



# I supercondensatori

Relatore : Forzan Michele

Laureando : Fontana Christian

anno accademico 2010

# i supercondensatori

## Vantaggi

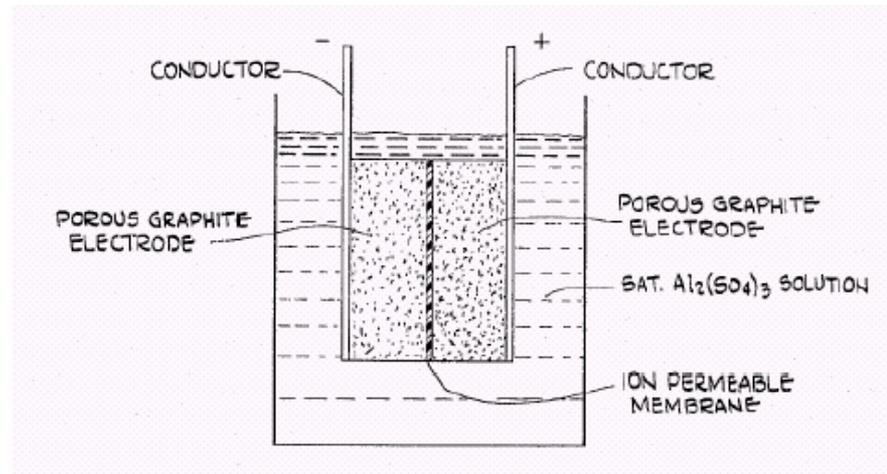
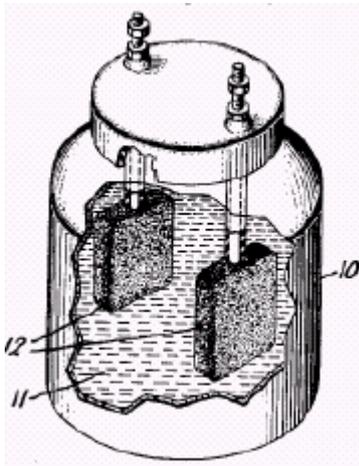
- Capacità elevatissima
- Tempi di carica-scarica rapidi
- Elevato numero di cicli
- Effetto memoria assente
- Nessun problema di sovraccarico
- Elevate potenze per brevi periodi di tempo
- Non contengono sostanze tossiche
- Non inquinano



Supercondensatore maxwell powercache

# Prime applicazioni

- 1970 usati nei sistemi di back-up dei primi processori
- 1990 applicazioni in alta potenza per usi militari



**Supercondensatori brevettati dalla General Electric nel 1957 e dalla SOHIO nel 1966 e nel 1970**

# Esigenze e soluzioni fino a ieri

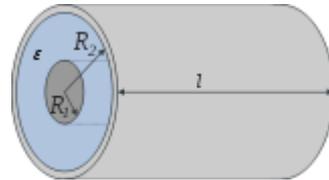
- Richiesta di intense correnti per brevi intervalli di tempo
- Uso di batterie
  - Accumulo alta quantità di energia
  - Potenze non elevate
  - Tempi di carica-scarica lunghi (1-10 ore)
- e condensatori elettrolitici
  - Discreta potenza
  - Bassi livelli di energia
  - Intense correnti solo per frazioni di secondo

# Considerazioni tecnico strutturali

- La capacità dipende da :
  - Forma geometrica del supercondensatore ( es. cilindrica)
  - Dimensione degli elementi che lo compongono
  - Caratteristiche del dielettrico

esempio: supercondensatore di forma cilindrica

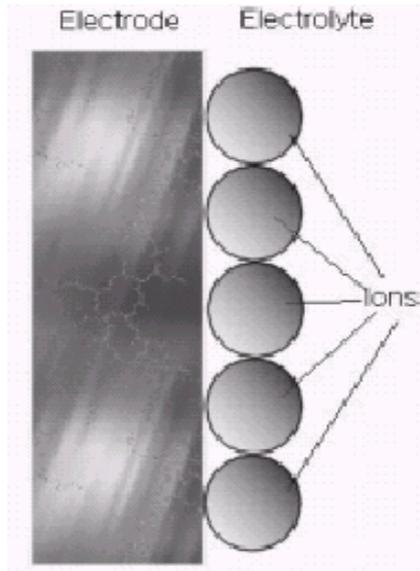
$$C = 2\pi\epsilon_0\epsilon_r \frac{l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$



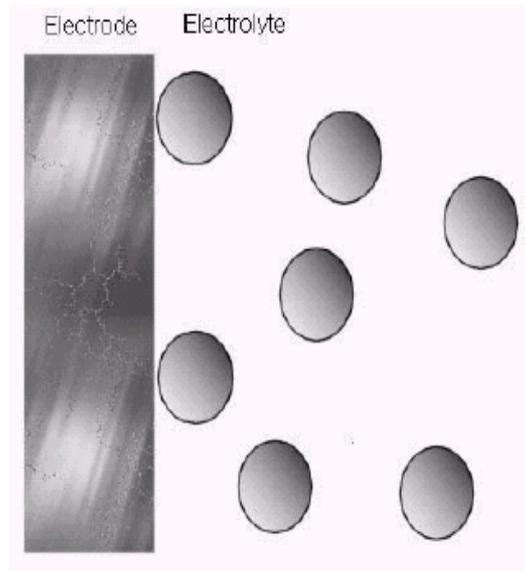
L'energia accumulata è data dall'espressione :  **$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$**

# Capacità a doppio strato

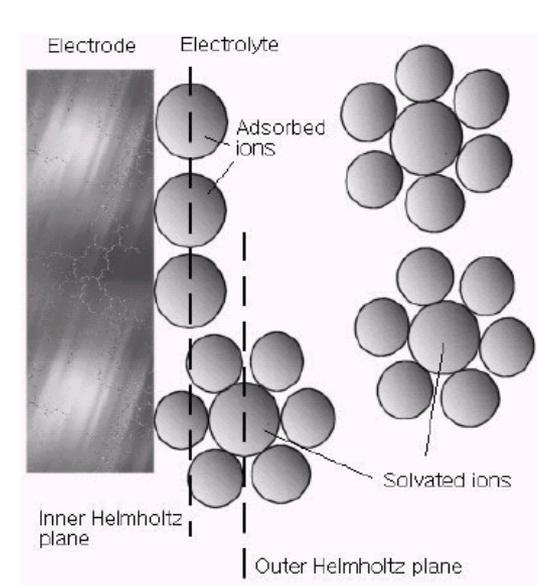
- Sviluppo dei modelli della capacità a doppio strato



**Modello di helmholtz**



**modello di gouy-Chapman**

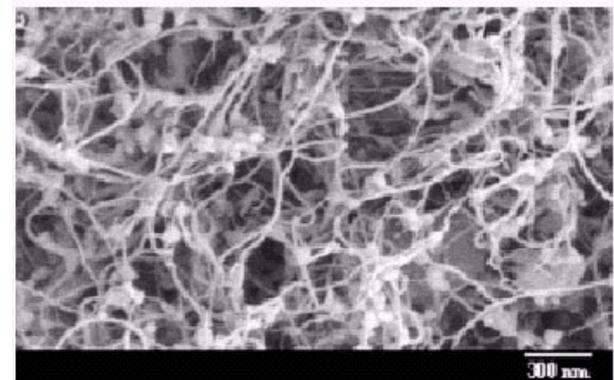
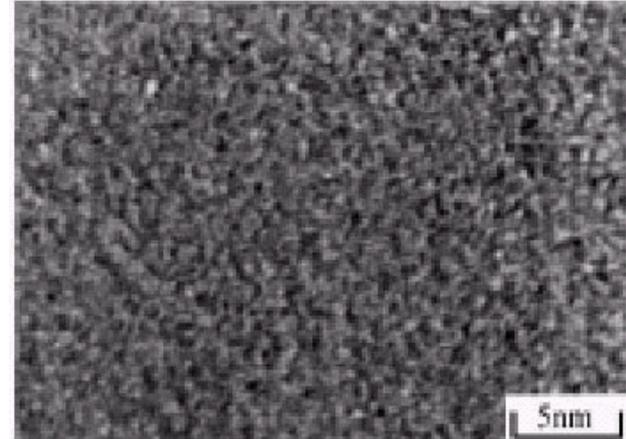


**modello di stern**

# Composizione di un elemento

- **Elettrodi**

- In carbonio (materiale più usato )
  - **Vantaggi**
    - Basso costo
    - Facile reperibilità
    - Lunga esperienza nell'impiego
    - Porosità (nanotubi in carbonio)
- Altri materiali
  - polimeri vari (poca stabilità)
  - Ossidi metallici (alto costo)



**Superficie di un elettrodo di carbonio ( figura sopra)  
e di nanotubi (figura sotto)**

# Composizione di un elemento

- **Elettrolito**

- Organico, tensioni fino a 2 V e alta resistenza al passaggio di corrente
- Acquoso, tensioni fino a 1V, resistenza più bassa e costi minori

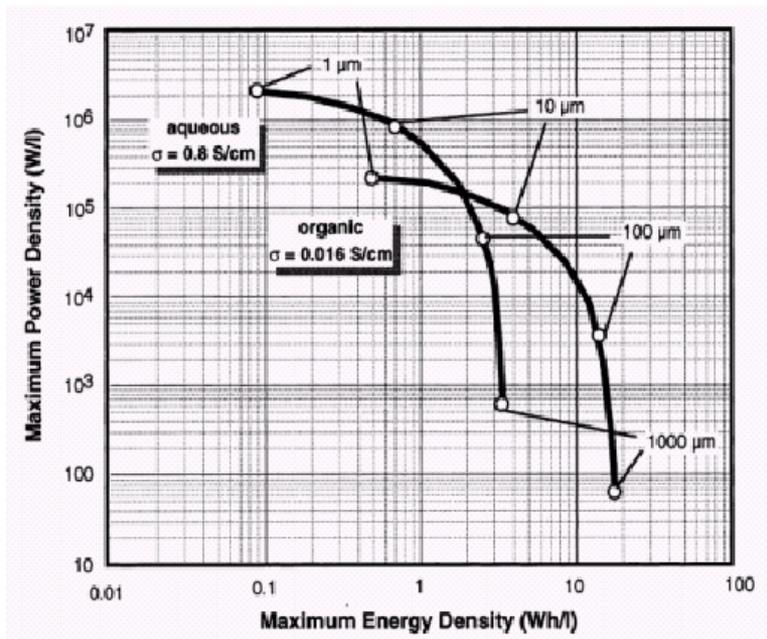
Tipo di elettrolito	Tensione max [V]	Resistenza[ $\Omega$ ]	costo
Organico	2	Alta	Alto
acquoso	1	bassa	Basso

La scelta del tipo di elettrolito è determinante per la mobilità degli elettroni

# Composizione di un elemento

In base all'utilizzo si avra

- Elettrolito organico più adatto per accumulo di energia
- Elettrolita acquoso più adatto per alte potenze



**Confronto tra le prestazioni di un elettrolito organico e acquoso**

# Composizione di un elemento

- **Separatore**

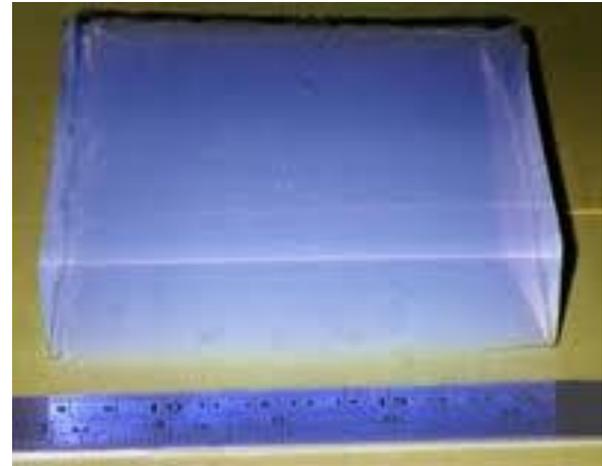
- Alta resistenza elettrica
- Buona permeabilità agli ioni
- Spessore sottile

- **Aerogel**

- Creato nel 1931 da Steven Kistler
- Grandi capacità isolanti

- Tipologie di aerogel

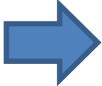
- Aerogel di silice, conducibilità termica molto bassa (il più diffuso)
- Aerogel di carbonio, porosità molto elevata



**Immagine aerogel**

# Caratteristiche tecniche

- **Dissipazione di energia dovuta a**
  - Resistenza elettrodi
  - Resistenza elettrolita
  - Resistenza di contatto tra elettrodi e collettore di corrente

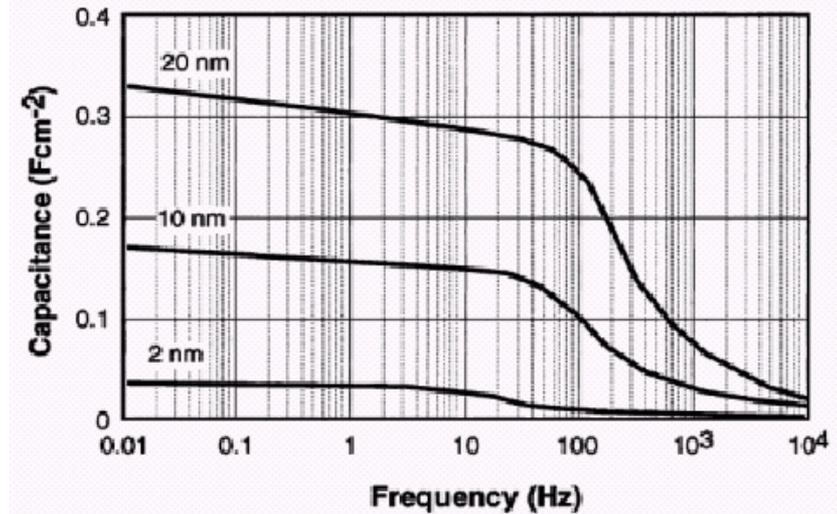
Minima dissipazione  maggiore rendimento

- **Dipendenza da frequenza**

Aumento frequenza



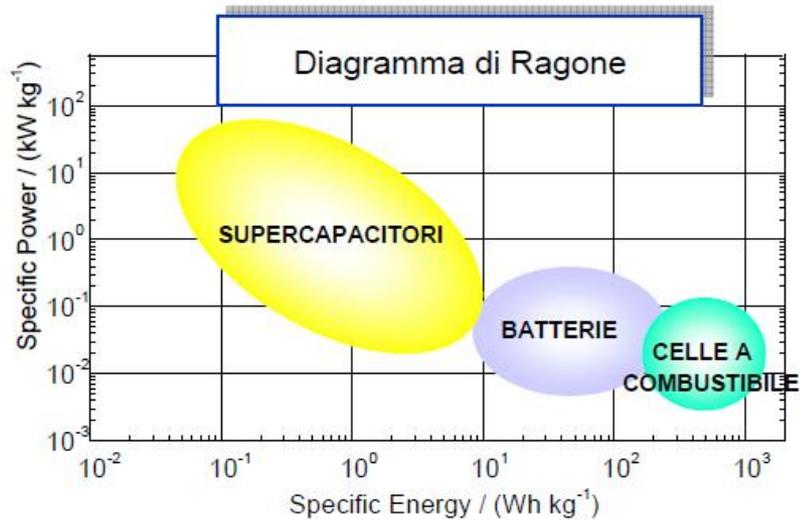
diminuzione capacità



Capacità in funzione della frequenza per diverse dimensioni dei poli

# Caratteristiche tecniche

- **Diagramma di Ragone**



**Diagramma di Ragone per alcuni sistemi di accumulo**

Supercondensatori : maggiore potenza specifica e minore energia specifica

# Dimensionamento impianto

- **Serie-parallelo**

- Accoppiamento serie necessario per soddisfare le alte richieste di tensione
- Accoppiamento parallelo combinato con quello serie porta a una riduzione della resistenza totale
  
- Vantaggi accoppiamento parallelo
  - Aumento energia accumulabile
  - Aumento dei picchi di potenza erogabile

- **Compensazione tensione**

- Resistenza in parallelo a ciascun elemento
- inserimento diodo zener
- Uso di un convertitore DC/DC

# Immagazzinamento elettrostatico dell'energia

In un supercondensatore l'energia accumulata è esprimibile dalla relazione:

$$E = (1/2)CV^2$$

dove la capacità è proporzionale all'area delle piastre e inversamente proporzionale alla distanza tra le piastre

RAPPORTO POTENZA/ENERGIA	W/Wh	>100
ENERGIA SPECIFICA	Wh/Kg	4
DENSITA' DI ENERGIA	Wh/dm <sup>3</sup>	12
CICLI DI VITA	CICLI	400*10 <sup>3</sup>
COSTO	€/KWh	1000

# Confronto fra batterie, supercondensatori e volani

- **Batterie e supercondensatori**

	Energia specifica di volume (Wh/dm <sup>3</sup> )	Densità di potenza (W/dm <sup>3</sup> )	Numero di cicli carica/scarica	Tempi di scarica (s)
Batterie	50-250	150	1 - 10 <sup>3</sup>	> 1000
supercondensatori	0.05 - 5	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>8</sup>	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>6</sup>	<1

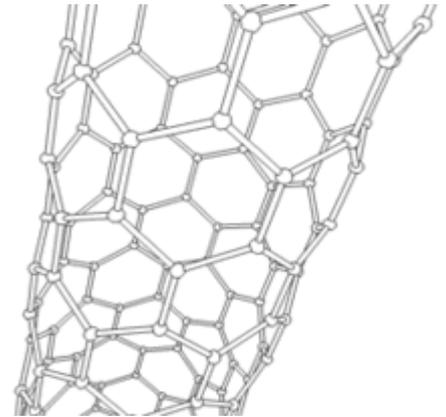
## Confronto tra batterie e supercondensatori

- **Volani**

- Alto immagazzinamento di energia
- Alta potenza specifica
- Energia specifica bassa
- Problemi di sicurezza dovuti a rotazione
- Costo troppo elevato
- Tecnologia non matura come altre

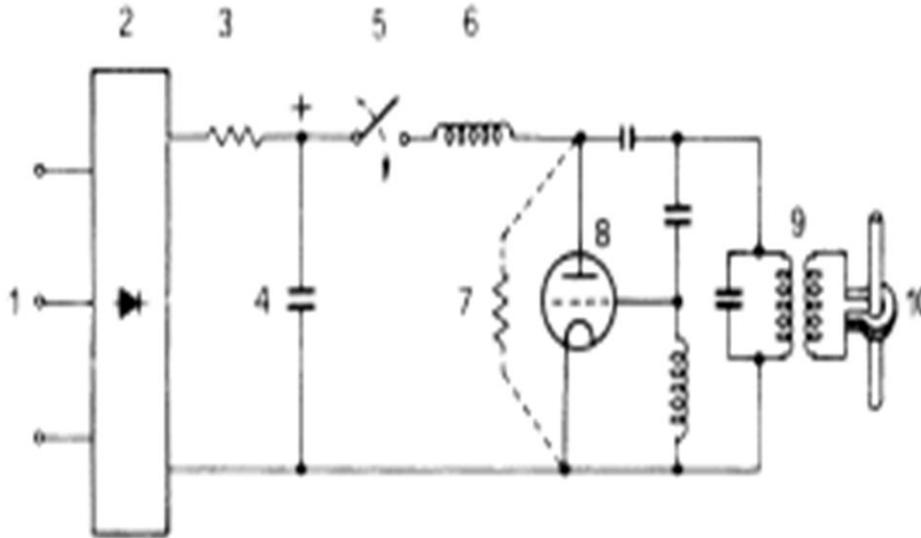
# Nanotubi in carbonio

- **Tipologie nanostrutture**
  - a parete singola ( 1 foglio grafítico avvolto su se stesso)
  - A parete multipla (più fogli avvolti coassialmente uno sull'altro)
- **Proprietà**
  - Alta resistenza a trazione
  - Elevata flessibilità
  - Buone proprietà sia da conduttore che da semiconduttore
  - Sensibilità a campi magnetici
  - Conduttività (dipendente dalla geometria)
- **Possibili usi**
  - Transistor, led, laser ultravioletti, supercondensatori, ecc...
- **Problemi**
  - Necessità di purificazione
  - Costo elevato di produzione
  - Rischi per la salute (infiammazioni e lesioni per polmoni)



**Struttura di un nanotubo**

# Tempra ad induzione



Schema di un generatore di calore ad induzione ad alta frequenza

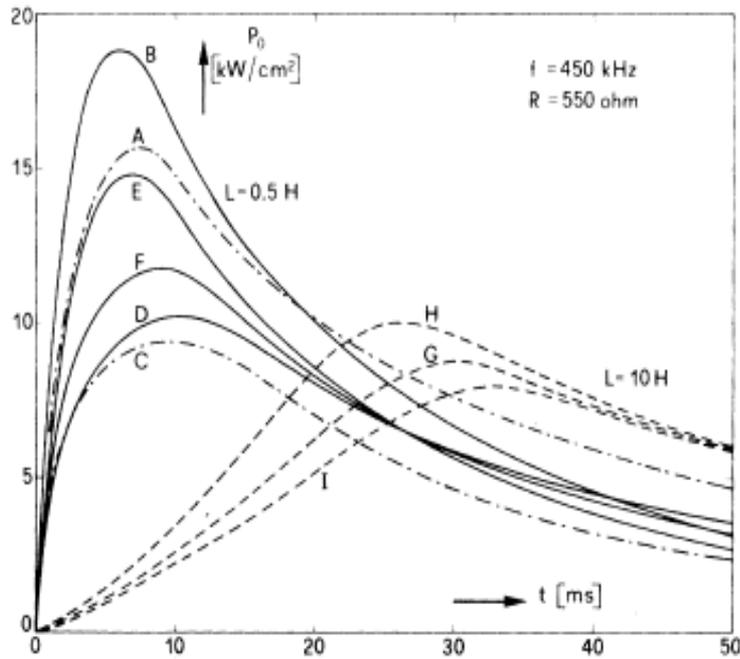
La corrente di scarica è

$$I(t) = (V/R) * K_i(t)$$

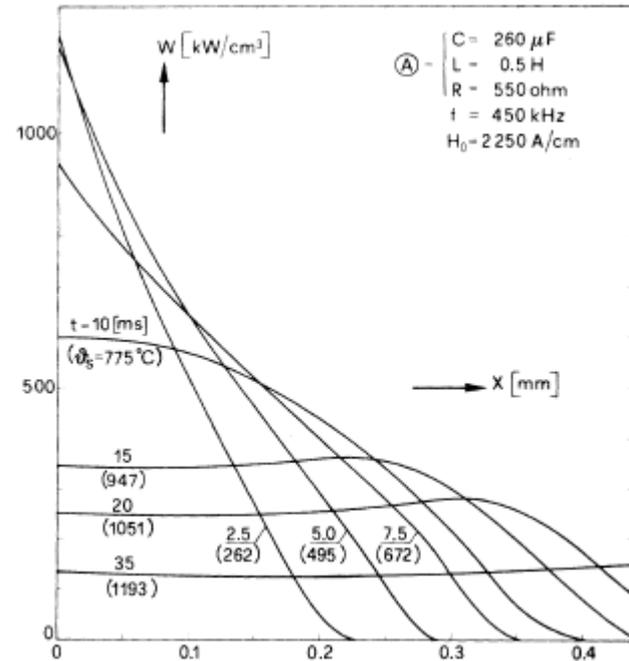
L'intensità del campo magnetico sulla superficie vale

$$H = H_0 * K_i(t)$$

# Tempra ad induzione



**Densità di potenza trasferita al corpo durante la fase di riscaldamento**



**Distribuzione di densità di potenza all'interno del pezzo in lavorazione per diversi stadi del ciclo di riscaldamento**

# Trazione di un bus elettrico

## **Problemi connessi al solo utilizzo di batterie**

- Assorbono tutti gli spike di corrente
- Accumulo di stress eccessivo
- Durata di vita degli accumulatori ridotta

## **Soluzioni**

- Uso di supercondensatori che soddisfano/assorbono i picchi di corrente che possono danneggiare le batterie

## **Vantaggi derivati dall'uso dei supercondensatori**

- Aumento di vita delle batterie
- Risparmio energetico
- Miglioramento dello stato di carica delle batterie

# Locomotore ibrido

- **Restrizioni sempre maggiori sugli inquinanti emessi**



- **Uso di supercondensatori e di fuel cell FC**

- **Uso FC**

- Tecnologia ancora troppo cara

- **Uso supercondensatori**

- Funzionamento ibrido (soluzione migliore)

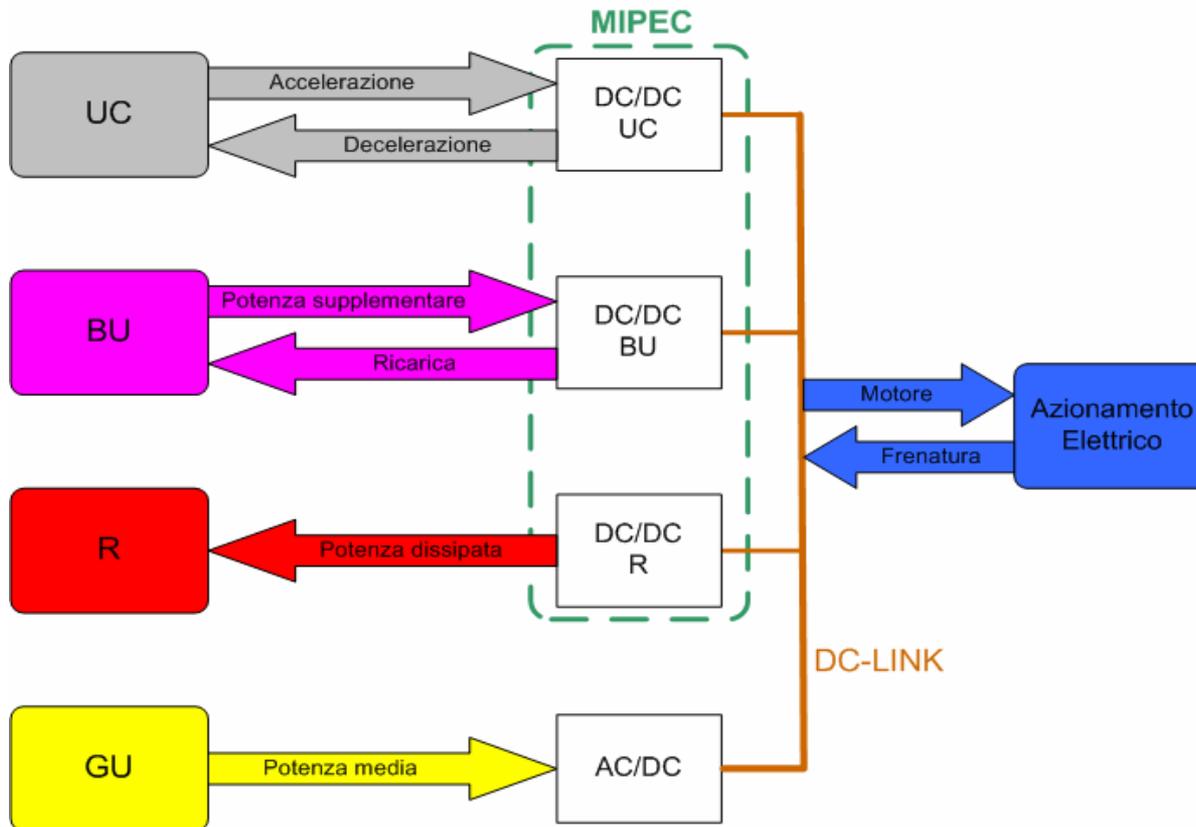
- Aumento di efficienza

- Riduce taglia e peso dei motori diesel

# Locomotore ibrido

- Necessità di un sistema di controllo per gestire flussi di potenza
- Utilizzo di un convertitore **MIPEC**
- **Controllo**
  - In corrente per batterie e reostati di frenatura
  - In tensione per mantenere la tensione di link al valore impostato
- **Vantaggi**
  - Minore stress termico dei componenti
  - Aumento dell'efficienza del sistema

# Locomotore ibrido



**Flussi di potenza gestiti dal mipec**

# Dispositivi in commercio

- Differenti caratteristiche
  - Elettriche
  - Fisiche
  - Geometriche
  - Costo

<p>supercondensatori elettrolitici a doppio-strato (EDLC)</p> 	<p>Strato sottile dell'elettrolita a carbonio attivato</p>	<p>Capacità estremamente grande al rapporto del volume, basso ESR . Disponibile nelle centinaia, o nelle migliaia, di farad. Polarizzato, tensione di funzionamento bassa. I gruppi delle cellule sono impilati per fornire la più alta tensione generale di funzionamento.</p>	<p>Costo relativamente alto.</p>
<p>Supercondensatori ad aerogel</p> 	<p>Aerogel di carbonio</p>	<p>Eccellenti condensatori cilindrici di capacità ultraelevata destinati per uso complementare nel campo automobilistico, basso ESR. La capacità va da 1F fino a 3000F. Questa combinazione della capacità ultraelevata e l'ESR molto basso fanno i componenti estremamente versatili .</p>	<p>Costo relativamente alto.</p>