

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

***Relazione per la prova finale  
«Una revisione critica sulle tecnologie  
emergenti per veicoli elettrici e ibridi»***

Tutor universitario: Prof. Piergiorgio Sonato

Laureando: *Busato Giacomo*

*1217612*

Padova, 12/09/2022

I veicoli elettrici e ibridi hanno avuto un rapido sviluppo delle tecnologie a loro inerenti a causa delle stringenti normative sulle emissioni dei mezzi di trasporto. L'utilizzo di un motore elettrico per la trazione dei veicoli comporta lo sviluppo anche di batterie e metodi di ricarica.

In questa sede vengono esaminate le tecnologie emergenti riguardo a:

- **Macchine elettriche:** i motori più diffusi impiegano magneti permanenti, di seguito verranno esaminati motori innovativi, preferibilmente privi di essi (cioè che non comportano l'utilizzo di terre rare);
- **Fonti di energia elettrochimiche:** oltre alle diffusissime batterie, verranno presentate le celle a combustibile e i supercondensatori;
- **Infrastrutture di ricarica wireless:** attualmente la ricarica dei veicoli avviene via cavo, il che obbliga una ricarica stazionaria. Nel seguito vengono esaminate tecnologie innovative di ricarica wireless stazionaria e dinamica.

## Motori a induzione

- Alimentati da corrente alternata
- Struttura robusta, economica e affidabile
- Manutenzione nulla
- Rotori a gabbia di scoiattolo: elevata coppia/potenza, alta efficienza, range di velocità variabile
- Efficienza e coppia minori di un motore a magneti permanenti

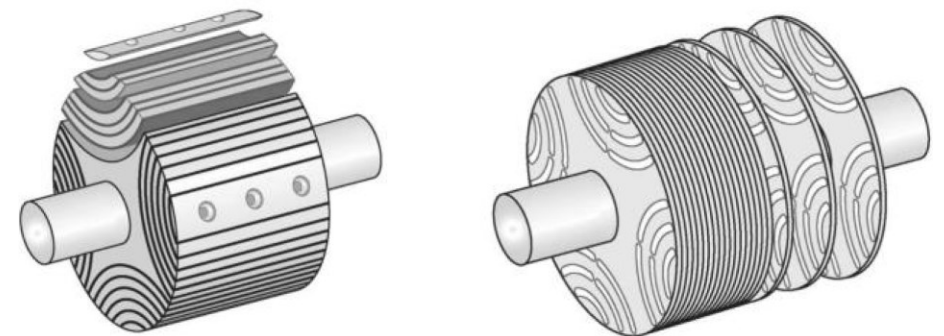
## Innovazioni:

- Tesla: rotore in rame
- Siemens: rotore a gabbia di scoiattolo con barre in rame.

## Macchine a riluttanza variabile

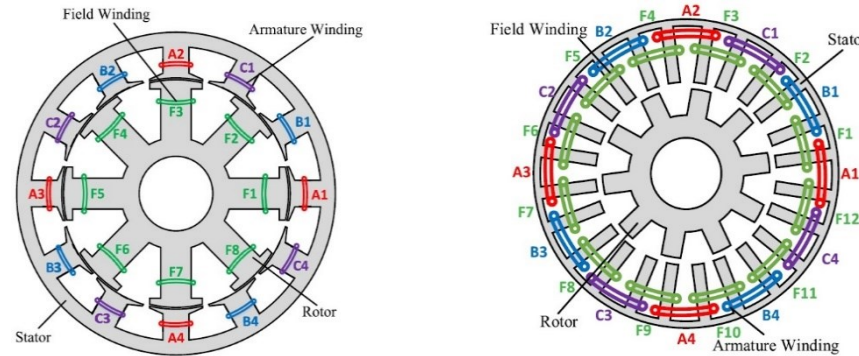
- Semplici, robuste, tolleranti ai guasti
- Ampio range di velocità
- Brushless, assenza di magneti permanenti
- Svantaggi: rumore, vibrazioni, fluttuazioni di coppia

Macchine a riluttanza sincrone: bassi costi, ridotto impatto ambientale, ma rotorì relativamente complicati (laminati assialmente o multibarriera).



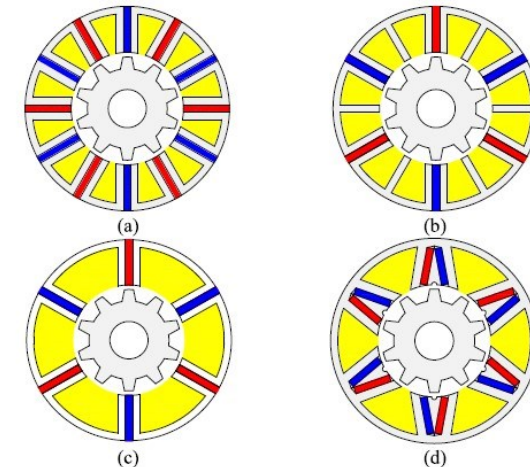
## Macchine sincrone a campo avvolto

- Macchina a rotore avvolto: utilizza anelli e spazzole, avvolgimenti di campo nel rotore
- Macchina a campo avvolto a flusso variabile: avvolgimenti di campo e di armatura nello statore
- Svantaggi: deterioramento del controllo delle performance, rischi di danneggiamento dell'alimentazione



## Macchine a statore PM

- Avvolgimenti di armatura e magneti permanenti nello statore
- Buona dissipazione del calore
- Struttura robusta e compatta del rotore
- Regolazione del flusso ibrida tra PM e avvolgimenti di campo
- Elevata potenza specifica e efficienza
- Alta tolleranza a guasti



## Macchine a modulazione di campo

- Utilizzo di modulatori di flusso magnetico per regolare velocità e numero di coppie polari del campo magnetico iniziale
- Includono macchine a statore PM e PM vernier (PMV)
- Nelle macchine PMV i magneti permanenti possono essere fissati su rotore, denti di statore, giogo dello statore, sia rotore che statore

## Macchine ad alta velocità

Includono motori sincroni a magneti permanenti, motori a induzione, a riluttanza variabile (anche sincroni).

- Motori sincroni PM: vantaggi in potenza e coppia specifica, efficienza e range di regolazione della velocità. Svantaggio dei magneti permanenti (terre rare).
- Motori a induzione: vantaggio della robustezza. Limitazione nel sistema di raffreddamento.
- Motori a riluttanza variabile: vantaggio della robustezza. Svantaggio nella rumorosità e bassi fattori di potenza.
- SynRM: problemi di deformazione del rotore e vuoti di flusso magnetico.

**Batterie:** dispositivi di conversione elettrochimica che convertono materiali attivi in energia elettrica. Possono essere al piombo, al nichel e al litio.

Batterie:	Al piombo	Al nichel	Al litio
Energia specifica (Wh/Kg)	30-50	30-75	120-180
Potenza specifica (W/Kg)	150-200	150-450	200-400
Cicli di vita	400-800	800-2000	600-1200

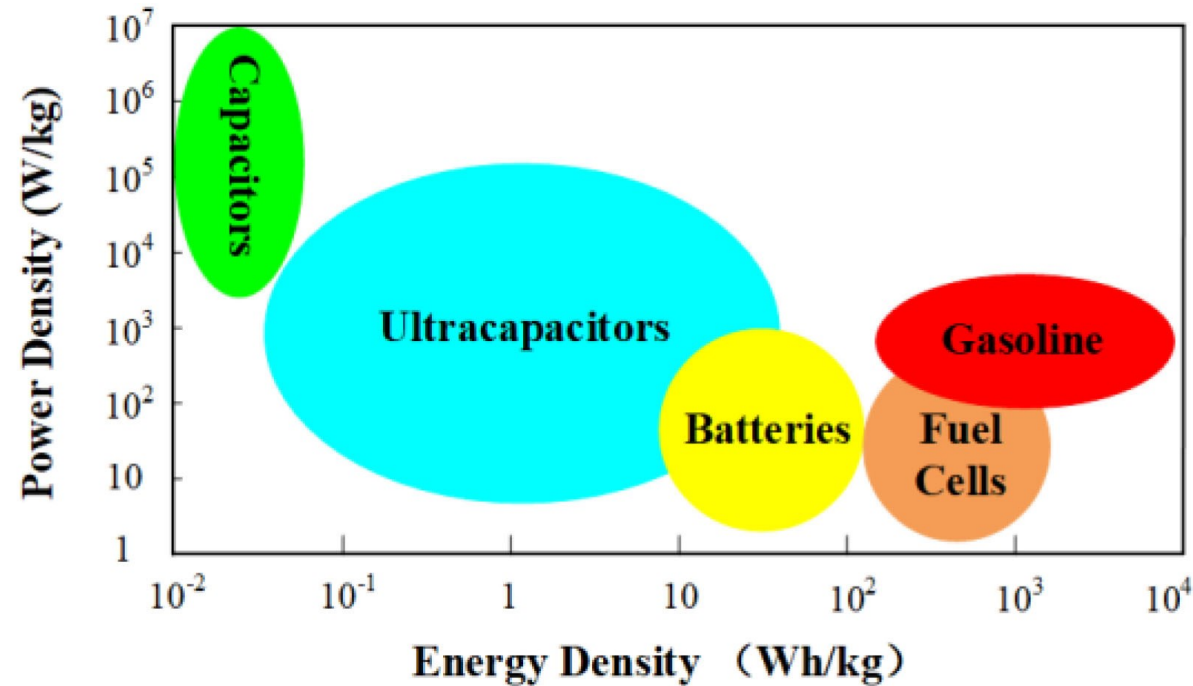
**Celle a combustibile:** convertono energia chimica in energia elettrica. A differenza delle batterie, conservano carburante e ossidanti al di fuori del sistema.

Tipologia:	AFC	PAFC	PEMFC	DMFC
Combustibile	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	Metanolo
Potenza specifica (W/m <sup>3</sup> )	1000-3000	800-2500	3500-6500	1500-3500
Temperatura (°C)	50-150	150-220	50-100	<100
Efficienza	40-60%	40-55%	45-60%	30-40%

**Supercondensatori**: soluzione promettente con elevata capacità rispetto ai condensatori tradizionali. Esistono due tipologie:

- A doppio strato: carica immagazzinata sulla superficie dell'elettrodo, materiali altamente porosi (nanotecnologia). Processo non faradico.
- Pseudo-condensatori: simili ma caratterizzati da un processo faradico (reazioni redox). Generalmente capacità ed energia specifica maggiori rispetto alla tipologia a doppio strato.

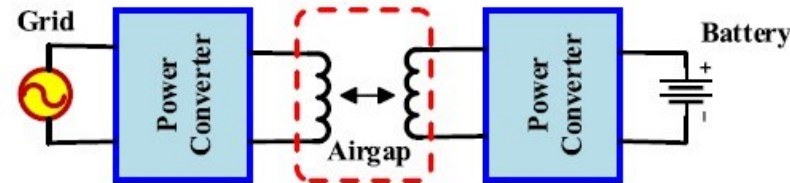
**Confronto fonti di energia**



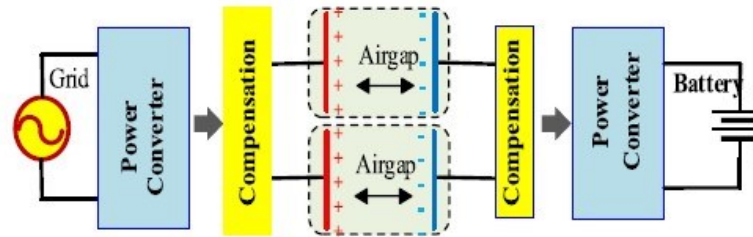
## Generalità

Tecnologia WPT (wireless power transfer) utilizza diversi tipi di accoppiamento:

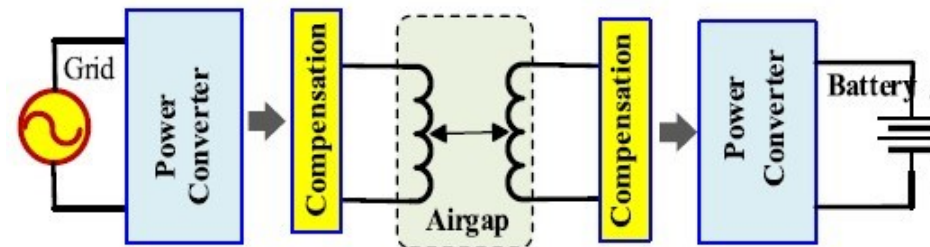
- Accoppiamento induttivo



- Accoppiamento capacitivo



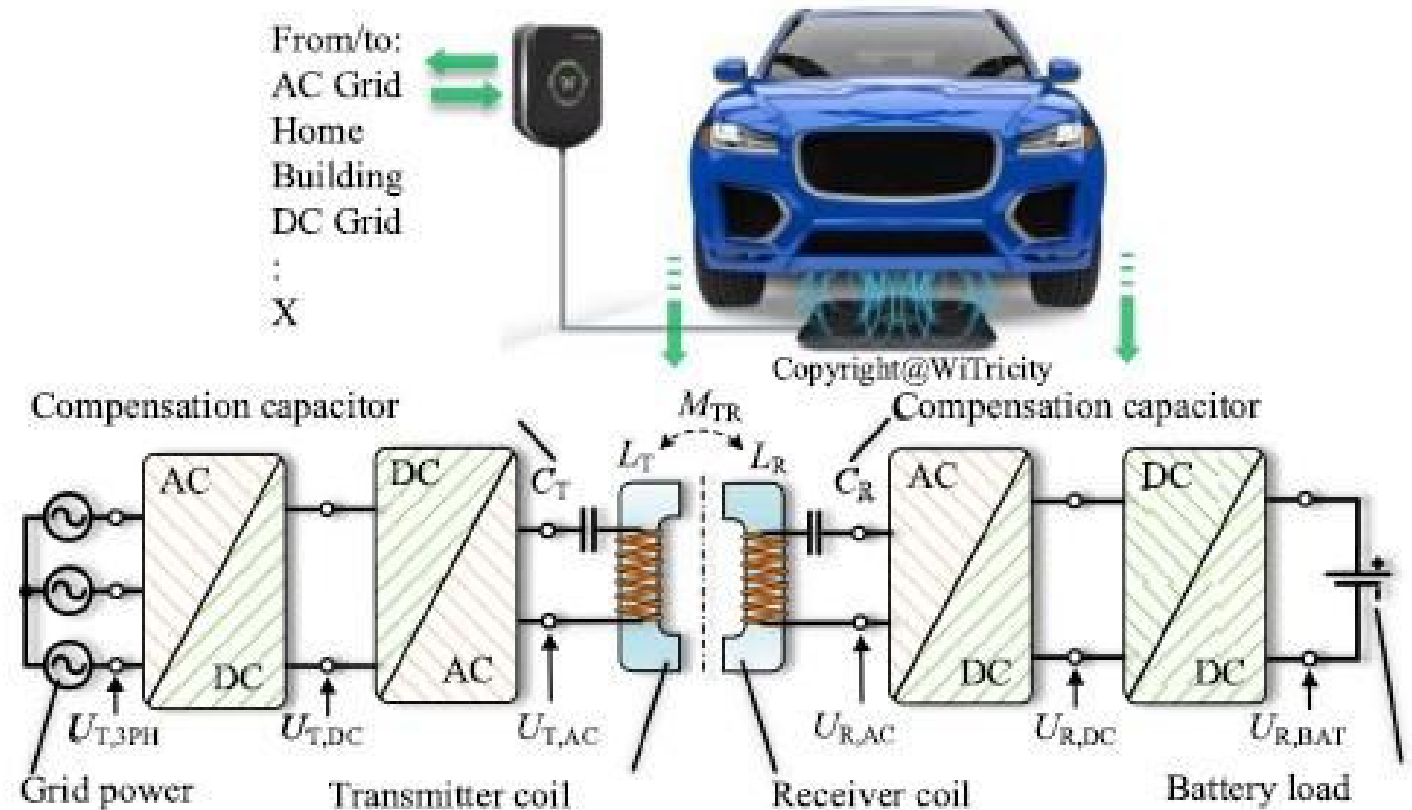
- Accoppiamento magnetico-risonante





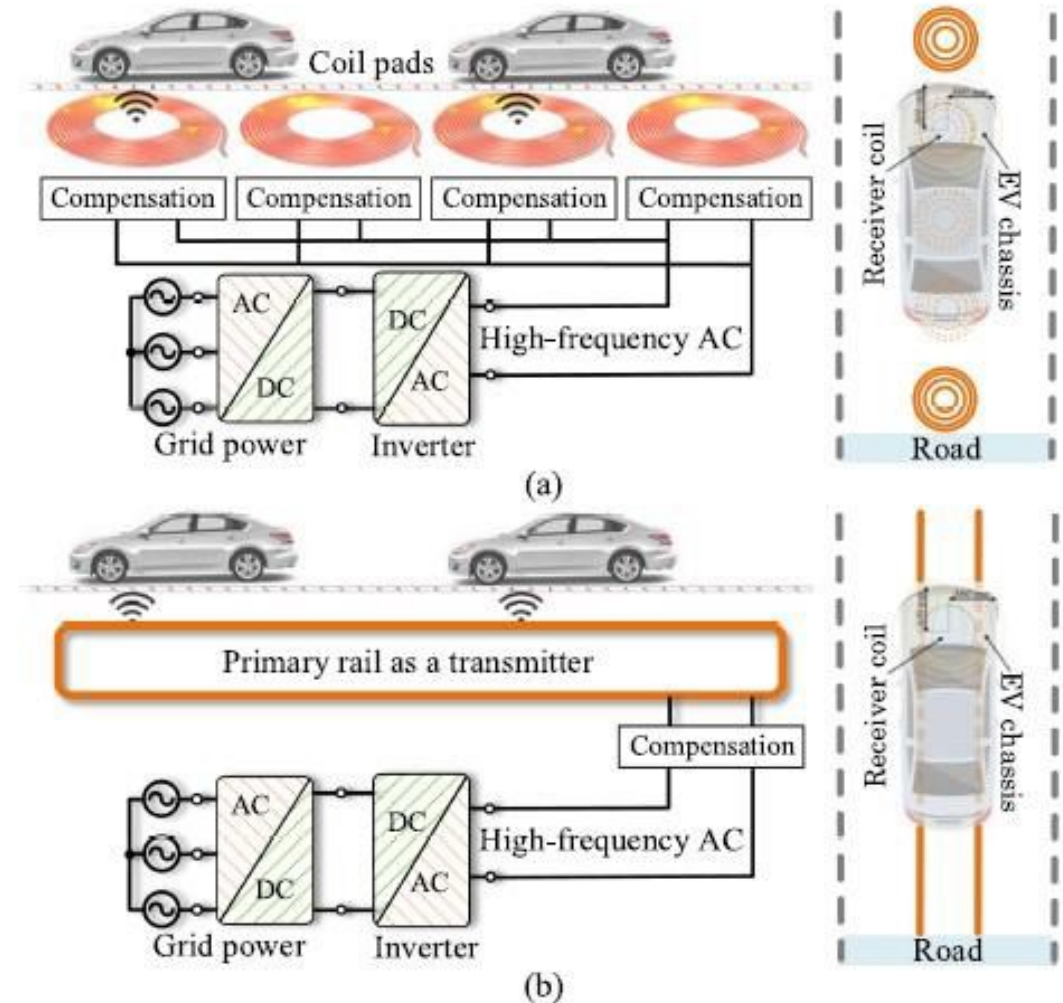
## Park-and-charge (ricarica stazionaria)

- Accoppiamento magnetico tra piastra a terra e sul veicolo: va considerato il disallineamento
- Tecnologia Vehicle to Grid (V2G)
- Scambio di potenza e simultaneamente di informazioni (WPIT, wireless power and information transfer)



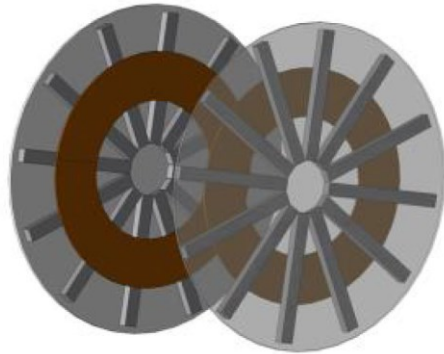
## Move-and-charge (ricarica dinamica)

- Design: a blocchi, a rotaia
- Possibile soluzione al problema dell'autonomia dei veicoli elettrici
- Disallineamento tra bobine a primario e a secondario
- Crittazione dell'energia

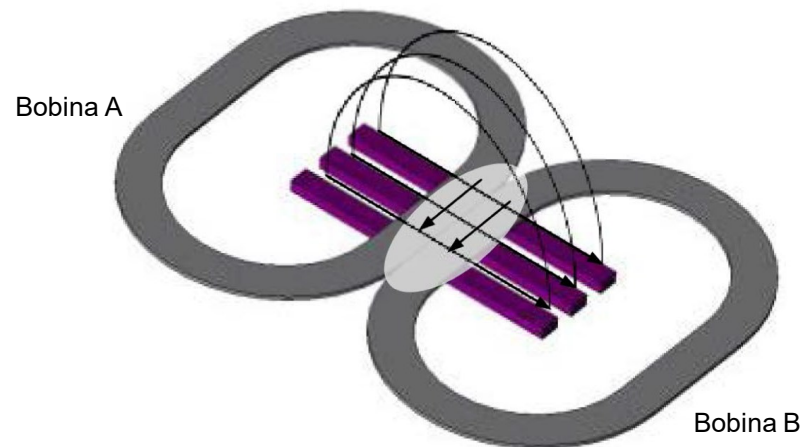


## Design delle bobine di ricarica wireless

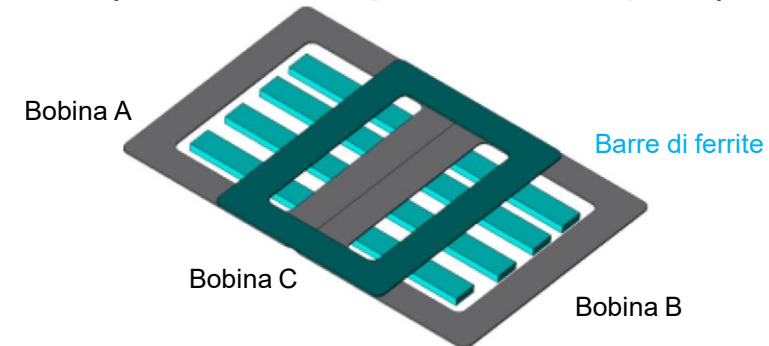
- CP (circular pad)



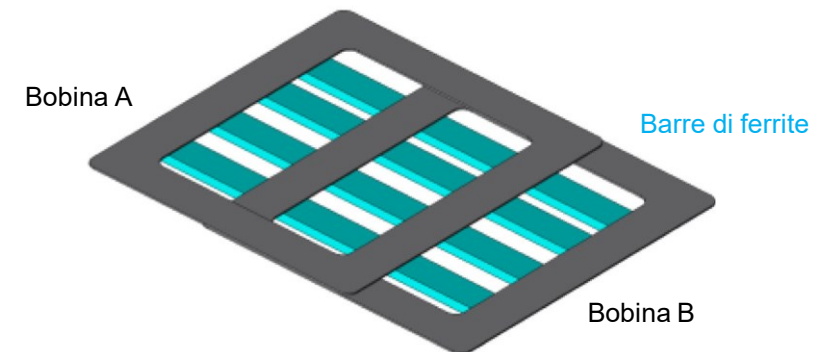
- DDP (double-D pad)



- DDQP (double-D quadrature pad)



- BPP (bi-polar pad)



La mobilità elettrica rappresenta una grande occasione per far fronte ai cambiamenti climatici dovuti al riscaldamento terrestre, grazie all'assenza di emissioni nocive dei motori elettrici.

Tuttavia, le infrastrutture e la produzione di energia elettrica devono essere altrettanto sostenibili per poter rappresentare una valida soluzione a questa tematica così sensibile al giorno d'oggi.

In questa sede sono state presentate le tecnologie emergenti per poter avviare una transizione verso la mobilità elettrica, in particolare:

- Motori elettrici: per essere sostenibili è preferibile che non utilizzino magneti permanenti;
- Fonti di energia;
- Infrastrutture per la ricarica wireless: possono rappresentare la soluzione definitiva al problema dell'autonomia dei veicoli elettrici, ma una massiccia presenza di campi elettromagnetici può essere dannosa per la salute delle persone.

Tutt'ora è necessario un ulteriore miglioramento in ogni ambito sopra citato, ma la ricerca e lo sviluppo sono in continua evoluzione.