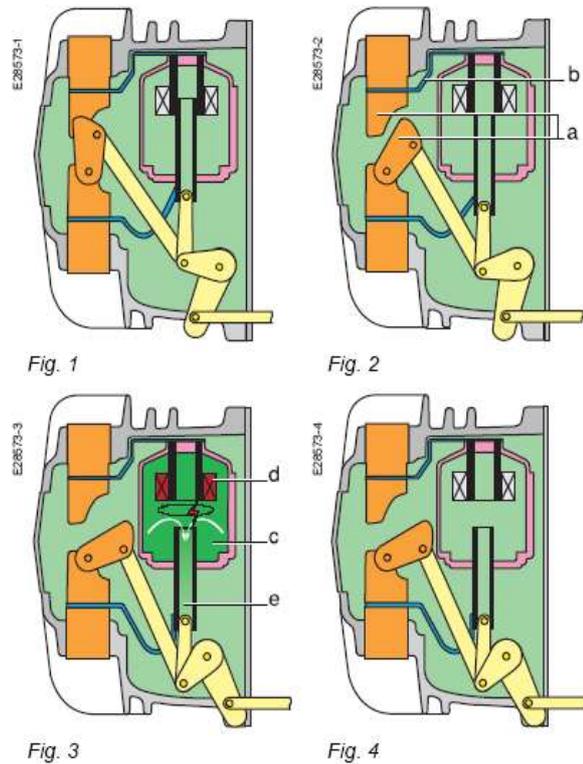
La sequenza di funzionamento di una camera di interruzione ad autoespansione in cui il contatto mobile sia azionato da un comando meccanico è la seguente:

**Fig. 1:** l'interruttore è chiuso.

**Fig. 2:** all'apertura dei contatti principali (a), la corrente viene commutata sui contatti d'arco (b);

**Fig. 3:** alla separazione dei contatti d'arco, nella camera di espansione (c) si manifesta l'arco elettrico. L'arco si raffredda ruotando sotto l'azione del campo magnetico generato dalla bobina (d) percorsa dalla corrente da interrompere. La sovrappressione di origine termica prodotta dall'arco nella camera di espansione soffia l'arco stesso attraverso i contatti cavi (e), determinandone la sua estinzione al passaggio per lo zero di corrente.

**Fig. 4:** l'interruttore è aperto.

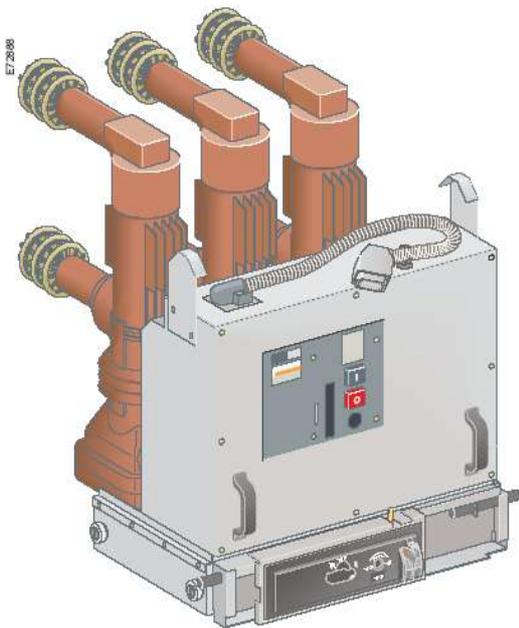


**Caratteristiche degli interruttori LF negli scomparti MCset**

Caratteristiche elettriche		LF1/MCset1			LF2/MCset2			LF3/MCset3		
Tensione nominale	kV, 50/60 Hz	7,2	12	7,2	12	17,5	7,2	12	17,5	
Livello di isolamento	kV, eff 50 Hz - 1 min	20	28	20	28	38	20	28	38	
	kV, impulso 1,2/50 µs	60	75	60	75	95	60	75	95	
Corrente nominale (Ia)	A	630	■	■	■	■	■	■	■	
		1250	■	■	■	■	■	■	■	
		2500					■	■	■	
		3150					■	■	■	
Potere d'interruzione	kA, eff	31,5	31,5	50	40	31,5	50	50	31,5	
Potere di stabilimento	kA, cresta	80	80	125	100	80	125	125	80	
Corrente di breve durata ammissibile	kA, eff.3s	31,5	31,5	40	40	31,5	40	40	31,5	
	kA, eff.1s			50			50	50	31,5	
Potere di interruzione capacitivo <sup>(1)</sup>	A	440		440			440			
Sequenza di manovra	O-3min-CO-3min-CO	■		■			■			
	O-0,3s-CO-3min-CO	■		■			■			
	O-0,3s-CO-15s-CO	■		■			■			
Tempi di funzionamento indicativi	ms									
	apertura	48		48			48			
	interruz.	65		65			65			
	chiusura	65		65			65			
Durata meccanica	Numero di manovre	10 000		10 000			10 000			

(1) per altri valori, consultateci.

## PRESENTAZIONE



Gli interruttori della gamma SF equipaggiano gli scomparti AD4 e CL4 per i valori di tensione di 24 kV. Il funzionamento si basa sul principio dell'autocompressione del gas SF<sub>6</sub>, utilizzato come gas per l'interruzione della corrente e per l'isolamento.

Gli interruttori SF sono composti da tre poli principali indipendenti,

meccanicamente collegati e comprendenti ciascuno un involucro isolante di tipo "sistema a pressione sigillato" in conformità con la norma IEC 60056 appendice EE, che realizza un insieme a tenuta stagna riempito di gas SF<sub>6</sub> a bassa pressione relativa e non necessita di alcun rabbocco per tutta la durata di vita del prodotto. La pressione di SF<sub>6</sub> può essere sorvegliata in permanenza attraverso un pressostato (opzionale). Gli interruttori della gamma SF sono azionati dal comando meccanico di tipo GMh con molle ad accumulo di energia. Schneider Electric vanta 30 anni di esperienza nella progettazione e realizzazione di comandi meccanici per interruttori di Media Tensione.

### **Autocompressione: principio di funzionamento**

Inizialmente i contatti principali e i contatti d'arco sono chiusi (**Fig. 1**)

**Precompressione (Fig. 2)**

Durante il movimento d'apertura il pistone provoca una leggera compressione del gas SF6 nella camera di compressione.

**Periodo d'arco (Fig. 3)**

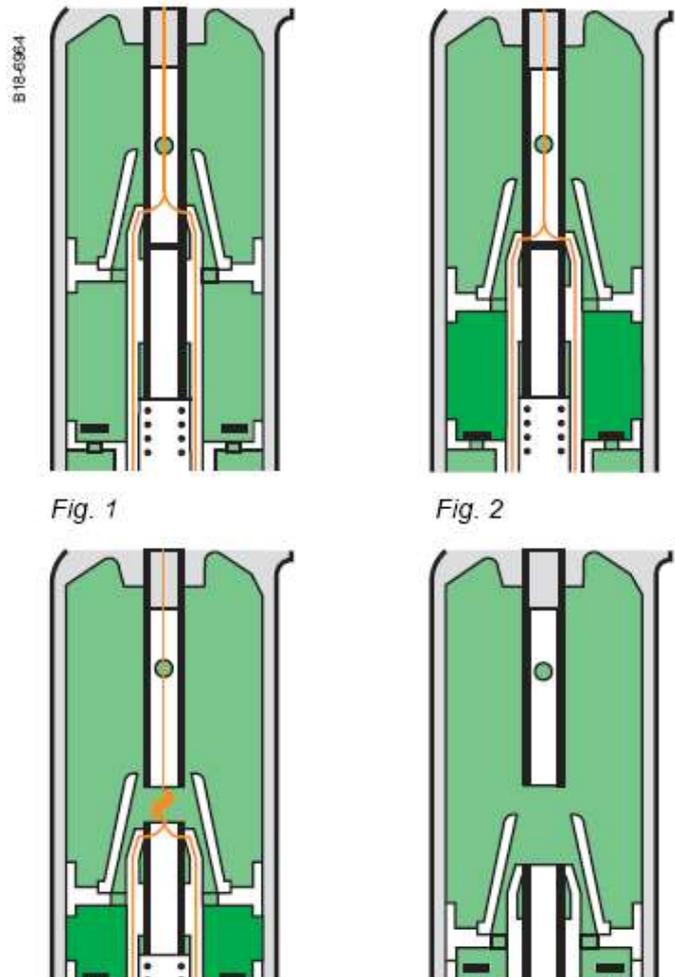
L'arco elettrico s'instaura tra i contatti rompiarco, mentre il pistone continua la sua corsa. Una ridotta quantità di gas, canalizzata attraverso l'ugello isolante, è convogliata sull'arco.

Per l'interruzione di piccole correnti, il raffreddamento dell'arco si effettua per convezione forzata.

Al momento d'interrompere correnti importanti, è invece l'effetto d'espansione termica a causare il movimento del gas caldo verso le zone fredde dell'apparecchio. La distanza tra i contatti rompiarco assicura, al primo passaggio dello zero, la definitiva interruzione della corrente.

**Sovracorsa (Fig. 4)**

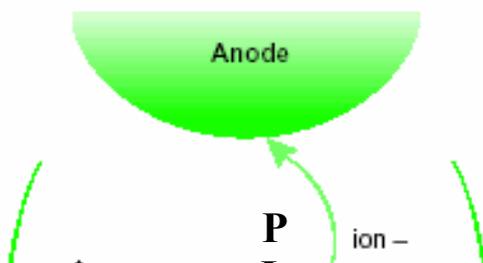
Le parti mobili, nel terminare la loro corsa, continuano a iniettare gas fresco fino alla completa apertura dei contatti.



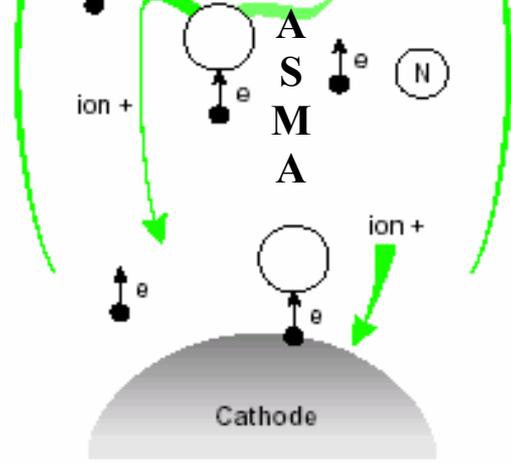
Caratteristiche degli interruttori SF in scomparti MCset4

Caratteristiche elettriche		SF1/MCset4		SF2/MCset4	
Tensione nominale	kV, 50/60 Hz	24	24	24	24
Livello d'isolamento	kV, eff 50 Hz - 1 min	50	50	50	50
	kV, impulso 1,2/50 µs	125	125	125	125
Corrente nominale(Ia)	A	630	1250	2500	2500
		■	■	■	■
		■	■	■	■
Potere di interruzione Icc	kA, eff	16	25	25	31,5
Potere di stabilimento	kA, cresta	40	63	63	80
Corrente di breve durata ammissibile	kA, eff.3s	16	25	25	31,5
Potere di interruzione capacitivo	A	630	440	1750	1750
		1250	875		875
		2500			875
Sequenza di manovra	O-3min-CO-3min-CO	■	■	■	■
	O-0,3s-CO-3min-CO	■	■	■	■
	O-0,3s-CO-15s-CO	■	■	■	■
Tempi di funzionamento indicativi	ms	apertura	50	50	50
		interruz.	65	65	65
		chiusura	70	70	70
Durata meccanica	Numero di manovre	10 000		10 000	

**5.1 APERTURA DEI CONTATTI**



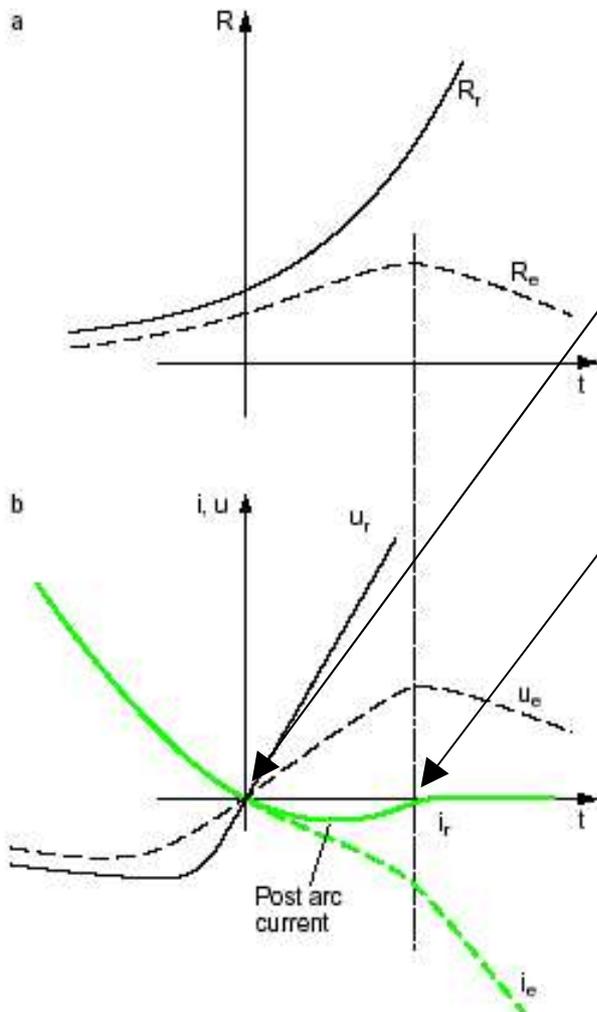
ITI “  
 La te  
 Se l’  
 attorr  
 Vice  
 l’arco



zione - Impianti elettrici e TDP

°C.

orbire energia da parte del materiale che sta  
 nento e quindi al reinnescio dell’arco.  
 iente calore la zona d’arco viene raffreddata e



Nei grafici di figura compare:

- *linea continua*: caso di estinzione dell’arco
- *linea a tratti*: caso di reinnescio d’arco

Fino a questo istante c’è l’arco elettrico. In questo istante l’arco si estingue ma la zona rimane ionizzata ancora per un po’.

In questo istante si ha l’estinzione completa della corrente.

Dopo questo istante bisogna vedere se la tensione di innesco (capacità dielettrica) è maggiore o minore della tensione di ristabilimento.

Nel caso in cui l’arco si estingua definitivamente la resistenza (grafico sopra) tende ad un valore molto grande.

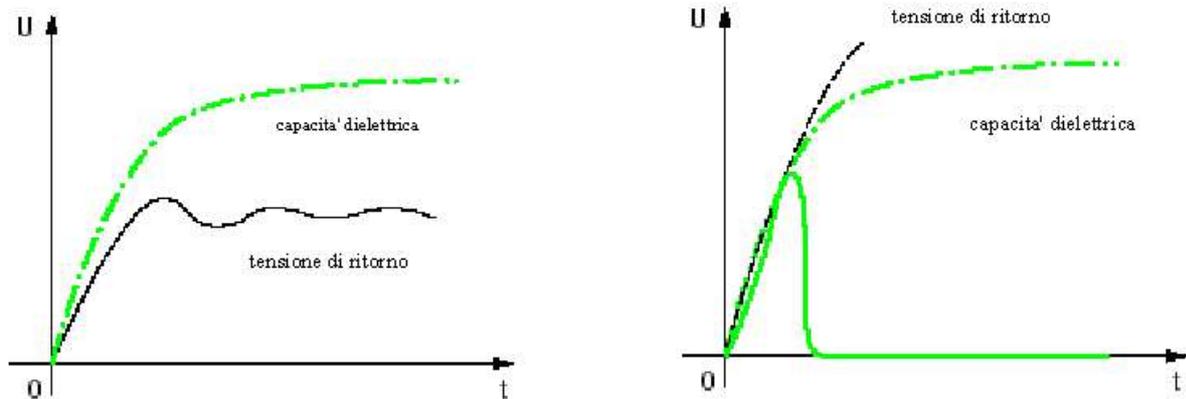
Se avviene un reinnescio d’arco la situazione che si ripresenta è diversa dalla precedente in quanto i contatti nel frattempo si sono distanziati.

## 5.2 CAPACITÀ DIELETTICA DELL'INTERRUTTORE

Essa dipende da:

- distanza tra i contatti
- velocità con cui si apre
- materiale (SF6, vuoto, aria)
- tipo di atmosfera (pressione)
- tipo d'arco che si manifesta

Si può manifestare una scarica non per cause termiche ma per motivi dielettrici se la tensione di ritorno è superiore alla capacità dielettrica

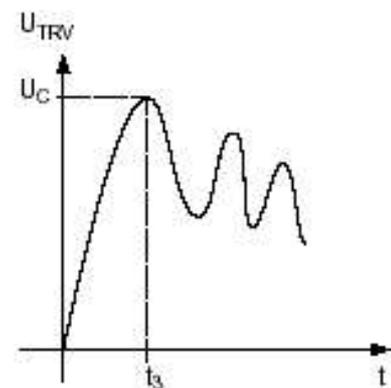


Nel grafico di sinistra l'interruttore apre e non avviene più la scarica. Nel grafico di destra invece nel momento in cui la tensione di ritorno supera la capacità dielettrica avviene la scarica per motivi dielettrici.

Si può parlare perciò di **cedimento termico e dielettrico**. Nella realtà i due fenomeni non sono separati. È fondamentale la conoscenza della tensione di ritorno.

## 5.3 TENSIONE TRANSITORIA DI RITORNO

Nel caso di guasto monofase con circuito R-L, la tensione transitoria di ritorno può raggiungere un valore pari a 2 volte la tensione nominale  $V_n$ . Nel caso di circuito trifase il valore della tensione transitoria di ritorno dipende oltre che dal valore di R ed L, anche dal tipo di guasto. Nel caso di guasto trifase subito a valle dell'interruttore la tensione di ritorno può raggiungere un valore di tre volte la tensione nominale stellata. Con tensione nominale di 24 kV, la tensione transitoria di ritorno ha un picco di 41 kV dopo 88  $\mu$ s; una pendenza di circa  $0,5 \text{ kV}/\mu\text{s}$  ( $\frac{24000}{\sqrt{3}} \cdot 3 = 41,6 \text{ kV}$ ).



Il vuoto dà le prestazioni migliori ed inoltre anche tempi di apertura inferiori. Vi sono casi in cui la tensione transitoria di ritorno è maggiore.

## 5.4 TENUTA DIELETTICA

L'SF6 ha una tenuta dielettrica maggiore dell'aria. In particolare le distanze necessarie tra i conduttori in tensione sono minori; questo consente la realizzazione di un interruttore di più piccole dimensioni.

**SF6 ad 1 bar:** è importante valutare che anche ad 1 bar la tenuta è maggiore rispetto a quella dell'aria. Inoltre in questo caso non ci sono problemi di tenuta ermetica in quanto anche in presenza di un foro l'SF6 non esce dall'involucro dell'interruttore poiché sia fuori che dentro l'involucro c'è la pressione di 1 bar.

Quando si parla di interruttori in olio bisogna tener presente che, nel momento in cui si forma l'arco, la dissociazione delle particelle d'olio porta alla formazione d'idrogeno per cui l'ambiente d'arco nel momento in cui s'innesca l'arco è costituito anche da particelle di idrogeno.

Mentre le curve dell'aria, olio ed SF6 possono essere ben rappresentate da rette, la curva del vuoto ha una sorta di saturazione.

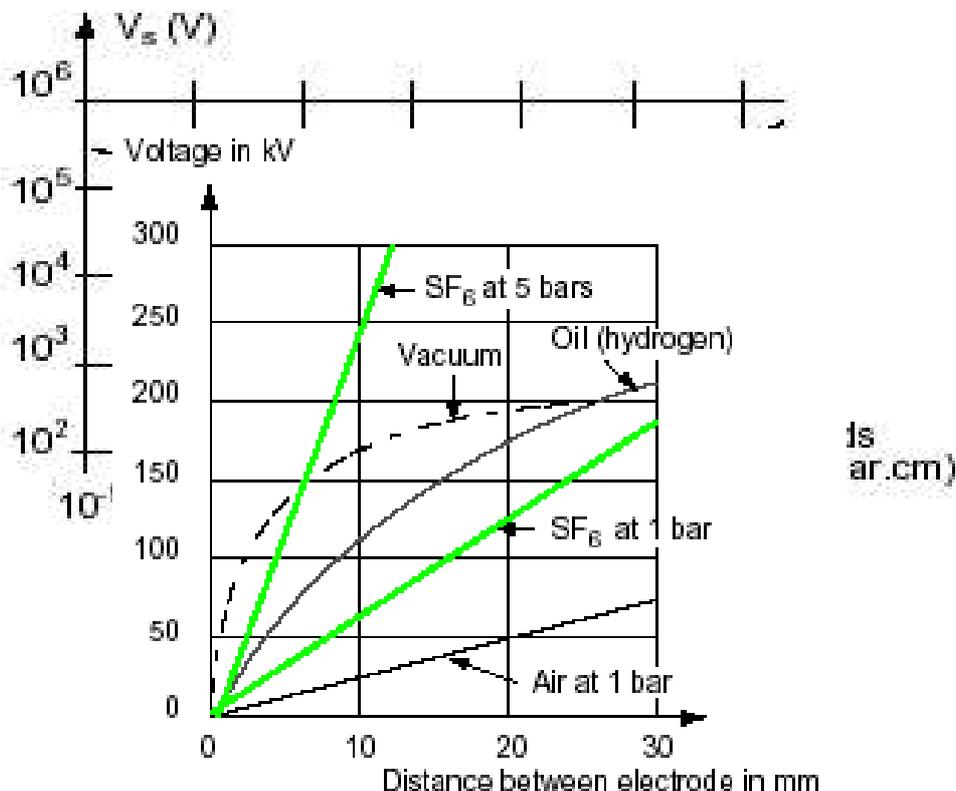
Per sfruttare bene il vuoto si deve lavorare a distanza piccole; aumentando la distanza anche di molto la tensione di tenuta non aumenta in modo proporzionale ma piuttosto attenuato. Per questo motivo è difficile nel caso del vuoto andare a lavorare con tensione superiori a 24 kV (tensione impulsiva 125 kV). Si devono fare per forza degli interruttori non in modo unico ma in due-tre-quattro corse. Si è arrivati fino a 50 kV (con 36kV la tensione impulsiva è di 150 kV).

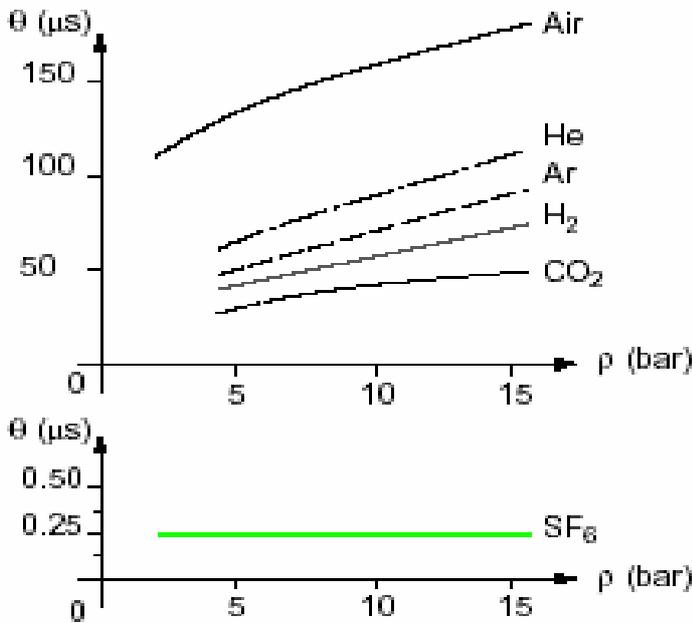
La curva che definisce la tensione di tenuta del vuoto non è ben definita ma è una fascia (si ha una grossa dispersione).

Anche la temperatura ha un'influenza sulla tenuta dei gas.

## 5.5 CURVA DI PASCHEN

La curva di Paschen rappresenta la variazione della rigidità dielettrica dell'aria in funzione della pressione per la distanza.





Il valore della tensione di scarica che corrisponde ad un valore in ascissa pari a  $10^{-5}$  bar\*m è paragonabile a quella che si ha nel vuoto.

La curva di Paschen presenta un minimo al quale corrisponde una tensione di scarica di 200÷300 V a distanze di 20÷30  $\mu\text{m}$ . Questo rappresenta il più piccolo valore della tensione in corrispondenza al quale avviene la scarica. Dopo questo punto di minimo la curva prende a salire all'aumentare del prodotto pressione per distanza.

Perché avvenga la scarica in aria servono degli elettroni con una certa

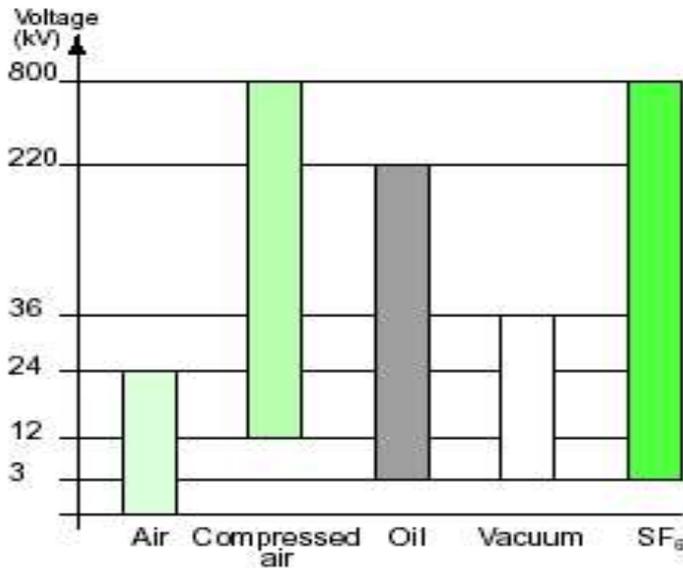
energia e una zona che abbia un certo numero di particelle.

I vuoti che ci sono nelle ampole sono di  $10^{-3}$ ÷ $10^{-5}$  mbar. In questo caso la probabilità di scarica è bassa perché le particelle sono piuttosto rare ognuna vive di vita "propria" e quindi la possibilità di collisione è bassa. L'andamento di questa curva è simile anche per gli altri gas.

## 5.6 TEMPO DI DEIONIZZAZIONE

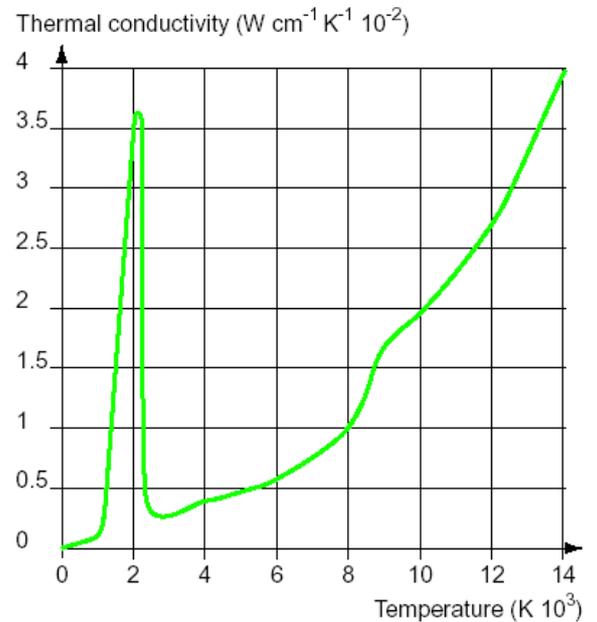
Quando avviene un arco si manifesta un plasma. È importante conoscere in quanto tempo senza arco le particelle cariche si ricombinano. Tanto prima spariscono le particelle cariche (ionizzate) e tanto più il plasma è efficace.

L'aria alla pressione di 5 bar ha un tempo di deionizzazione di 100÷120  $\mu\text{s}$ . Questo tempo è confrontabile con gli 88  $\mu\text{s}$  a cui si ha il picco della tensione di ritorno.



L'SF<sub>6</sub> viene usato oltre per le sue ottime proprietà dielettriche anche per la velocità nel far sparire al suo interno il materiale ionizzato.

### 5.6 CONDUCEBILITA' TERMICA DELL'SF<sub>6</sub> IN FUNZIONE DELLA TEMPERATURA



A 2000 K la conducibilità presenta un picco. In corrispondenza a questa temperatura le molecole di SF<sub>6</sub> si dissociano. Finito l'arco le particelle si riassociano ⇒ il processo è reversibile (comunque si ha la produzione di ulteriori particelle). Lo stesso accade con l'aria ma non per l'olio il quale dopo la dissociazione non si associa più. Le molecole di olio una volta dissociate producono delle particelle di carbone le quali essendo delle impurità diminuiscono la tenuta.

### 5.7 VALORI DI TENSIONE DOVE SI COLLOCANO I VARI INTERRUTTORI

Gli interruttori in aria alla pressione atmosferica hanno grandi dimensioni. Per aprire un arco in aria infatti si deve allungare di molto l'arco anche di alcuni metri. Per ridurre le dimensioni di questi interruttori sono stati introdotti degli elettrodi rotanti che fanno ruotare l'arco. Interruttori in aria si trovano fino alla tensione di 24 kV.

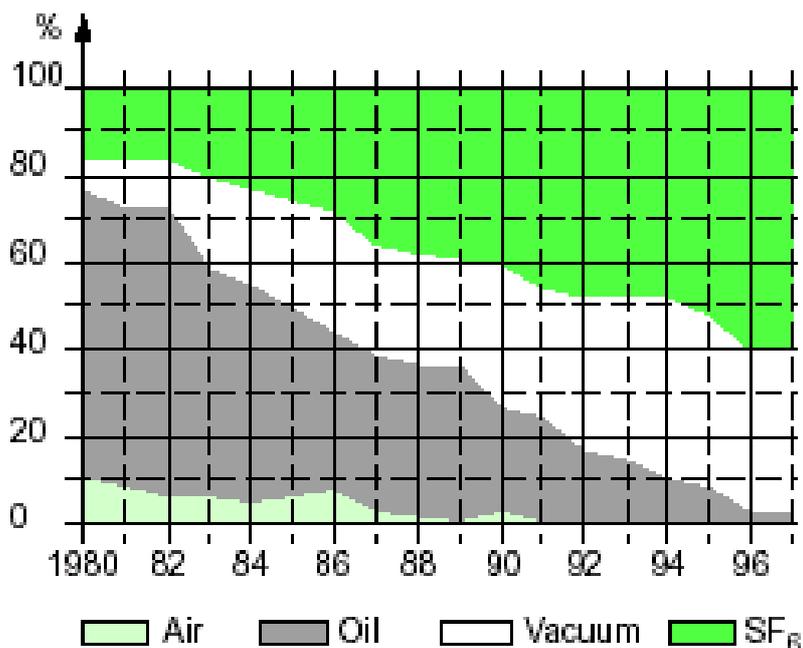
L'SF<sub>6</sub> ha quasi soppiantato l'aria compressa.

Nei luoghi freddi l'SF<sub>6</sub> condensa; a -40 °C l'interruttore in SF<sub>6</sub> non funziona molto bene in quanto si formano delle goccioline (passa alla fase liquida).

Gli interruttori in aria compressa arrivano fino a 20÷40 atmosfere di pressione. L'interruttore in olio è stato uno dei primi. Si sono diffusi interruttori a *grande* e *piccolo* volume d'olio. Si trovano ancora interruttori di questo tipo in giro e la loro riparazione è possibile anche se esiste il problema della reperibilità dei pezzi di ricambio.

I giapponesi stanno cercando di estendere l'uso di interruttori in vuoto anche per tensioni superiori ai 36 kV. In Europa non si sta spingendo la ricerca in questo senso in quanto sono molto diffusi gli interruttori in SF<sub>6</sub>. L'uso dell'interruttore in SF<sub>6</sub> sta scomparendo per le applicazioni in MT (in particolare Siemens).

### 5.8 MERCATO DEGLI INTERRUTTORI IN MT



### 5.9 CONFRONTO FRA LE DIVERSE TECNICHE

	<b>Olio</b>	<b>Aria</b>	<b>SF<sub>6</sub> / vuoto</b>
<b>Sicurezza</b>	Rischio di esplosione ed incendio se si ha un aumento della pressione (operazioni multiple) causa guasto	Significativi effetti esterni (emissioni di gas caldi e ionizzati durante l'interruzione)	nessun rischio di esplosione ne di effetti esterni
<b>Dimensioni</b>	relativamente grandi dimensioni	installazione richiede grandi distanze	piccole
<b>Manutenzione</b>	regolare sostituzione dell'olio (irreversibile rottura dell'olio durante ogni interruzione)	sostituzione dei contatti d'arco quando possibile. Regolare manutenzione del meccanismo di controllo	Nulla per i componenti di interruzione. Minima lubrificazione del meccanismo di controllo
<b>Sensibilità all'ambiente</b>	L'ambiente di interruzione può essere modificato dall'ambiente stesso (umidità, sporcizia, ecc.)		Insensibile (la camera dell'interruttore è chiusa segregata)

<b>richiusura rapida</b>	richiede la riduzione della capacità d'interruzione se c'è il rischio di interruzioni successive	la lenta evacuazione dell'aria calda richiede che la capacità d'interruzione sia ridotta	Sia l'SF <sub>6</sub> che il vuoto recuperano le loro proprietà dielettriche molto rapidamente: non vi è la necessità di ridurre la capacità d'interruzione
<b>durata</b>	mediocre	media	eccellente

Per SF<sub>6</sub> e vuoto la manutenzione è richiesta solo per i meccanismi di apertura e controllo (molle e contromolle).

L'SF<sub>6</sub> è un gas pesante non solubile in acqua e *non* tossico. Quelli che sono tossici sono alcuni prodotti della sua decomposizione. Durante la scarica si dissocia e poi si ricombina; potrebbe essere che per la presenza di impurità si possano formare dei prodotti della decomposizione tossici.

L'interruttore in olio presenta problemi di sicurezza: rischio di incendio e di esplosione. Per i trasformatori in olio ci deve essere una cassa di contenimento.

**Pregio degli interruttori in aria:** dovendo essere l'arco molto lungo si ha una tensione d'arco elevata ed in grado di spostare il cosφ in modo che la tensione di ritorno sia meno sfasata; la tensione d'arco facilita l'estinzione dell'arco. Questo avviene perché si introduce una pesante caduta di tensione resistiva.

		SF <sub>6</sub>	Vuoto
<b>Applicazioni</b>	motori, forni, linee, ecc	tutte, relativamente appropriate per elevate caratteristiche d'interruzione	tutte, relativamente appropriate per basse tensioni e tensioni transitorie di ritorno molto veloci
	interruttori, contattori, ecc.	tutte	Funzioni di isolamento sono vietate
<b>Caratteristiche</b>	durata	soddisfacente per tutte le applicazioni di corrente	può essere molto elevata per certe applicazioni speciali
	sovratensioni	nessun rischio per piccole correnti induttive, molto bassa la profilata di reinnesco per correnti capacitive	dispositivi di protezione per le sovratensioni sono raccomandati per l'interruzione di motori e banchi di condensatori
	isolamento tra i contatti	molto stabile, consente la funzione di isolamento	
	dimensioni		molto compatto a basse tensioni
sicurezza nel funzionamento	perdita di ermeticità	fino all'80 % delle caratteristiche conservate alla pressione atmosferica. Possibilità di un continuo controllo	

	manutenzione	ridotta al meccanismo di controllo, possibilità di un controllo permanente della pressione del gas	ridotta al meccanismo di controllo, occasionalmente il controllo del vuoto è possibile
	numero di guasti	molto piccolo (<4/10000), soprattutto dovuti agli ausiliari	molto piccolo se la produzione dell'ampolla è ben controllata

### **5.10 ALLUNGAMENTO DELL'ARCO ELETTRICO TRA DIAFRAMMI IN CERAMICA REFRATTARIA NELLA CAMERA D'INTERRUZIONE DI UN INTERRUTTORE IN ARIA**

I diaframmi in ceramica confinano l'arco; si crea un campo assiale che fa ruotare l'arco!

#### **Interruzione in aria**

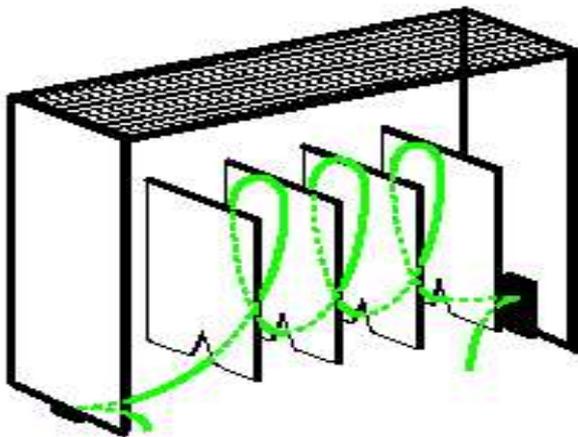
Dispositivi che interrompono in aria alla pressione atmosferica furono i primi ad essere usati (interruttori magnetici).

A dispetto della sua relativamente modesta rigidità dielettrica e della sua elevata costante di tempo di deionizzazione, l'aria alla pressione atmosferica può essere usata per interrompere tensioni fino a circa 20 kV. Per questo è necessario avere una sufficiente capacità di raffreddamento e una grande tensione d'arco dopo il passaggio per lo zero della corrente in modo da evitare un reinnesco termico.

#### **Il meccanismo dell'interruzione in aria**

Il principio richiede di mantenere un arco corto tanto lungo tanto l'intensità è elevata in modo da limitare la dissipazione di energia, quindi allungarlo non appena la corrente si avvicina allo zero. Questo principio ha portato alla creazione di una camera d'interruzione per ciascun polo del dispositivo. La camera d'interruzione, situata attorno allo spazio tra i contatti, è costituita da un volume diviso da pannelli refrattari (pannelli con un'elevata capacità termica) tra i quali l'arco si allunga.

In pratica, quando la corrente decresce, l'arco che è soggetto a forze elettromagnetiche penetra tra questi pannelli. Aumenta la propria lunghezza e si raffredda in contatto con il materiale refrattario finché la tensione d'arco diviene più grande di quella della rete. La resistenza d'arco aumenta in maniera notevole. L'energia che è fornita dalla rete rimane quindi minore della capacità di raffreddamento e l'interruzione prende posto.



A causa dell'alta costante di tempo della deionizzazione per questa tecnologia, l'energia d'arco che deve essere dissipata rimane alta. Comunque, il rischio di sovratensioni all'interruzione è virtualmente non esistente.

### **5.11 TIPI DI ARCO NEGLI INTERRUTTORI IN VUOTO**

- a) arco concentrato (> 10 kA)                      b) arco diffuso

**Arco diffuso:** occupa tutta la superficie del catodo. Si verifica con correnti di piccola intensità < 10 kA. Le temperature che si raggiungono negli spot non sono molto elevate.  $V_{arco}=20\div30 V$ .

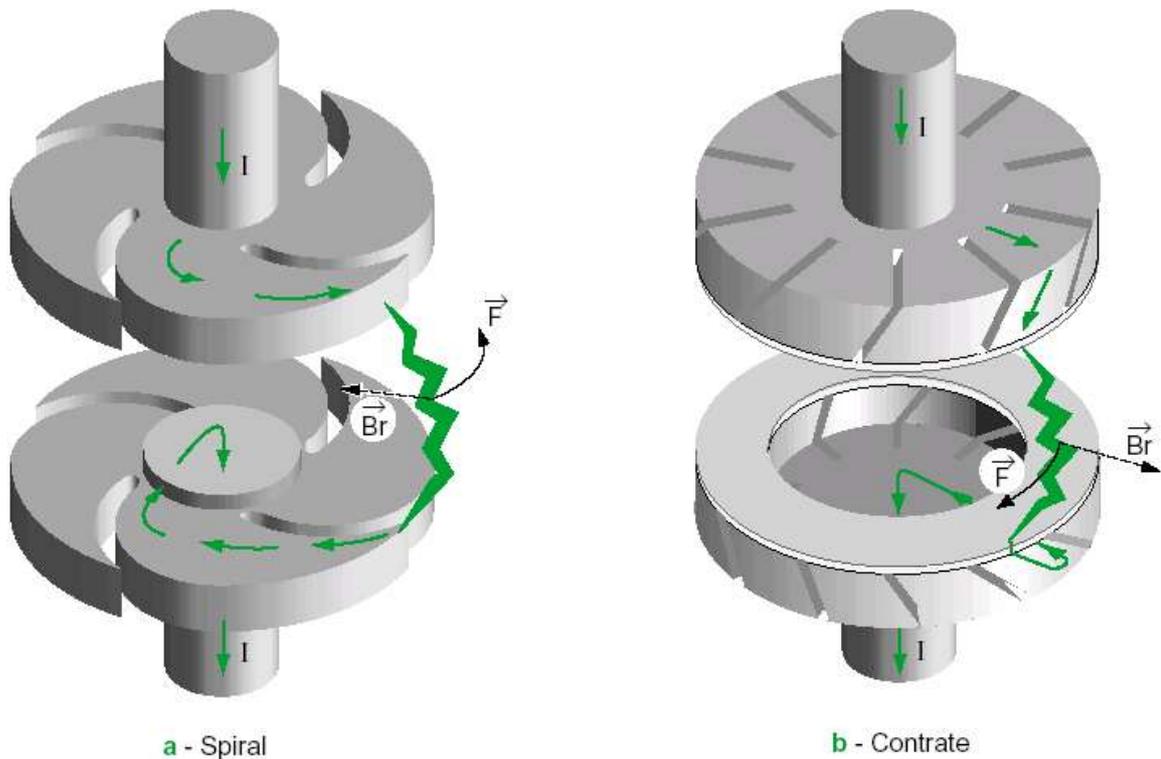
**Arco concentrato:** si verifica per correnti superiori a 10 kA. Si può raggiungere anche la temperatura di fusione. La zona d'arco ha molto gas ionizzato e l'apertura del circuito con spegnimento dell'arco è molto difficile. Si raggiunge una tensione d'arco di 200 V.

Si ha l'arco diffuso fino a 8 kA: in tal caso il disegno dei contatti è non molto curato (contatti a botte).

Per l'apertura dei contatti in vuoto ci sono diverse tecniche in modo da evitare che l'arco sia concentrato ma diventi diffuso.

Quello che si cerca di fare è far ruotare, muovere l'arco. Le tecniche sono quelle a spirale (spiral) e a tazza (contrate).

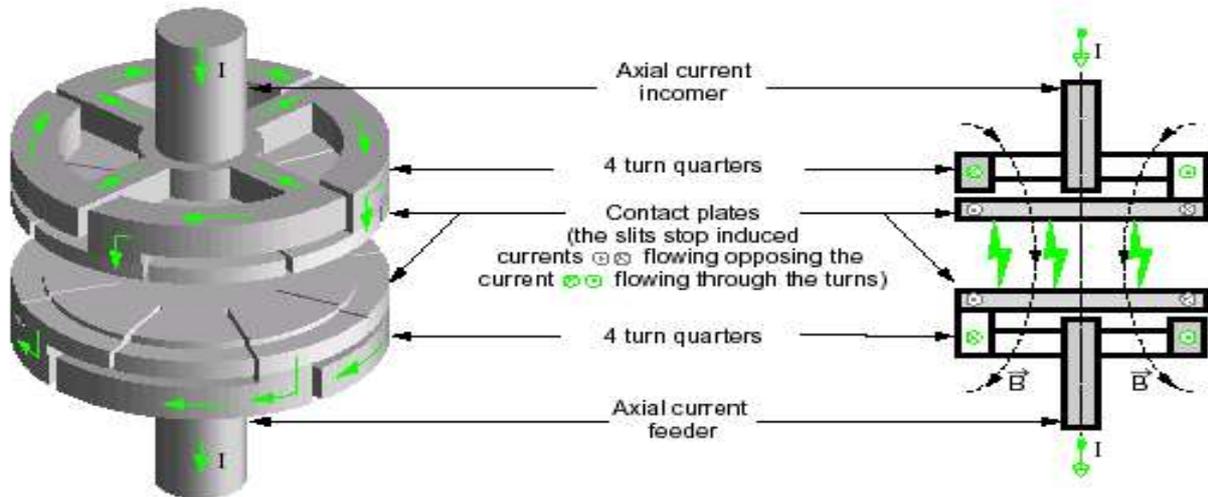
**A spirale:** l'arco viene fatto girare e ci sono dei tratti in cui viene interrotto.



I contatti creano un campo magnetico radiale.

L'arco obbedisce alle leggi elettromagnetiche, quindi si muove dal centro verso la parte esterna dei "petali"

**A tazza:** l'arco viene fatto girare però in questo caso non viene mai interrotto.

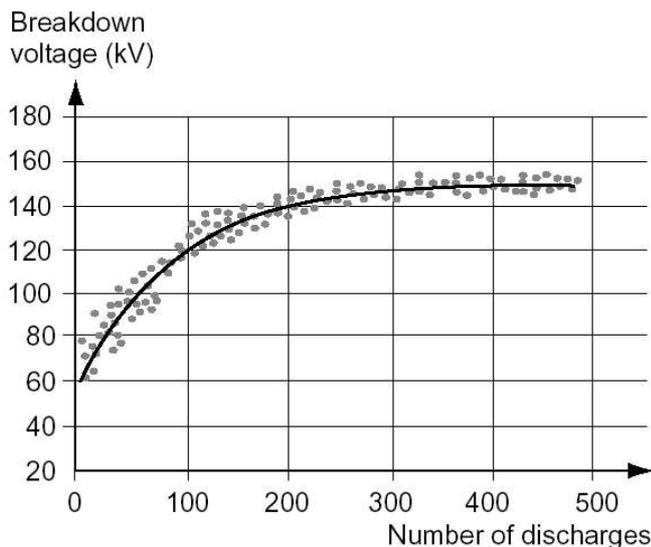


Una nuova tecnica si basa sulla generazione di un campo magnetico non radiale ma *assiale*. Anche a correnti elevate il campo magnetico fa sì che l'arco non si concentri mai e rimanga sparso su tutta la superficie.

Gli interruttori che usano la tecnica del campo radiale danno buone prestazioni. L'interruttore che utilizza la tecnica del campo assiale ha delle perdite Joule maggiori e quindi un maggior calore da smaltire.

Se nell'uso aumenta la rugosità si può avere una minore tenuta dielettrica  $\Rightarrow$  per controllare maggiormente l'usura, il danneggiamento e la temperatura si usa la tecnica con campo assiale.

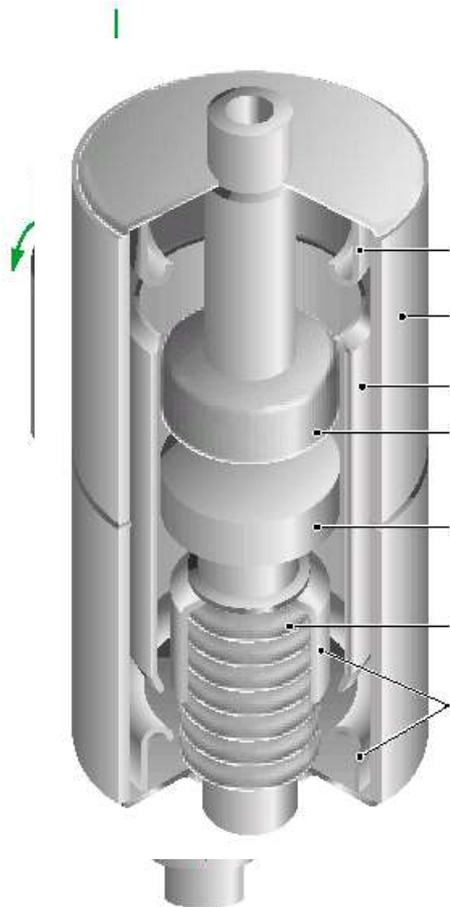
## 5.12 AUMENTO DELLA TENSIONE DI SCARICA IN FUNZIONE DEL NUMERO DI SCARICHE



L'ampolla in vuoto non può essere usata immediatamente. Prima di mettere in esercizio un interruttore bisogna condizionarlo ovvero bisogna causare in esso delle scariche di debole intensità. Subito scarica per tensioni più basse: si devono fare delle scariche

preliminari con correnti più basse per "pulire" eventuali porcherie o piccole rugosità presenti. All'inizio la tenuta dell'interruttore è meno della metà di quello che riuscirà a tenere alla fine.

Con correnti di debole intensità la tecnologia in vuoto ha dei problemi dovuti al troncamento della corrente prima che passi naturalmente per lo zero  $\Rightarrow$  l'induttanza e la capacità oscillano determinando delle sovratensioni  $\Rightarrow$  sollecitazioni pesanti  $\Rightarrow$  sono necessari dei dispositivi per limitare le sovratensioni.



### 5.13 MATERIALE PER I CONTATTI

	I troncata media (A)	I troncata massima (A)	
Cu	15	21	Non è accettabile e quindi non si fanno interruttori con contatti in rame
CuCr	4	8	Questi sono i tipici contatti degli interruttori
AgWC	0,5	1,1	Contatti tipici dei contattori.

Anche il recupero della capacità dielettrica dipende dal materiale dei contatti; per esempio è maggiore per CuCr rispetto ad AgWC. Gli interruttori in vuoto non hanno strisciamento dei contatti

per evitare l'inquinamento del vuoto stesso: lo strisciamento infatti provoca la liberazione di particelle che inquinano l'isolante.

Affinché si abbia un buon contatto testa con testa le due teste devono essere premute con una certa pressione l'una contro l'altra.

**N.B.:** interruttori sezionatori in vuoto non vengono realizzati in quanto le distanze che si hanno tra i contatti sono piccole e non ci si fida.