Monografía: “Vehículos híbridos y eléctricos”

La tecnología de los motores eléctricos en vehículos.

Jaime Rodríguez Arribas y Marcos Lafoz Pastor

INDUSTRIALES
ETSII | UPM

Dpto. Ingeniería Eléctrica

Tracción eléctrica en vehículos

1. Introducción.

2. Descripción de los componentes principales de un vehículo eléctrico:

   2.1 Motor/Generador eléctrico

   2.2 Convertidor electrónico

   2.3 Sistema de control de la energía eléctrica

   2.4 Sistema de almacenamiento (Baterías, ultracondensadores)

3. Conclusiones.

Introducción. Eficiencia energética

-La energía desarrollada por un vehículo en su funcionamiento se emplea en:

- Vencer la inercia y adquirir energía cinética (aceleración)
- Adquirir energía potencial (subiendo una cuesta). Par resistente de **tipo activo**
- Par resistente de **tipo pasivo** (rozamiento-rodadura y fricción aerodinámica

(sólo debería perderse la energía involucrada en este último (pares pasivos), la empleada en acelerar o en subir una cuesta debería recuperarse al frenar o bajar la cuesta)

-Los vehículos con propulsión eléctrica y baterías, disponen de esta capacidad de funcionamiento reversible y almacenamiento de la energía (e. eléctrica).

-Se estima que en un ciclo urbano el 60% de la E. consumida se emplea en vencer inercias (energía recuperable!).

-En circuito urbano la velocidad media de los desplazamientos es inferior a la mitad que en carretera, luego la energía gastada en rozamiento y fricción es muy reducida.

-CONCLUSIÓN: Con "Tracción Eléctrica", se estima que se podría lograr un consumo en circuito urbano inferior a la mitad del que se tiene en carretera.

Introducción. Circunstancias propicias para la llegada del vehículo eléctrico.

- Desde el punto de vista **medioambiental**. Contaminación acústica y atmosférica en ciudad.

- Desde el punto de vista **tecnológico**. Evolución de las baterías.

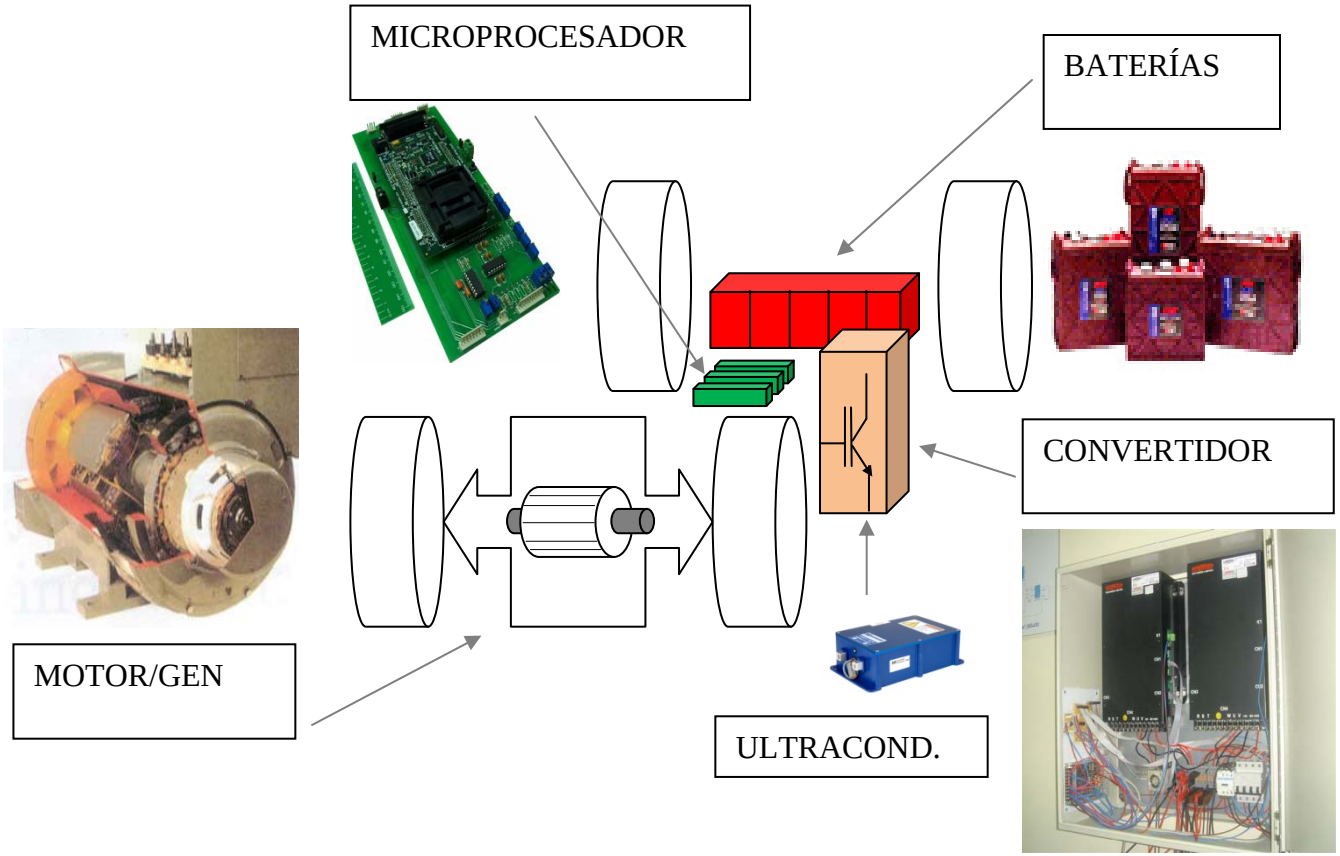
-Desde el punto de vista de **estrategia política energética.** Dependencia del exterior / $ crudo

-Personalmente…. Es la evolución lógica del transporte (lo que hacemos es mejorable).

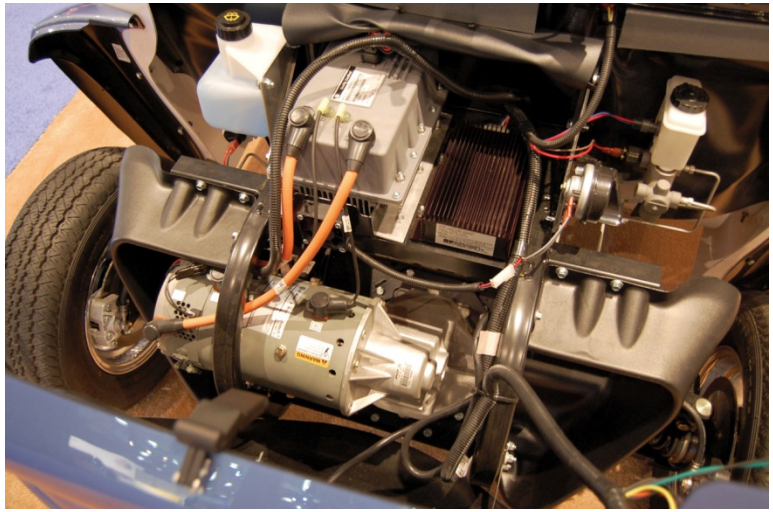
Tracción eléctrica en vehículos

1. Introducción.
2. **Descripción de los componentes principales de un vehículo eléctrico**:
   - 2.1 Motor/Generador eléctrico
   - 2.2 Convertidor electrónico
   - 2.3 Sistema de control de la energía eléctrica
   - 2.4 Sistema de almacenamiento (Baterías, ultracondensadores)
3. Conclusiones

Esquema general de los componentes del sistema de tracción en un vehículo eléctrico



MOTORES UTILIZADOS EN TRACCIÓN ELÉCTRICA:



-MOTORES ASÍNCRONOS O DE INDUCCIÓN

-MOTORES SÍNCRONOS DE IMANES PERMANENTES

-MOTORES DE FLUJO AXIAL

-MÁQUINAS DE RELUCTANCIA CONMUTADA

-MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA SIN ESCOBILLAS (BRUSHLESS DC)

MOTORES ASÍNCRONOS O DE INDUCCIÓN

-Datan de finales del siglo XIX (Tesla.1990)

-Son los más extendidos en la industria (80% de los motores) debido a su robustez, bajo coste y escaso mantenimiento

-En accionamientos con regulación de la velocidad como los de tracción eléctrica, donde antes había MCC, hoy se instalan MA alimentados mediante convertidores electrónicos

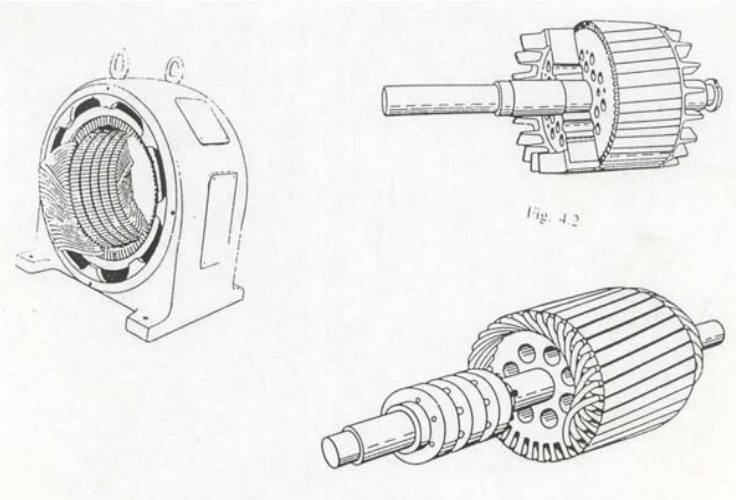
Constitución de un motor eléctrico:

Estator-rotor-entrehierro

Tipos de Máquina Asíncrona:

Jaula de ardilla

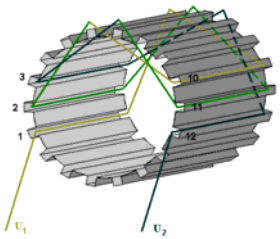
Rotor devanado

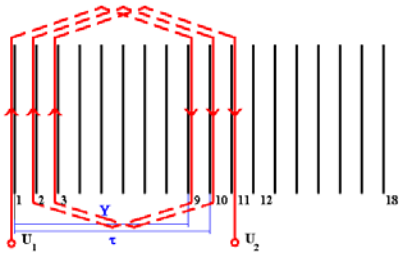


MOTORES ASÍNCRONOS O DE INDUCCIÓN

Hay cuatro **constituyentes** de un motor eléctrico:

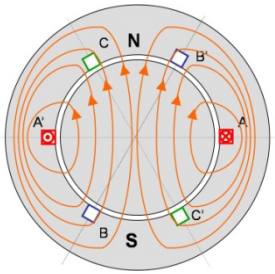
-Circuito eléctrico

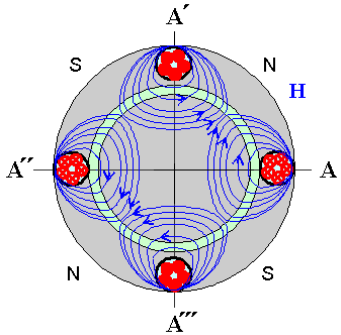




$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p} (r.p.m)$$

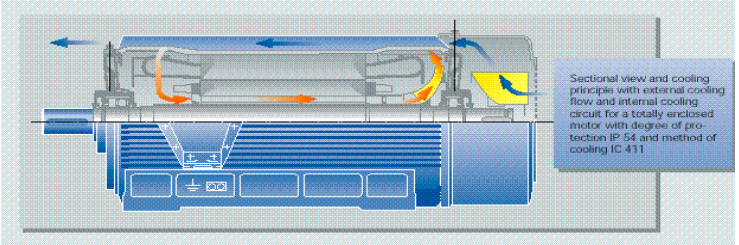
-Circuito magnético





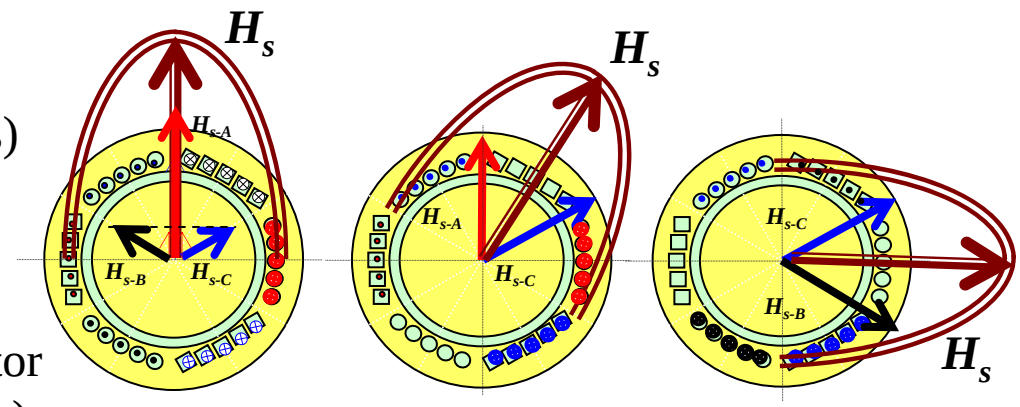
-Aislamientos

-Refrigeración



MOTORES ASÍNCRONOS O DE INDUCCIÓN

Principio de funcionamiento:



-Campo senoidal giratorio en estator (Hs)

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p} (r.p.m)$$

-Inducción de f.em. y corrientes en el rotor
-Campo senoidal giratorio en el rotor (Hr)

$$n_2 = \frac{60 \cdot f_2}{p} (r.p.m)$$

-Interacción entre ambos campos:
Par electromagnético

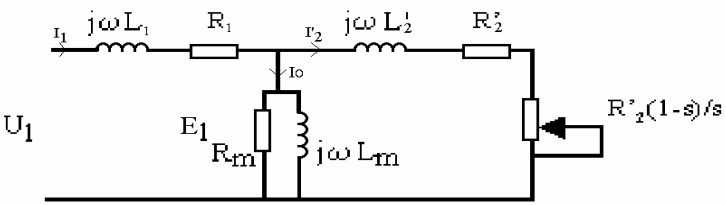
$$T = [H_s] \cdot [H_r] \cdot sen\phi_{sr}$$

-El rotor gira a velocidad asíncrona respecto al campo: deslizamiento (s=2% ··· 6%)

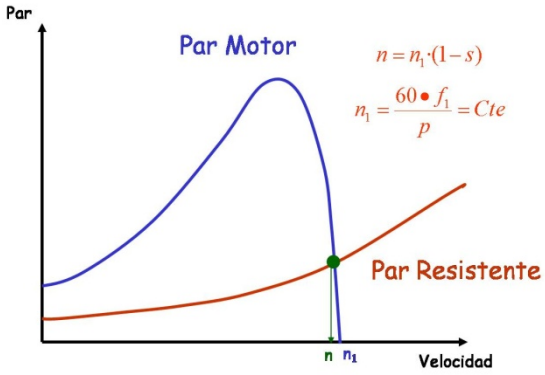
$$s = \frac{n_1 - n}{n_1}.100$$

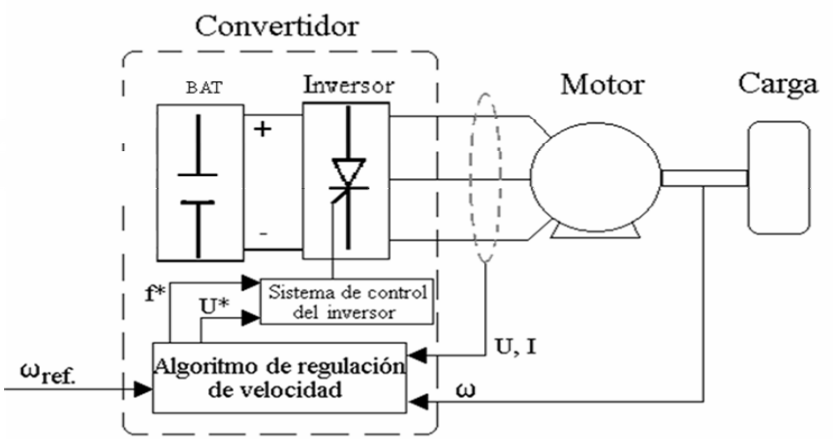
MOTORES ASÍNCRONOS O DE INDUCCIÓN

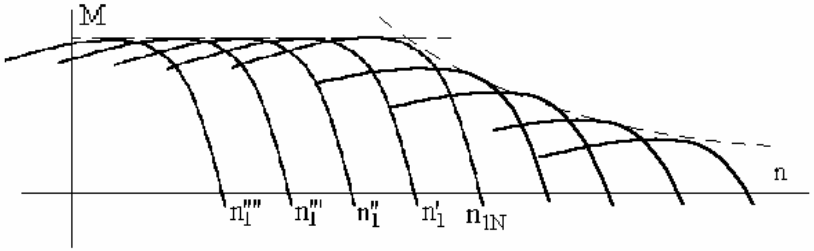
Modelo de la M.A.



$$Mm = \frac{3 \cdot \frac{R'_2}{s}}{\frac{2\pi \cdot n_1}{60}} \cdot \frac{U^2}{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)^2 + Xcc^2}$$



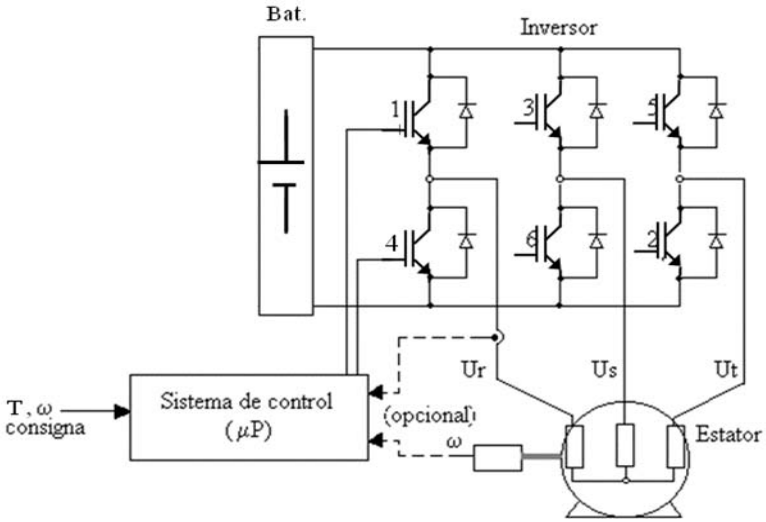


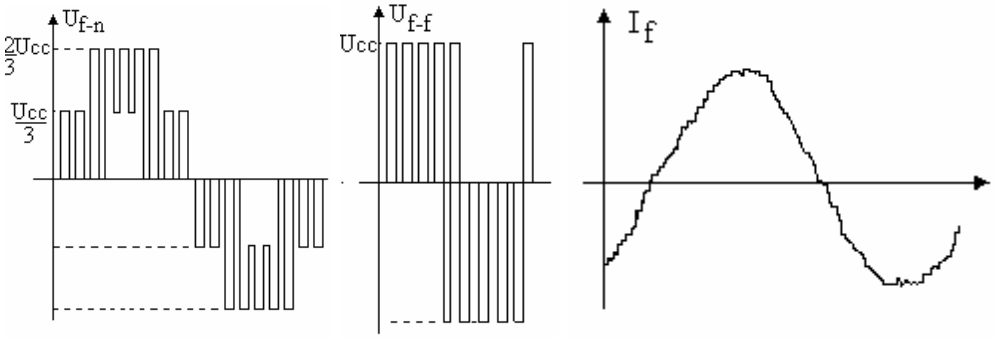


MOTORES ASÍNCRONOS O DE INDUCCIÓN

Convertidor electrónico

(Bidereccional)



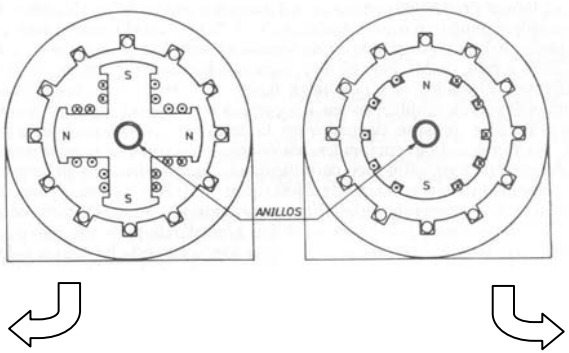


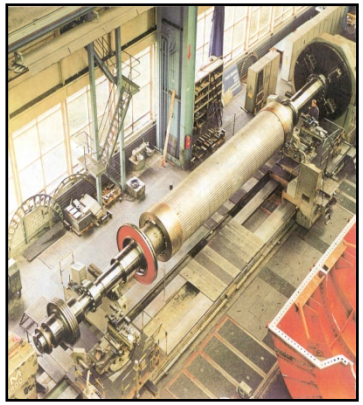
MOTORES SÍNCRONOS DE IMANES PERMANENTES

La Máquina Síncrona

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Convencionalmente se ha utilizado en aplicaciones de generación de energía eléctrica





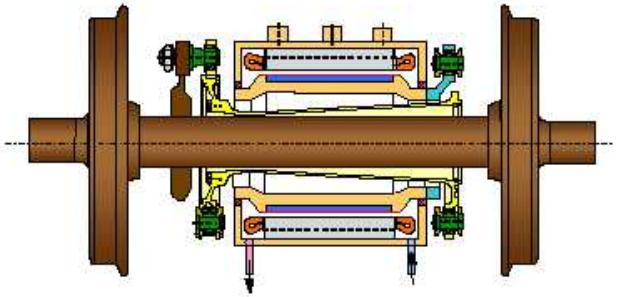
Polos salientes

Rotor cilíndrico

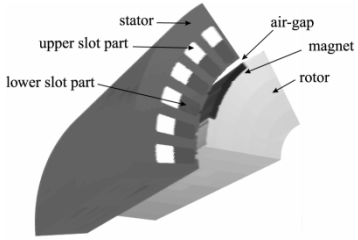
Hoy también se usa cada vez más como motor, debido a que tiene una mayor densidad de potencia y mejor rendimiento que las máquinas asíncronas

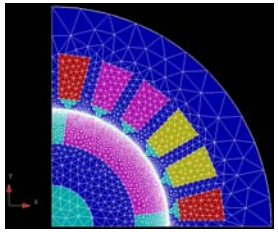
MOTORES SÍNCRONOS DE IMANES PERMANENTES

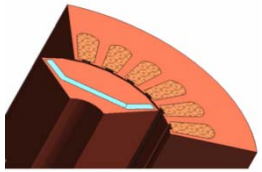
-Circuito de excitación sustituido por imanes permanentes de alta energía:
Ej: NdFeB. Se reduce volumen!! Aprox. 30% más pequeños y 10% más eficientes



-Existen motores de imanes superficiales (SPM) y motores de imanes interiores (IPM)

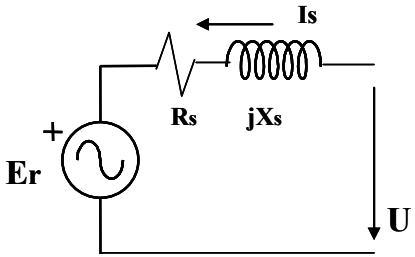


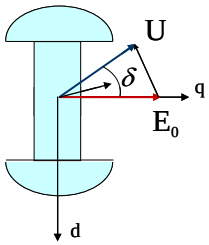


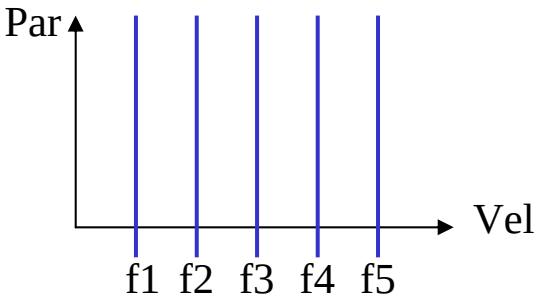


MOTORES SÍNCRONOS DE IMANES PERMANENTES

Modelo de la M.S:





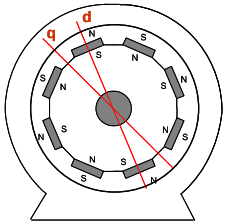


Convertidor electrónico:

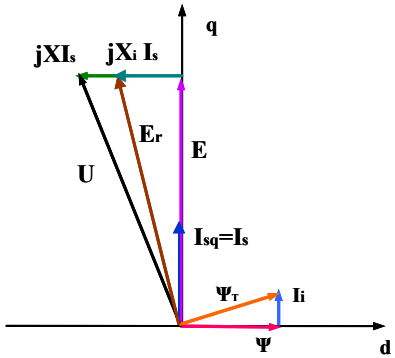
Es similar al de la M.A, pero como no debe magnetizar la máquina conduce menor corriente. Debido a las reactancias más bajas debe trabajar con mayor frecuencia de conmutación o aumentará el rizado de la corriente.

Sistema de control:

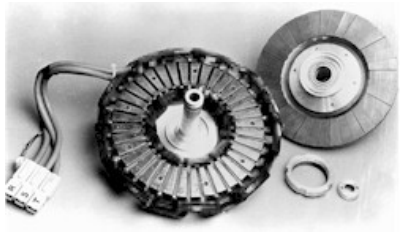
Vectores espaciales

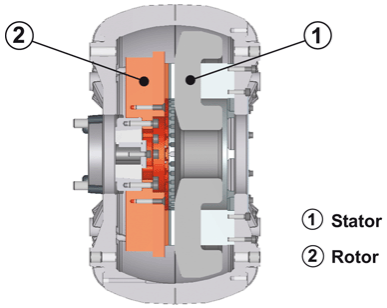


$$T_e = \frac{3}{2} p \psi_m i_{sq}$$



MOTORES DE FLUJO AXIAL

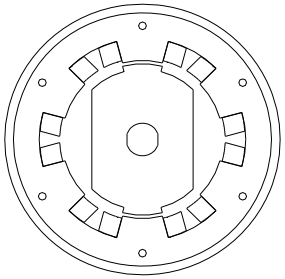


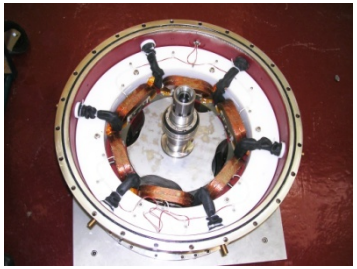


-Motores síncronos de imanes permanentes
-Permiten ser integrados directamente en la rueda del vehículo, optimizando el espacio en el vehículo y simplificando los acoplamientos mecánicos entre motor y rueda
-Tienen estator y rotor dispuestos de forma longitudinal sobre el eje
-Dirección de establecimiento del flujo la paralela al eje
-Inconveniente: esfuerzos radiales

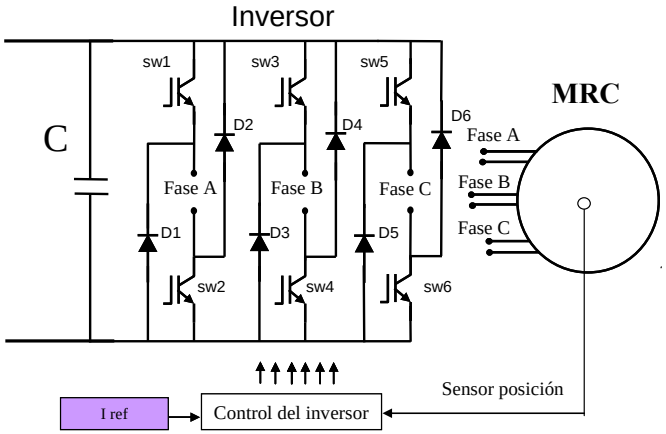
MÁQUINAS DE RELUCTANCIA CONMUTADA

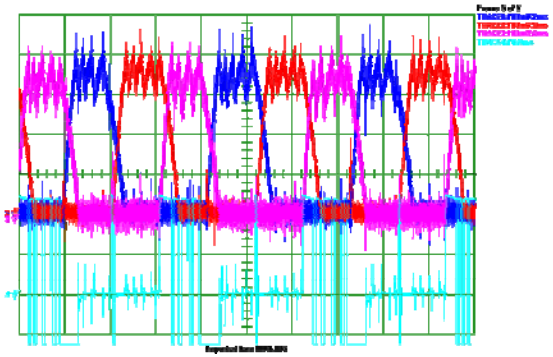
Las bobinas del estator son concentradas
Idóneas para tracción por su elevado par, su robustez, sencillez de fabricación y porque la electrónica y control requeridos son sencillos.

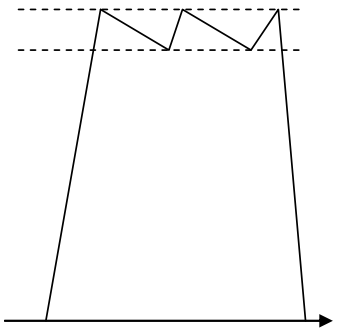




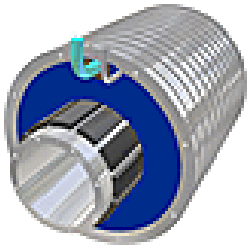
Inconvenientes:
-necesidad de un sistema de detección de posición
-rizado en el par que presenta
-bajo factor de potencia







MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA SIN ESCOBILLAS (BRUSHLESS DC)



-Las máquinas de corriente continua son las tradicionales en tracción eléctrica

-Inconvenientes: costosa construcción y mantenimiento colector-escobillas

-El motor brushless DC incorpora imanes permanentes en vez de circuito inductor:

1) la conmutación se realiza de forma electrónica en lugar de mecánica
2) los imanes permanentes van alojados en el rotor en lugar de en el estator
3) las bobinas del inducido van alojadas en el estator, constituyendo un devanado monofásico o polifásico

-Su funcionamiento se basa en la alimentación secuencial de cada una de las fases del estator de forma sincronizada con el movimiento del rotor

-La alimentación en corriente continua simplifica la electrónica del convertidor

-Inconveniente: Se necesitan sensores para detectar la posición del rotor

Tracción eléctrica en vehículos

1. Introducción.
2. Descripción de los componentes principales de un vehículo eléctrico:
   - 2.1 Motor/Generador eléctrico
   - 2.2 Convertidor electrónico
   - 2.3 Sistema de control de la energía eléctrica
   - 2.4 Sistema de almacenamiento (Baterías, ultracondensadores)
3. **Conclusiones**

Vehículos eléctricos comerciales (mercado).

MODELO (HÍBRIDOS)	MOTOR	BATERÍAS
	Motor Síncrono IP 60 kW (650V)– 207 Nm (0-13.000 r.p.m.)	NiMH 200 V (27 kW)
HONDA INSIGHT	Brushless DC Motor IP 10 kW – 78 Nm	NiMH 100 V (5,75 Ah)
CHEVROLET VOLT OPEL AMPERA	111 kW – 370 Nm	Li-IÓN 370 V (16 kWh)
SEAT LEON TWIN DRIVE ECOMOTIVE	150 kW	Li-IÓN 300 V (40 Ah)

Vehículos eléctricos comerciales (mercado).

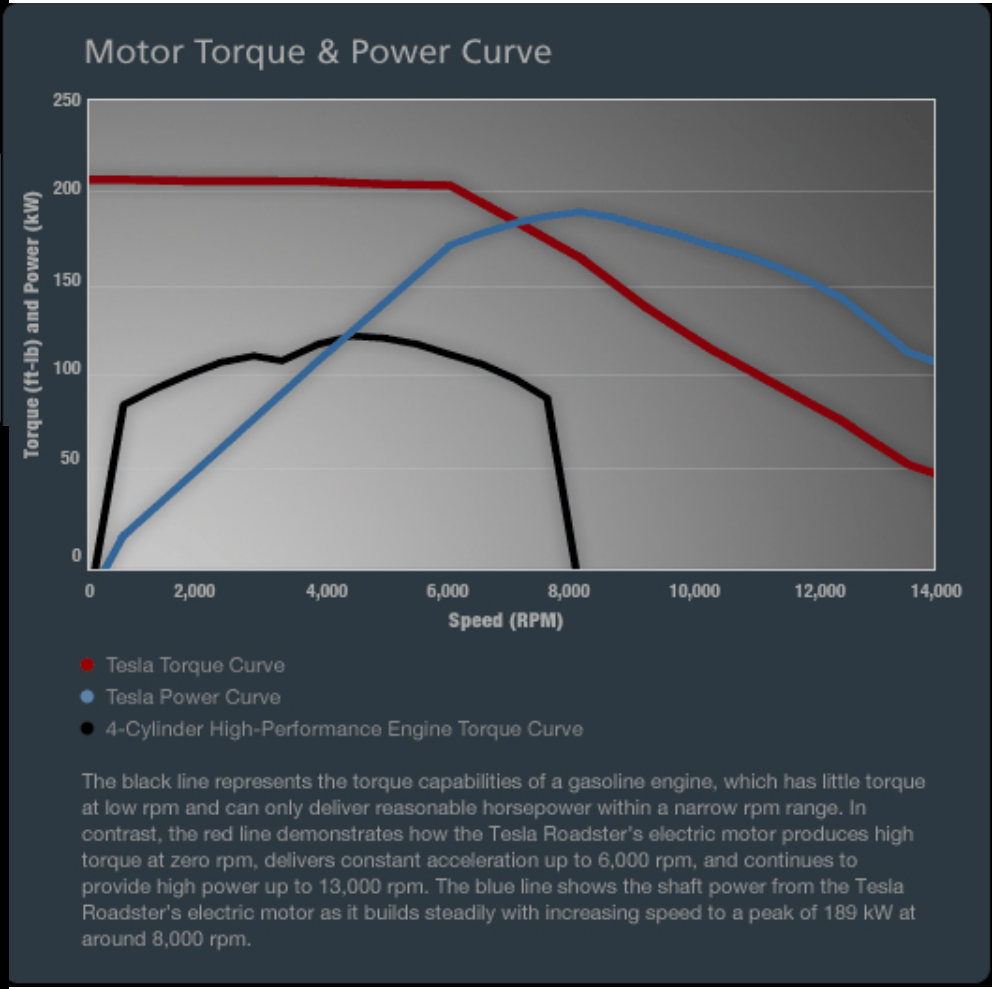
MODELO (ELÉCTRICOS)	MOTOR	BATERÍAS
MITSUBISHI iMIEV PEUGEOT iON CITRÖEN	Motor Síncrono IP 47 kW – 180 Nm (0-8.500 r.p.m.)	Li-IÓN 330 V (50 Ah)
RENAULT ZE	70 kW	Li-IÓN 400 V (90 kW)
MINI (BMW)	150 kW – 220 Nm	Li-IÓN
SMART ED	30 kW	Li-IÓN
TESLA MOTORS ROADSTER	Motor Inducción 185 kW (375V)– 375 Nm (0-4.500 r.p.m.)	6.831 individual Li-IÓN
REVA	Motor Inducción 14,5 kW 52 Nm (8000rpm)	-Pb-Ácido -Li-IÓN
TOYOTA FT-EV	45 kW– 160 Nm (0-2.690 r.p.m.)	

Vehículos eléctricos comerciales (mercado).

2010 Tesla Roadster

Technical Specifications

Motor	375 volt AC induction air-cooled electric motor with variable frequency drive.	
	Max Net Power	Base: 248 HP (185 kW) @ 5000-8000 rpm Sport: 288 HP (215kW) @ 4,400-5,800 rpm
	Max RPM	14,000
	Efficiency	92% average, 85% at peak power
	Torque	Base: 276 ft/lb (375 Nm) @ 0-4,500 rpm Sport: 295 ft/lb (400 Nm) @ 0-5,100 rpm
Transmission	Single speed fixed gear with electrically-actuated parking lock mechanism and mechanical lubrication pump	
	Overall Final Drive	8.28:1
	Reverse	Reverse direction of motor, limited to 15 mph
	Final Drive Ratio	3.12:1
Acceleration	Base: 0 to 60 mph in 3.9 seconds Sport: 0 to 60 mph in 3.7 seconds	
Top Speed	125 mph (electronically limited)	
Range	244 miles	
Expected Battery Life	Seven years or 100,000 miles.	
Battery	Custom microprocessor-controlled lithium-ion battery with 6,831 individual cells.	
Full Charge	About 3.5 hours using the Tesla Motors Home Connector at 240 Volts and 70 amps.	



Conclusiones sobre motores en vehículos eléctricos:

Se han mencionado las ventajas e idoneidad de la tracción eléctrica para el transporte urbano, pero en carretera….:

-Mientras dure el proceso de evolución de las prestaciones del vehículo eléctrico (baterías y pila de combustible) hasta alcanzar los requerimientos a los que el actual usuario de vehículos está acostumbrado, los **vehículos híbridos** jugarán un papel decisivo en esta transición.

Monografía: “Vehículos híbridos y eléctricos”

POLITÉCNICA

Muchas gracias

INDUSTRIALES
ETSII | UPM

Dpto. Ingeniería Eléctrica