

# Hibrid és villamos járművek, autók villamos hajtásai

Vincze Gyuláné  
BME, Villamos Energetika  
Tanszék  
Villamos Gépek és Hajtások  
Csoport

## Járművek segédüzemi hajtásai

- Biztonságtechnikai és kényelmi hajtások:
  - ablaktörlő, ülésállító, ablakemelő, tetőablak nyitó, központi zár, tükörmozgatók, fényszóró állítók, ...
  - ventilátorok, fűtésszabályozók,
  - villamos szervokormány
- A belsőégésű motort szolgáló villamos hajtások:
  - üzemanyag szivattyú, hűtőventillátor,
  - villamos gázpedál (E-gáz), alapjárat szabályozó,
  - automata sebességváltó működtető motorjai,
  - indítómotor és töltőgenerátor

## Segédüzemi hajtások típusai, szabályozás igénye

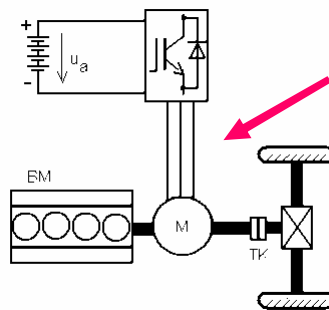
- Fordulatszám szabályozású hajtások, pl. fűtőventillátorok, ablaktörlő,...
- Pozíció szabályozású hajtások, pl. E-gáz, ülésállító hajtások
- Nyomaték szabályozású hajtás van pl. a villamos szervó kormányban
- Extra üzemű szabályozatlan hajtás, pl. az üzemanyag szivattyú, ami benzin-hűtésű, vagy a tartályon belül elhelyezve, vagy benzin átfolyással hűtve
- Rövididejű nyomatékot adó, nagy túlterhelhetőségű hajtások, pl. automata váltó motorjai, indítómotor (starter)

A segédüzemi villamos hajtások nagy száma miatt a kezelhetőség és áttekinthetőség csak buszvezérlésre alkalmas, címezhető, és elektronikusan ellenőrizhető intelligens hajtásokkal valósítható meg.

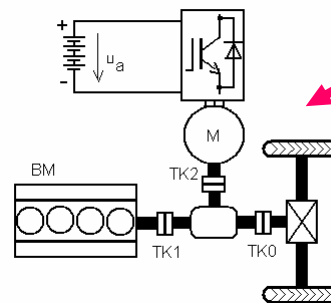
## Segédüzemi hajtások motortípusai

- többségben egyenáramú kommutátoros motoros hajtások, állandómágneses gerjesztéssel, esetleg külső, vagy soros gerjesztéssel,
- újabban elektronikus kommutátoros motoros hajtással kiváltva,
- kivételesen alkalmazhatnak léptetőmotoros hajtást is, pl. Mono-Jetronic-nál alapjárat állításhoz
- töltés szabályozáshoz többnyire szabályozott gerjesztésű, körmöspólusú szinkrongenerátort használnak

## Belsőégésű motorral és villamos motorral hajtott hibrid járművek

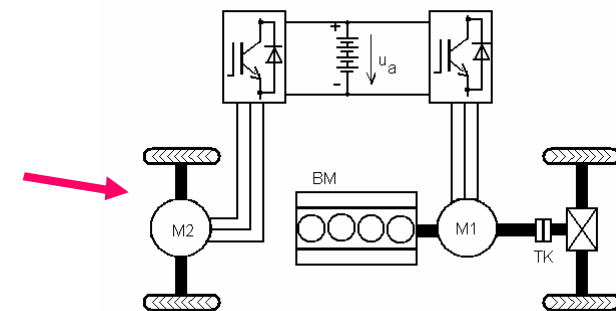


motor-assist rendszerű járműhajtás,  
amelynél az ICE és a villamos gép közös tengelyű



párhuzamos hibrid-villamos  
rendszerű járműhajtás

első-hátsó tengelyen megosztott  
párhuzamos hibrid-villamos  
hajtásrendszer



## A legegyszerűbb hibrid-villamos járműhajtás

**Indítómotor  
(DC kommutátoros motor)**

**Töltőgenerátor  
(Körmöspólusú szinkrongép)**



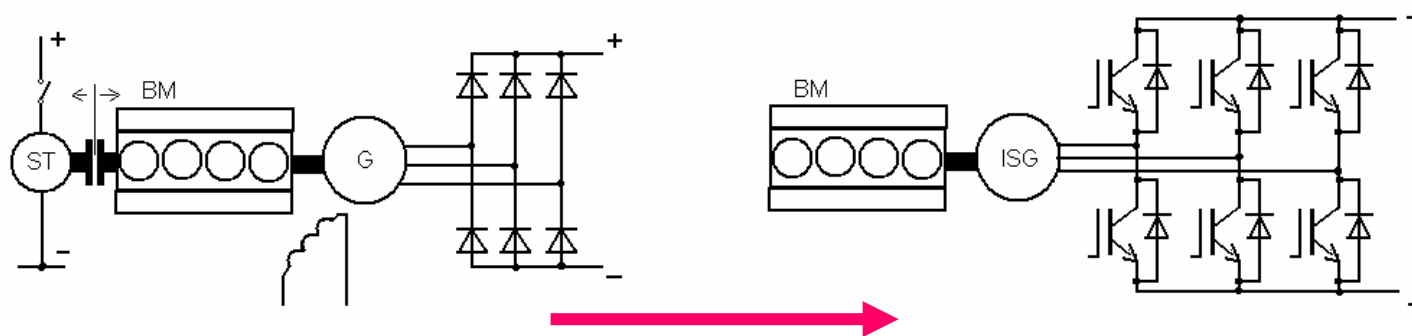
**ISAD**

**Integrated starter+alternator+damper**

**Magyar rövidítése: ISG**

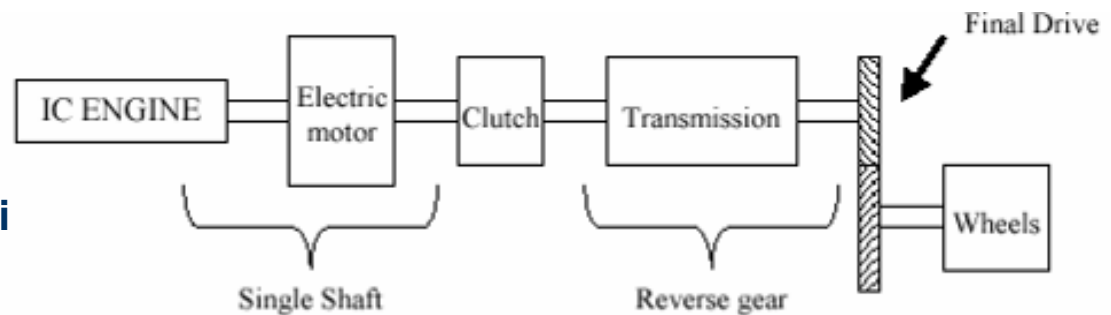
**Más elnevezései: IMA Integrated Motor-Assist  
„mild-hybrid”**

## Az indítómotor és a töltőgenerátor integrálása



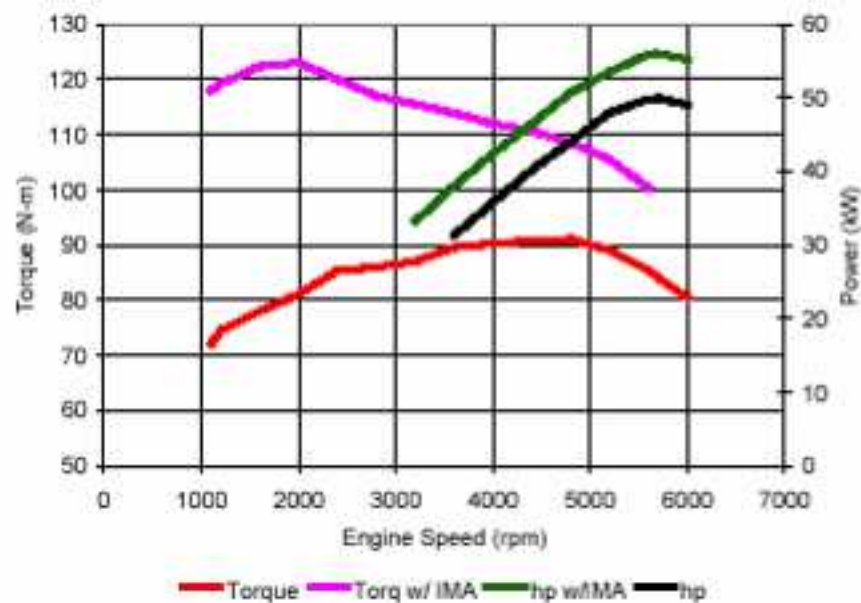
**ISG - főtengelyre épült, inverteres táplálású aszinkron-, vagy szinkron gépes hajtás**

**Mechanikai felépítés**



## ISG előnyei

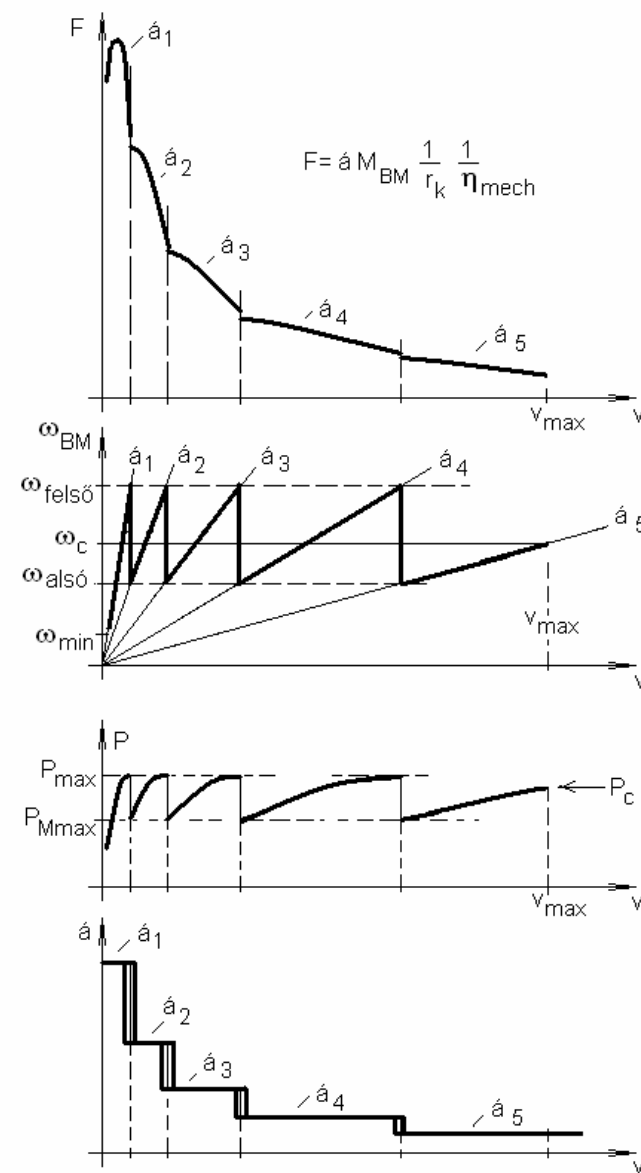
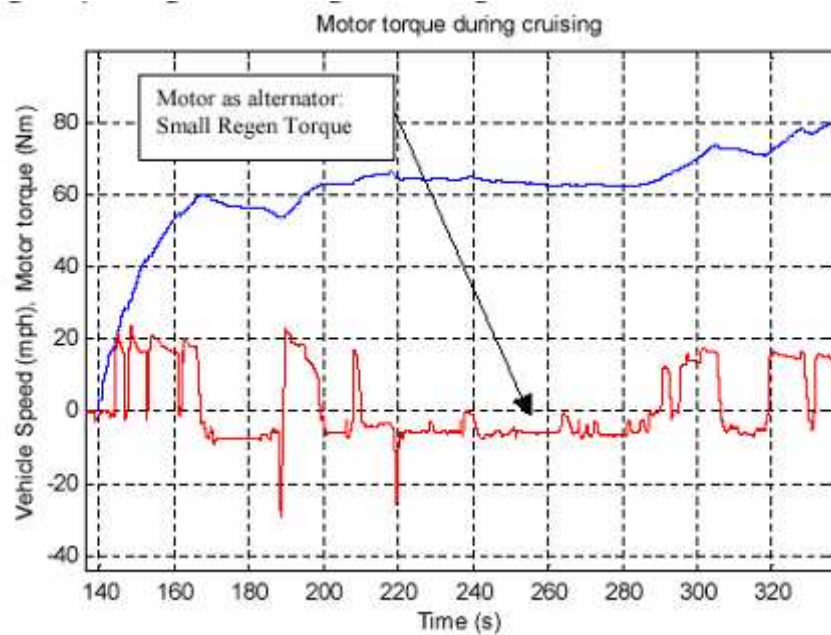
- a belsőégésű motor szabályozottan indítható
- szabályozott akkumulátor töltés megvalósítható
- ISG képes villamos nyomaték rásegítésre (IMA funkció)
- a start-stop funkció könnyebben megvalósítható
- ISG-vel nyomaték lüktetés csökkenthető
- a jármű hatásfoka javítható
- részben villamos fékezés megvalósítható
- a sebességfokozat váltás simábbá tehető





## ISG hátránya

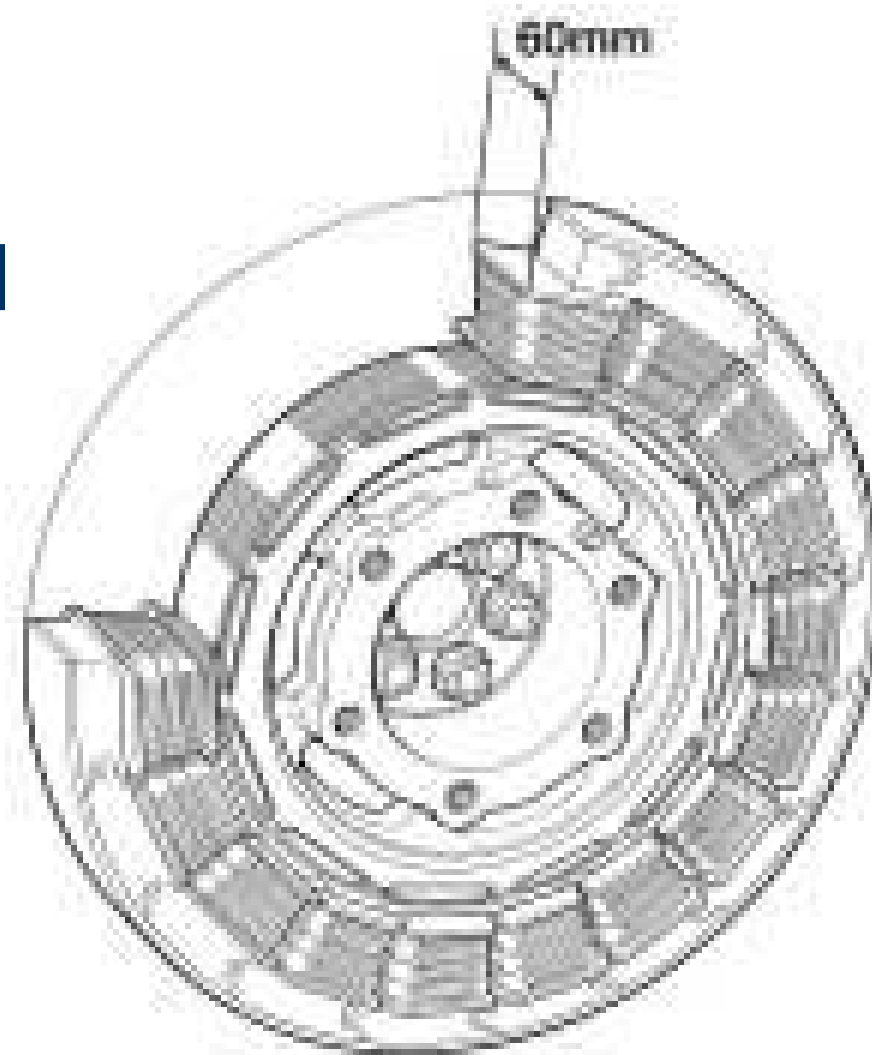
ISG-vel megmarad a sebességváltó és a tengelykapcsoló



## Szinkronmotoros ISG

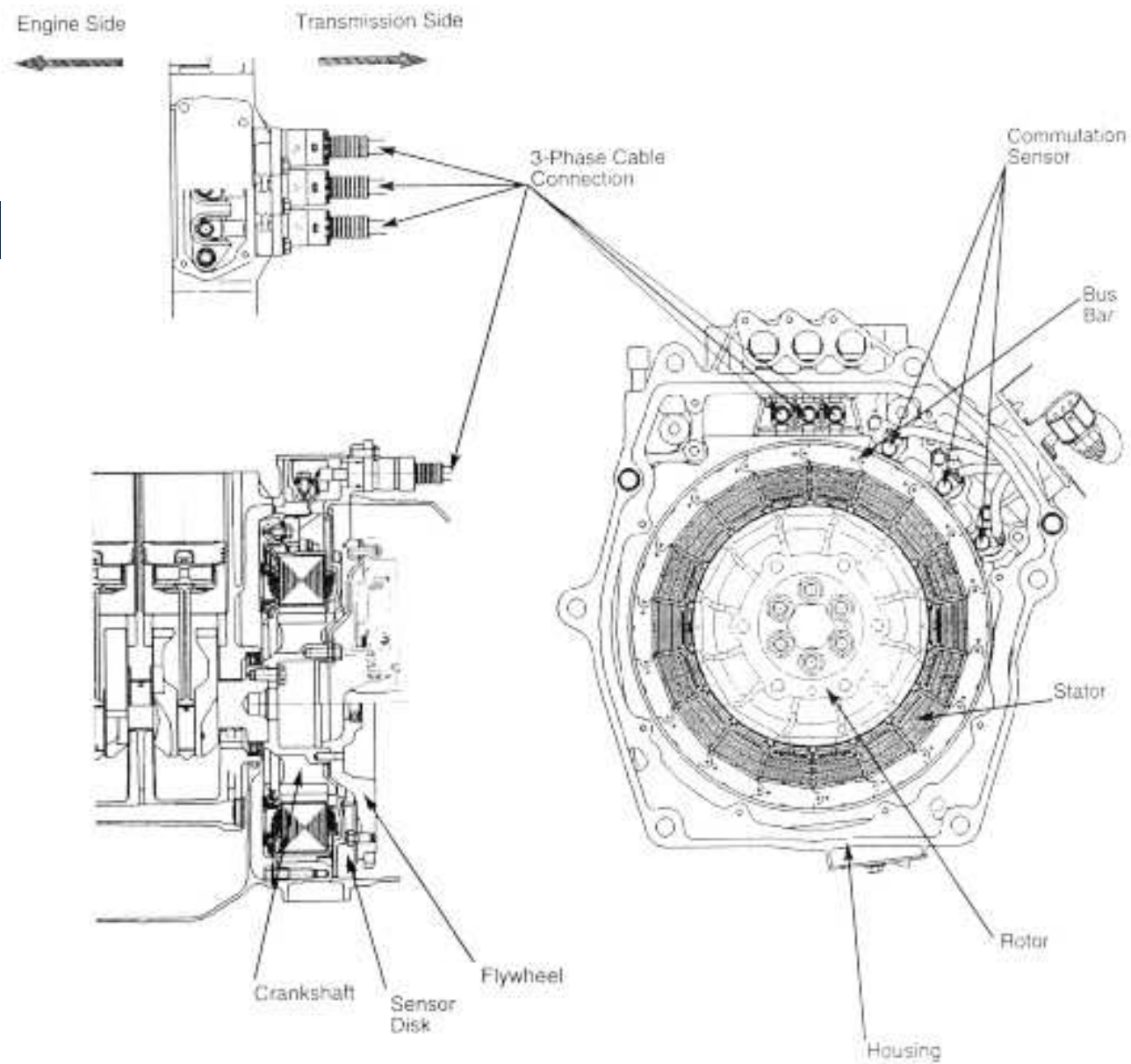
**ISG (IMA Motor Assist)  
Honda-Insight-ban**

**50kW-os ICE-vel  
közös tengelyen  
10kW-os ECDC,  
elektronikus  
kommutátoros  
DC motorral**



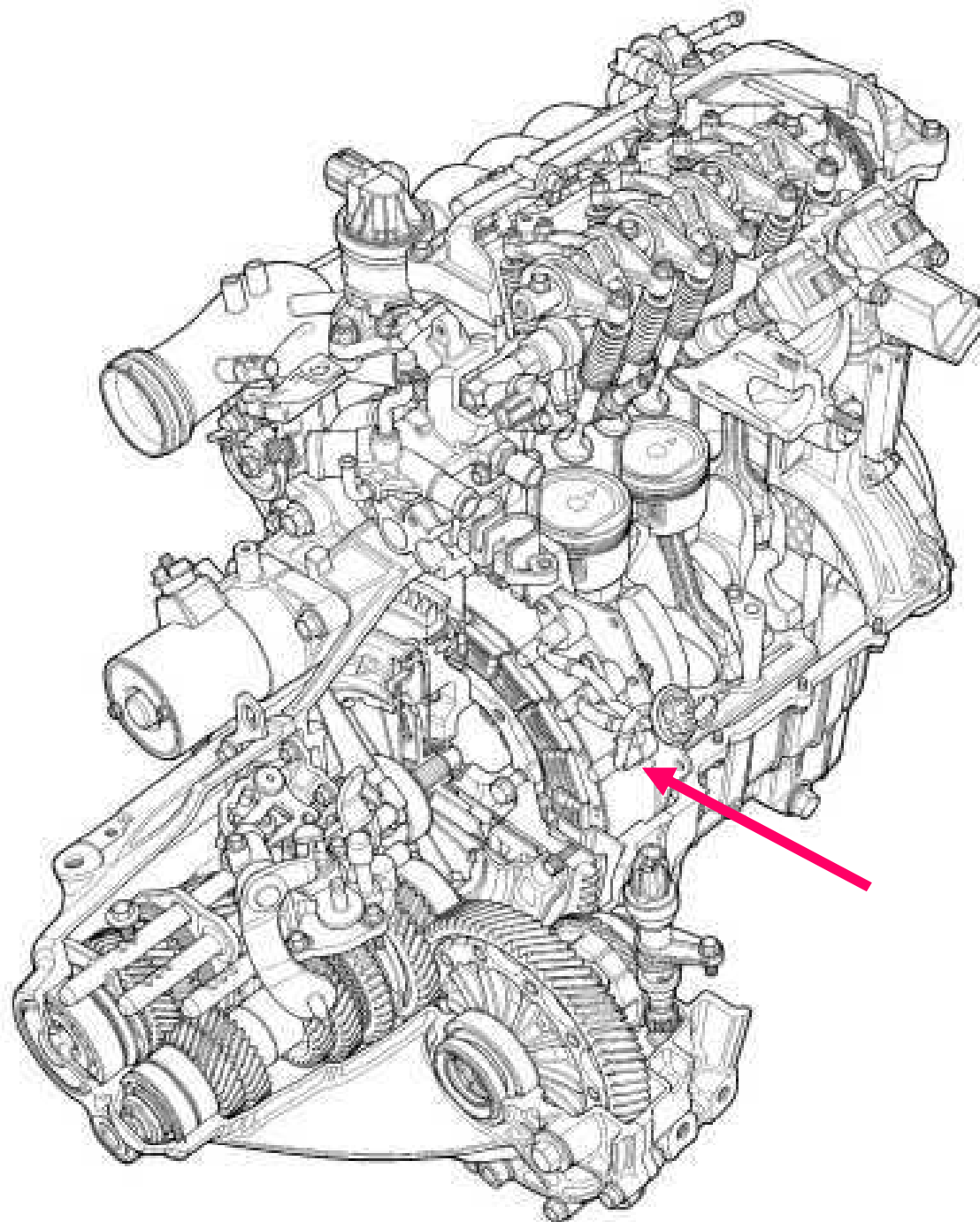
## Felépítés

### Honda Insight



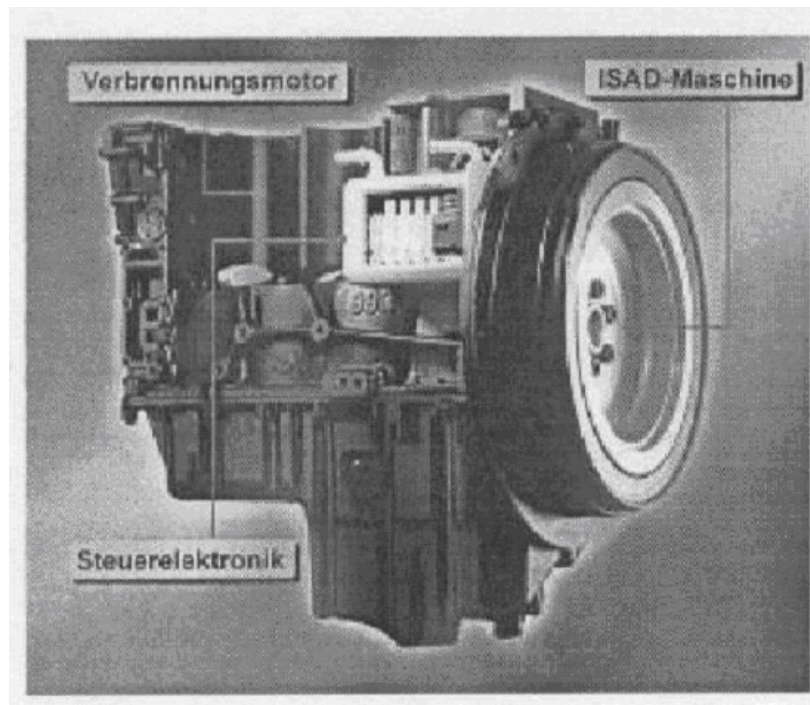
## Beépítési hely

Honda  
Insight

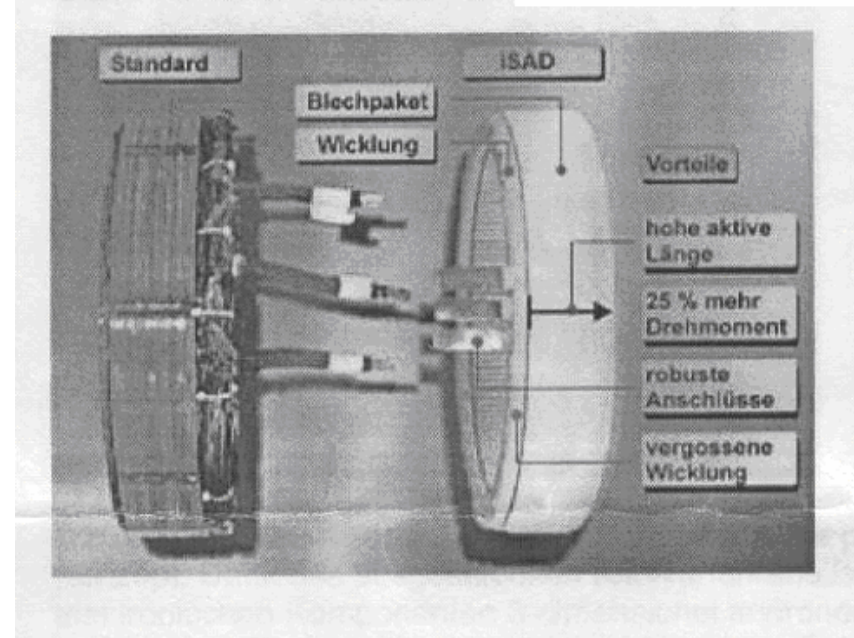
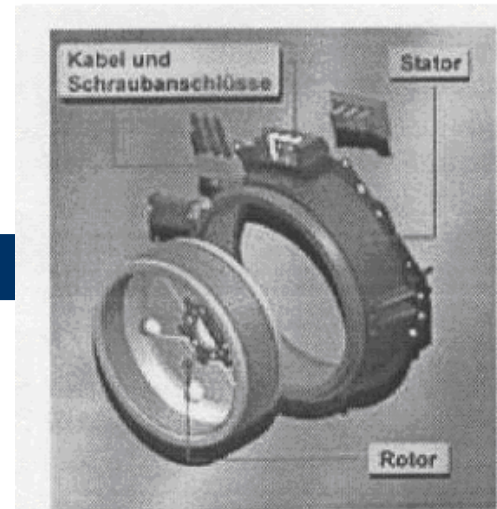




## Aszinkronmotoros ISG



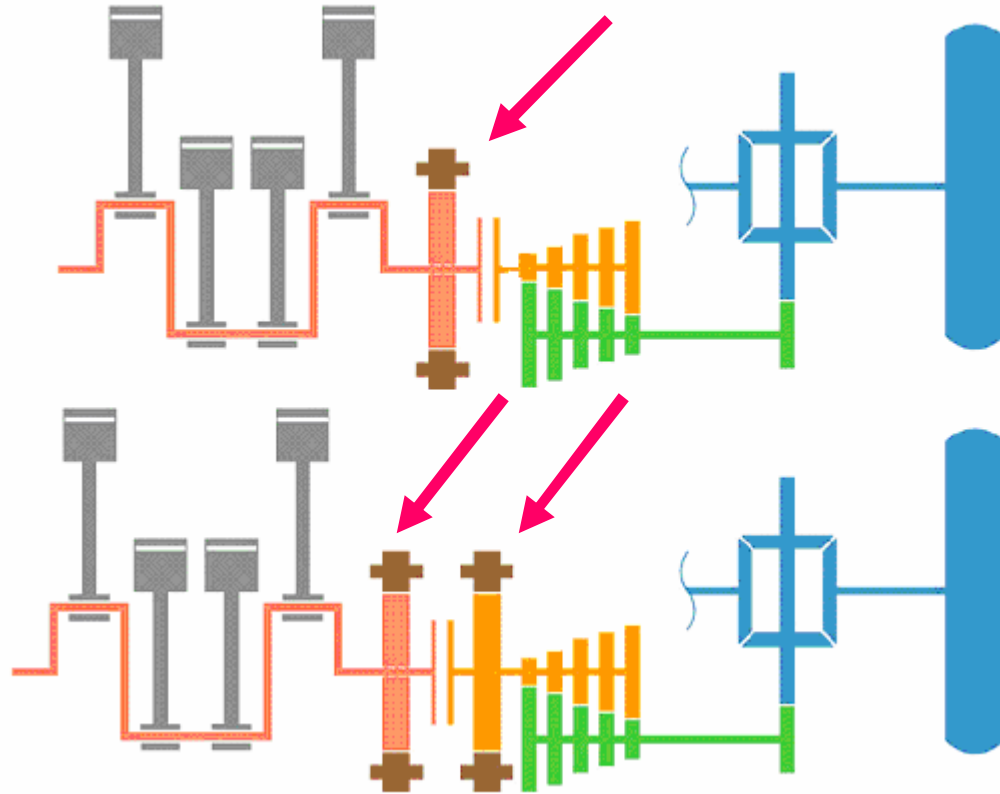
3-D motor



## Strigear hibrid-villamos hajtás koncepció

**ISG**  
egy villamos géppel  
„mild hibrid” jármű

**Strigear megoldás**  
két villamos géppel  
„full-hibrid” jármű



## Strigear hajtás

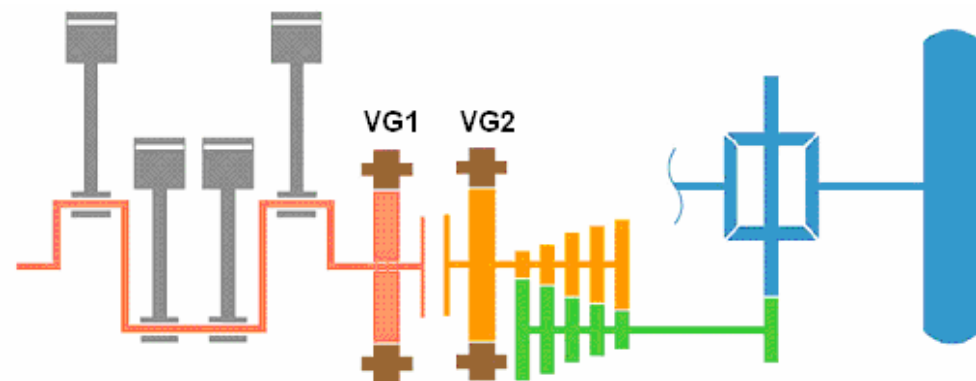
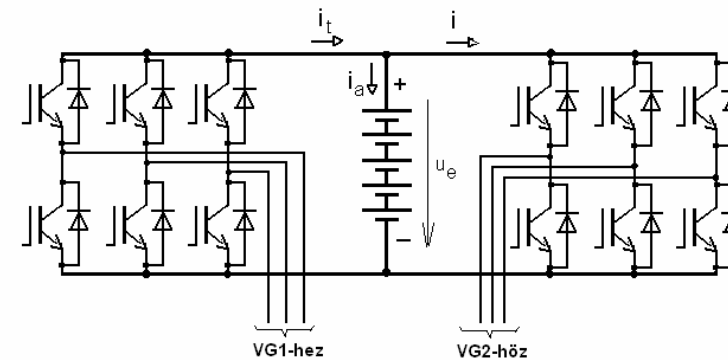
### Üzem módok:

#### Tengelykapcsoló szétkapcsolva:

- ICE indításakor
- Soros hibrid üzemben
- Tisztán villamos autó üzemben

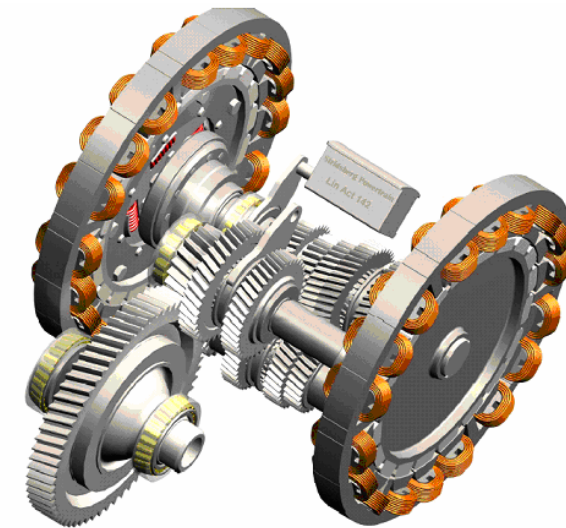
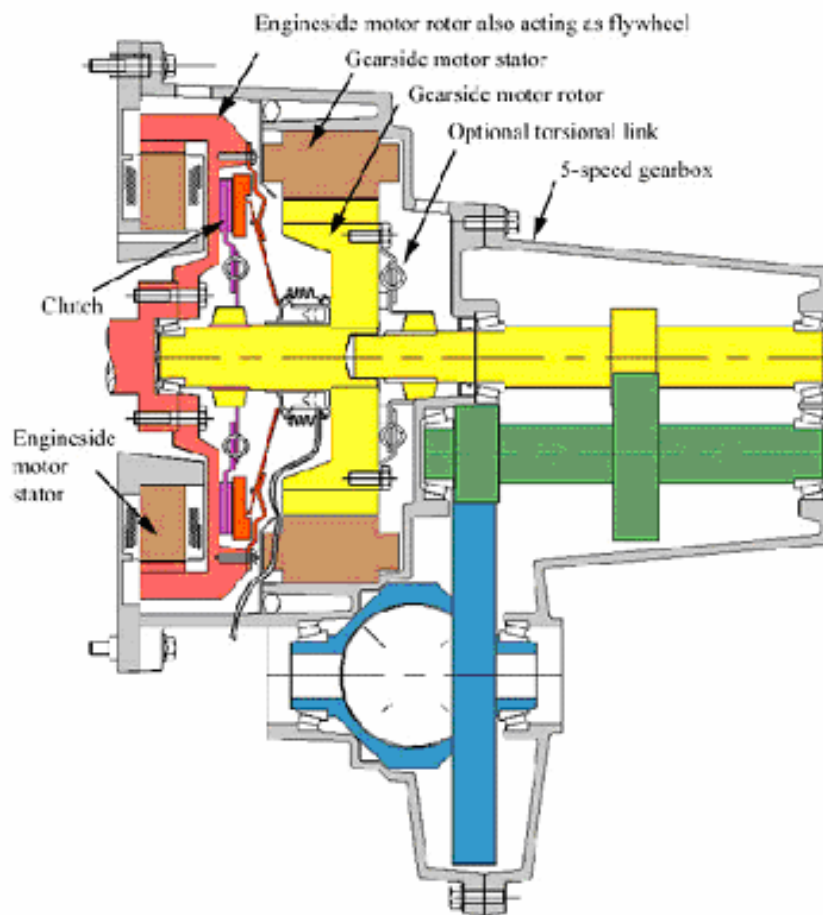
#### Tengelykapcsoló összekapcsolva:

- Párhuzamos hibrid üzem
- Megerősített ISG





# Strigear hajtás két állandómágneses szinkrongéppel



**Megvalósítás**

## Megvalósított hibrid-villamos járművek

*Table 10.2 Hybrid production cars*

Manufacturer	Honda	Toyota	Nissan
Model name	Insight	Prius	Tino
Hybrid type	Parallel (motor assist)	Parallel	
Heat engine	Lean burn gasoline VTEC IC	Atkinson cycle gasoline IC with VVT	4-cyl gasoline IC
Capacity (cc)	995	1 500	1 800
Max power O/P (kW) (heat engine)	50	43	
Electric drive	PM brushless DC	PM synchronous AC	PM synchronous AC
Max power O/P (kW) (electric drive)	10	30	17
Battery type	NiMH	NiMH	Li-Ion
System voltage (V)	144	288	
Battery energy capacity kWh	0.94	1.9	
Battery-charging method	From regen. braking only	From ICE & regen. braking	
Transmission	5-speed manual or CVT	Torque split (electrical CVT)	
Max speed (km/h)	180	160	
Av. fuel cons. (km/litre*) (litres/100 km)	28 (3.4)	29 (3.45)	
Sale price \$	18 000	18 000	28 500
Production cost \$ (est.)	28 000	35 000	31 000

## Prototípus, kísérleti hibrid-villamos

Manufacturer	BMW	BMW	Citroen	Citroen	Daimler Chrysler	Daimler Chrysler	Fiat	Ford	Ford	GM
Model name	518 Hybrid	3 Series Hybrid	Xsara Dyn-active	Saxo Dynavolt	ESX 3	Dodge Durango TTR (SUV)	Multipla	P2000 Prodigy	Escape HEV (SUV)	Precept
Hybrid type	Parallel	Series	Parallel	Parallel (range extender)	Parallel (motor assist)	Parallel split drive front-elect. rear-ICE	Parallel	Parallel (motor assist)	Parallel (motor assist)	Parallel split drive
Heat engine	4-cylinder IC	4-cylinder IC	4-cylinder IC	2-cylinder IC	DI diesel	V6 gasoline IC	4-cylinder IC	DI diesel	Atkinson cycle 4-cyl gasoline IC	DI diesel
Capacity (cc)		1 600	1 360	400	1 500	3 800	1 600 (16 V)	1 200	2 000	1 300
Max power O/P (kW) (heat engine)			55	6.5	54	52	76	55		40
Electric drive	3-phase induction	PM synch		Separately excited DC	AC induction	3-phase induction	3-phase induction	3-phase induction	PM	2x3 phase induction
Max power O/P (kW) (electric drive)	26		25	20	15		30	35	65	25 front 10 rear
Battery type	NiMH		NiCd	NiCd	Li-Ion		NiMH	NiMH	NiMH	Li-Ion or NiMH
System voltage (V)	200		168	120	300		216	300	300	330
Battery energy capacity (kWh)							19			3
Battery-charging method	From ICE & regen.		From ICE & regen.	From ICE & mains supply		From regen. braking	From ICE & mains	From ICE & regen.	From regen. braking	From ICE & regen.
Transmission					Electro-mech. auto	Electronic-controlled manual	4-speed mech/auto	5-speed elect. stepped		
Max speed (km/h)			170	120			160			
Av. fuel cons.* (km/litre) (litres/100 km)			19 (5.2)		30.5 (3.3)	7.9 (12.6)	14.7 (6.8)	34 (2.94)	17 (5.8)	34 (2.94)
Date for production						2003	1 year after Multipla IC prod. car	2003	2003	2005+

## Prototípus, kísérleti hibrid-villamos járművek

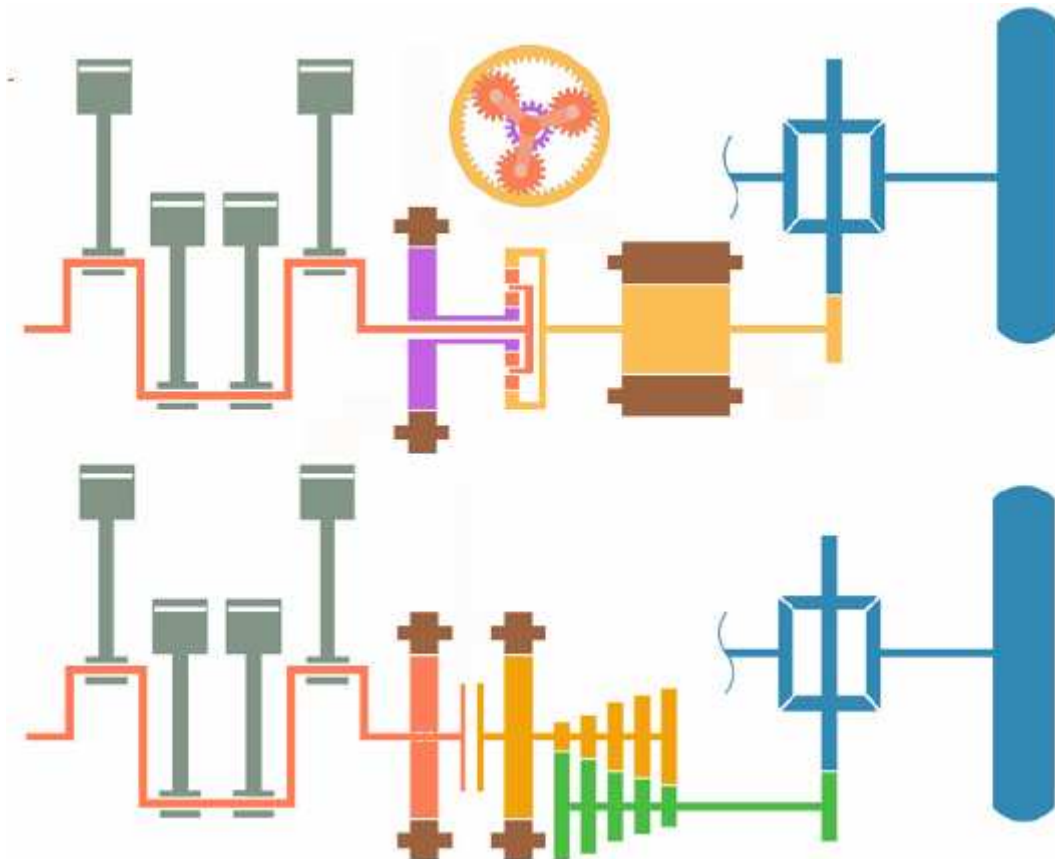
Manufacturer	GM	GM	Mitsubishi	Mitsubishi	Nissan	Renault	Renault	Renault	Renault	Toyota	Volvo
Model name	EV1 Hybrid	Silverado (SUV)	HEV	ESR	Neo Hybrid	Next	Vert	Modus	Koleos	HV-M4 Minivan	ECC
Hybrid type				Series	Parallel (motor assist)	Parallel split drive	Dual motors	Dual motors	Parallel split drive	Parallel split drive	Series
Heat engine	Diesel	V6 gasoline	ICDI CNG	IC gasoline	IC gasoline	IC	Diesel turbo alternator	Turbo alternator	Gasoline turbo IC	Lean burn gasoline	Diesel gas turbine
Capacity (cc)		3 600	1 500		1 800	750			2 000	2 400	
Max power O/P (kW) (heat engine)		164	20			35	38	38	126		
Electric drive		2x3 phase induction	2x3 phase induction		PM Synch	Dual PM Synch in wheels	Dual PM Synch	Dual PM Synch			
Max power O/P (kW) (electric drive)		24	60			14	90	90	30		
Battery type			Li-Ion		Li-Ion	NiCd	NiCd	NiCd	Li-Ion		NiMH
System voltage (V)			336					300			
Battery energy capacity (kWh)							6.6	55			
Battery-charging method			From ICE & regen.				From turbo				
Transmission										CVT	
Max speed (km/h)						167	165				
Av. fuel cons.* (km/litre) (litres/100 km)	34 (2.94)	14.8 (6.7)				29 (3.4)					
Date for production		2004	2001								

\* 1 km/litre = 2.82 miles/UK gallon = 2.35 miles/USA gallon

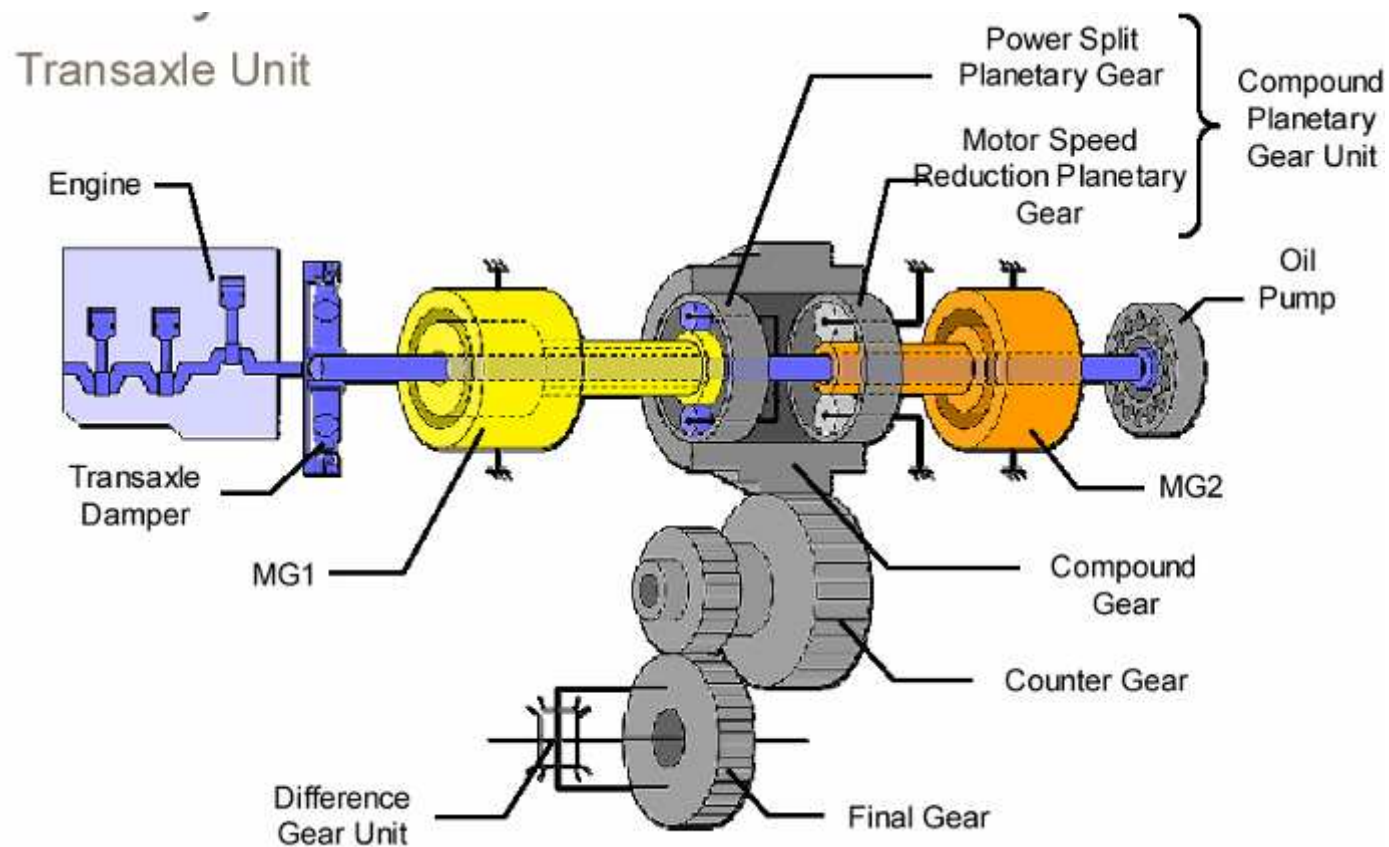
## Bolygókeres hibrid- villamos hajtás

A belsőégésű motort és a két villamos gépet bolygókeres hajtómű kapcsolja össze

Strigear hajtásnál a két villamos gép, tengelykapcsolóval van szétválasztva



## Bolygókerekes hibrid-villamos hajtás mechanikus felépítése



Toyota-  
Lexus

# Bolygókeres hajtás felépítése és teljesítmény megoszlása

Indítómotor, töltőgenerátor, és munkapont beállító

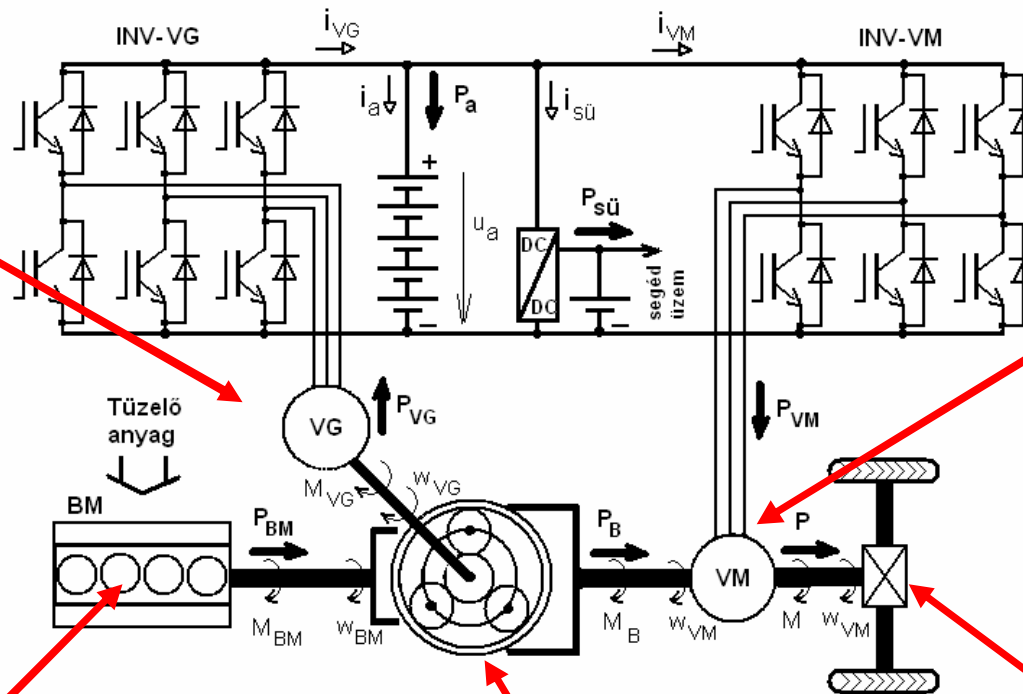
Toyota-Prius rendszer

Belsőégésű motor

Bolygókeres hajtómű

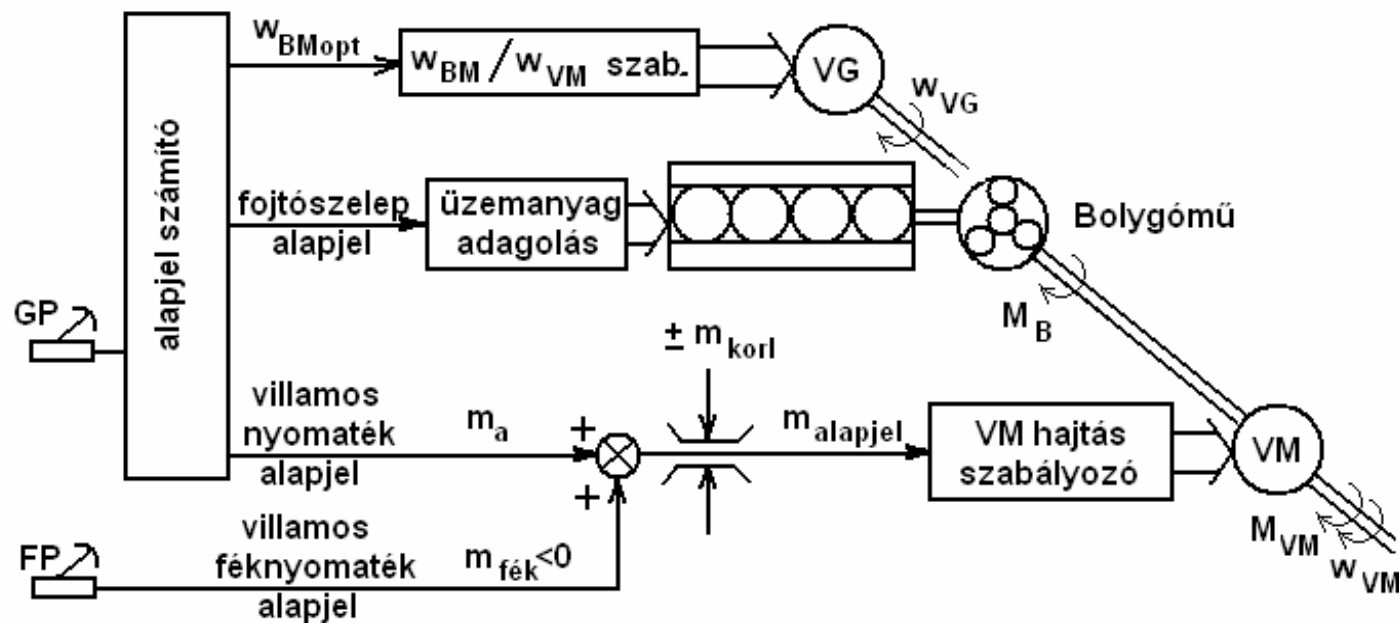
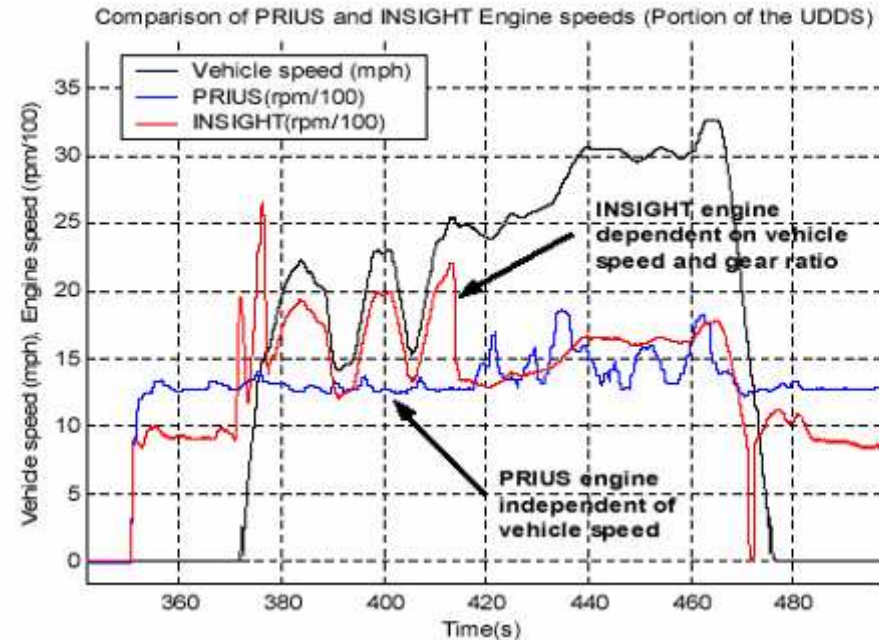
Jármű hajtómű és differenciálmű

Inverteres táplálású villamosgép a jármű hajtására



## Bolygókerékes hajtás

Szabályozási célkitűzés:  
ICE optimális üzeme,  
az optimális fordulatszám  
VG-vel állatható be

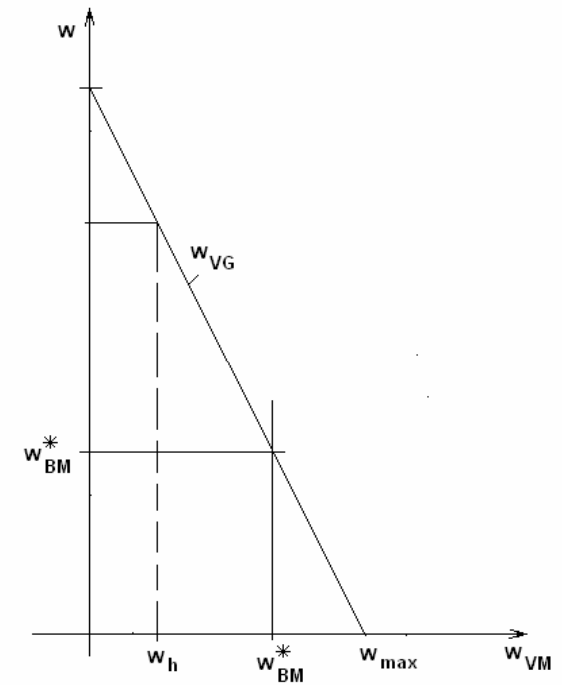
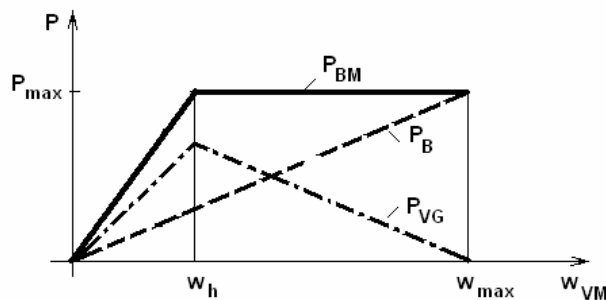
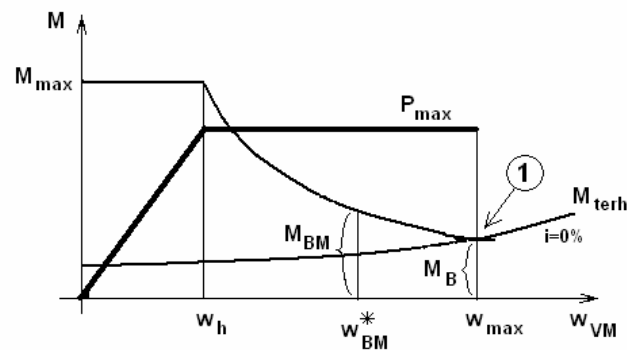




## A hajtás villamos gépeire vonatkozó követelmény

A villamos gépek teljesítménye az ICE teljesítményével összemérhető

Az ICE fordulatszám tartományához képest VM és VG gépeknek sokkal szélesebb tartományban kell működniük

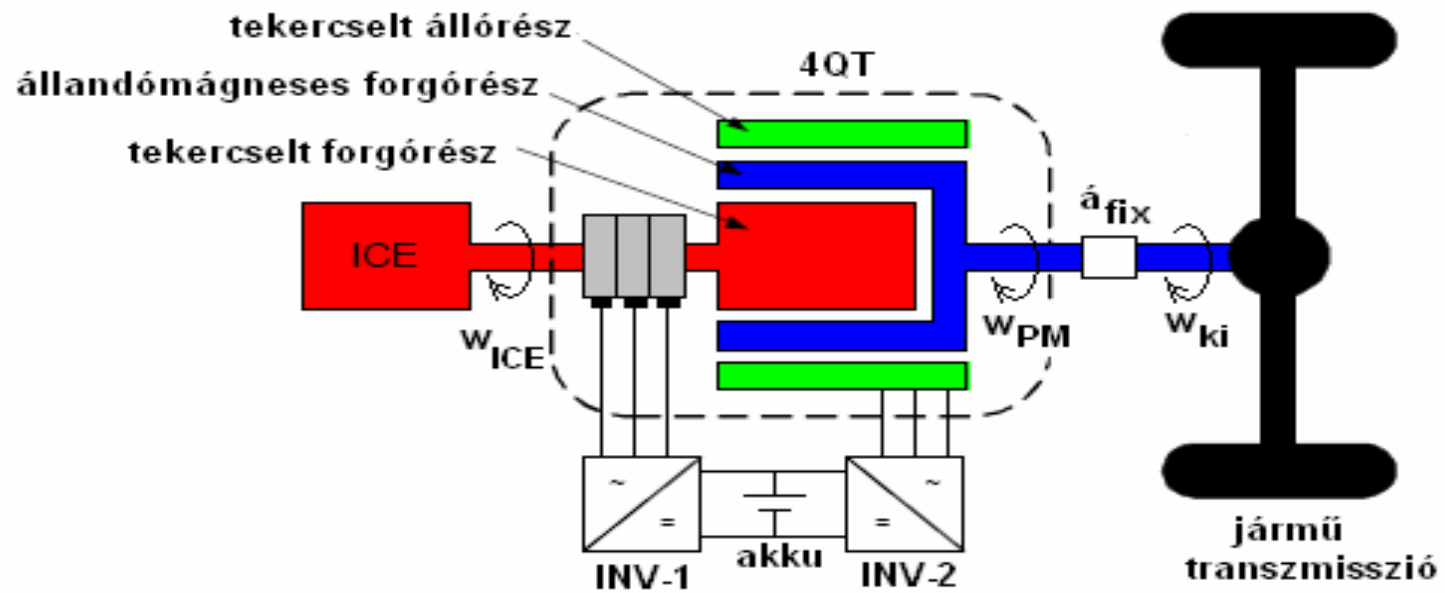


## A bolygómű kiváltására szolgáló próbálkozások

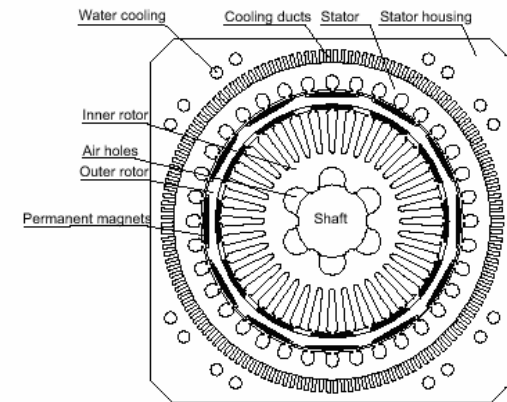
- A korábban említett Strigear hajtás két villamos géppel, és a jól bevált automata fokozatváltóval
- Kettős forgórészű motorral villamosan megvalósított folyamatosan változtatható fordulatszám-áttétel az ICE főtengelye és a kerék tengely között

## Hibrid-villamos jármű kettős forgórészű motorral

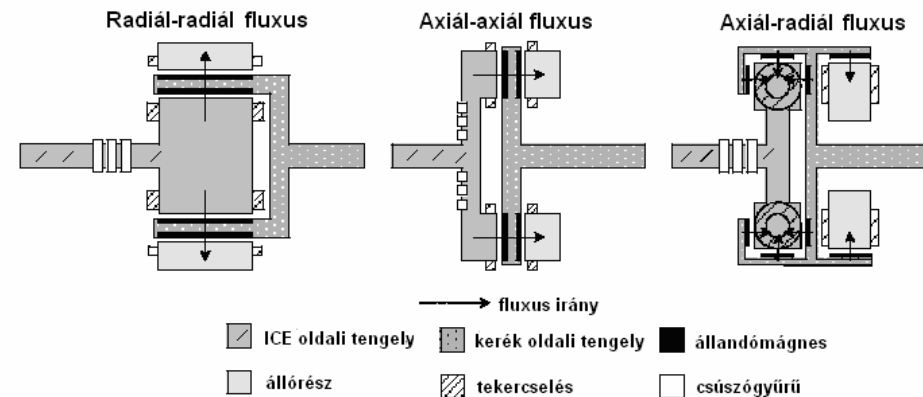
villamosan szabályozható CVT  
Full-hybrid funkciók



# Hibrid hajtás kettős forgórészű motorral



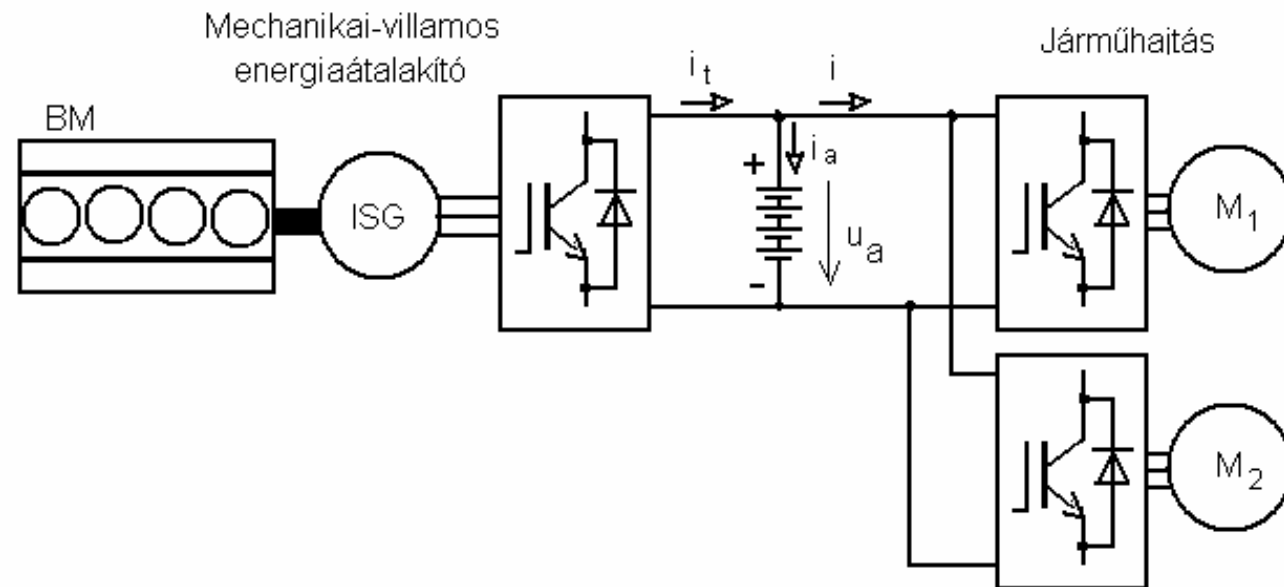
## Megvalósítási lehetőségek



## SHEV, soros hibrid-villamos járművek

A belsőégésű motor aggregátként, akkutöltőként üzemel, a jármű kerekével nincs mechanikai kapcsolatban

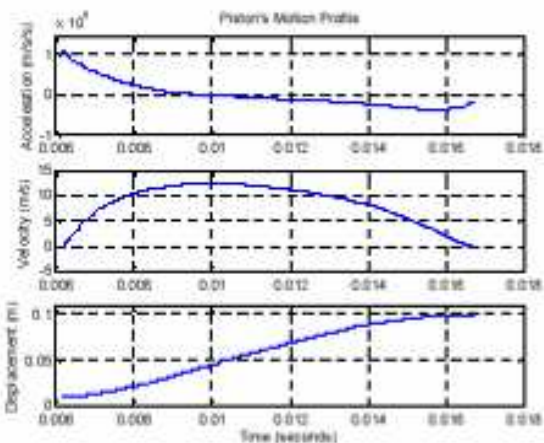
$$\frac{P_{\text{akku}}}{P_{\text{ICE}}} = 0 \dots 1$$



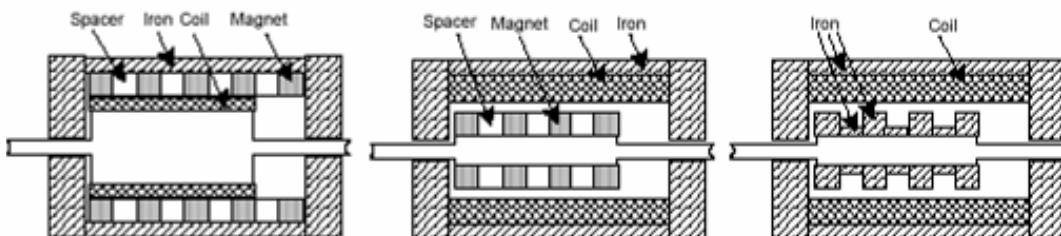
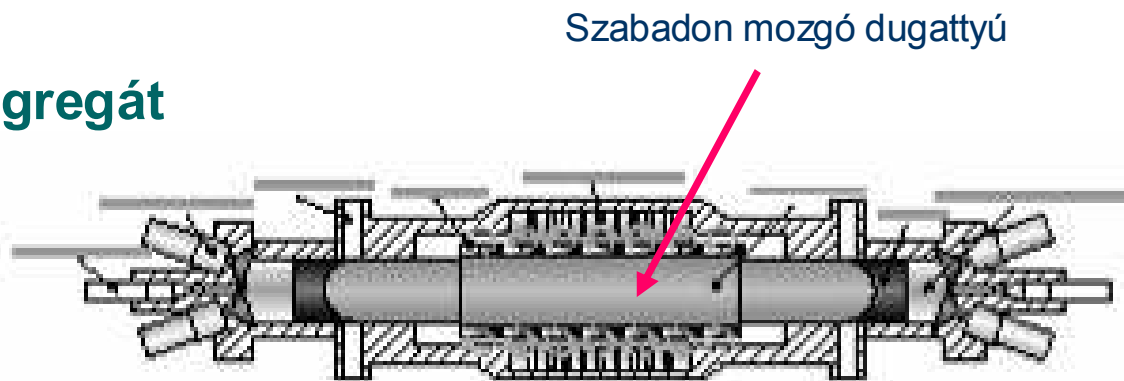
# Érdekesség: Free-Piston motoros aggregát

SHEV, soros  
hibrid-  
villamos  
járműben

gyorsulás  
(1000g!!)  
sebesség  
elmozdulás



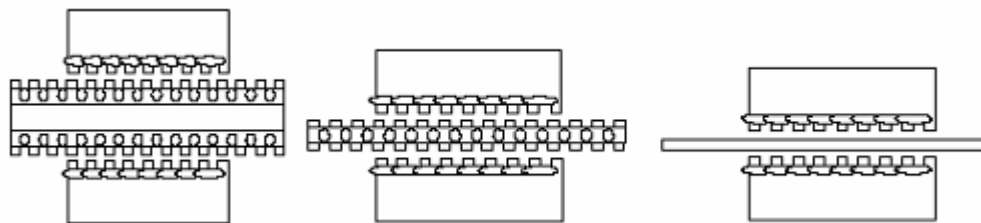
Dugattyú mozgás jellemzői



mozgó tekercs

mozgó mágnesek

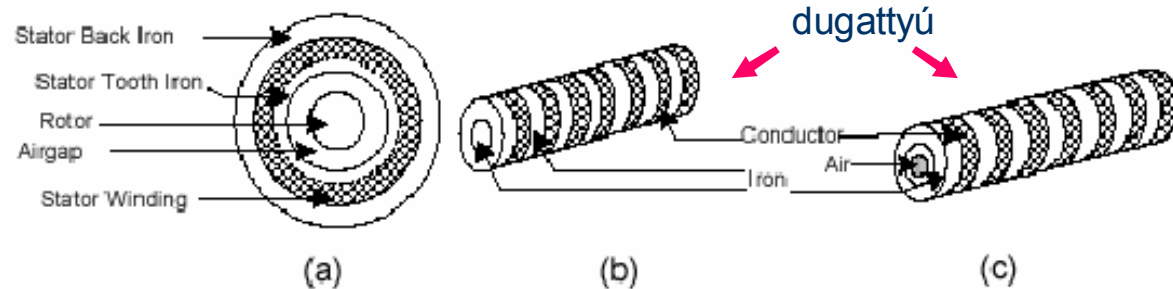
mozgó vasmag



lineáris indukciós gép megoldások

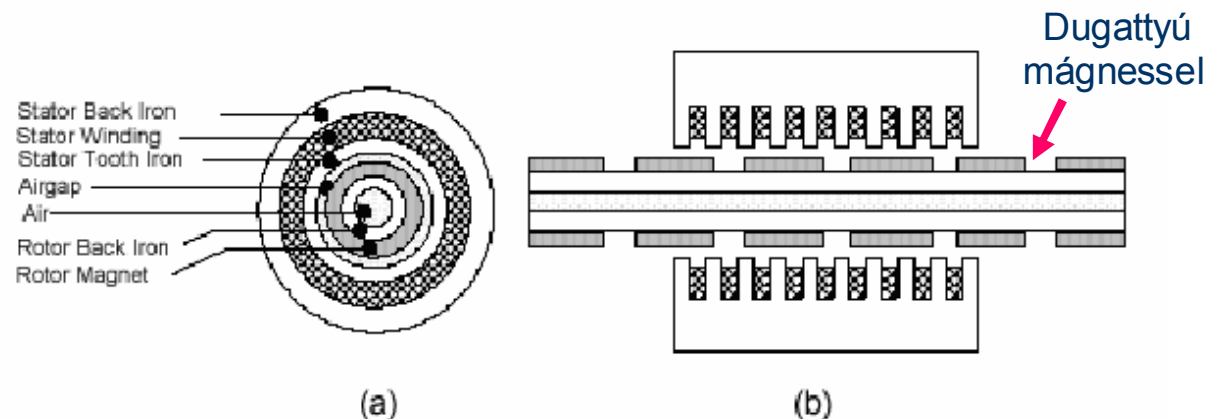
## Free-Piston motoros aggregát lineáris villamos gépei

Hengeres alakú  
aszinkron gépes  
megoldás



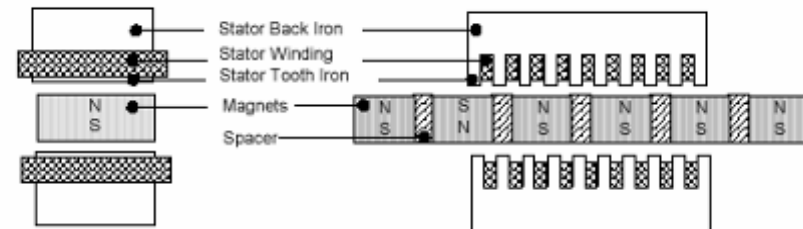
The tubular induction machine; (a) X-section, (b) Solid translator, (c) Tubular translator [8].

Hengeres alakú  
állandómágnese  
s  
szinkron gépes  
megoldás

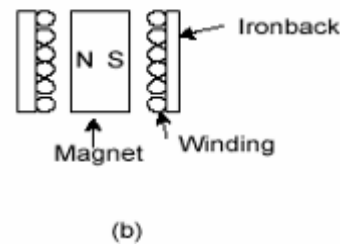
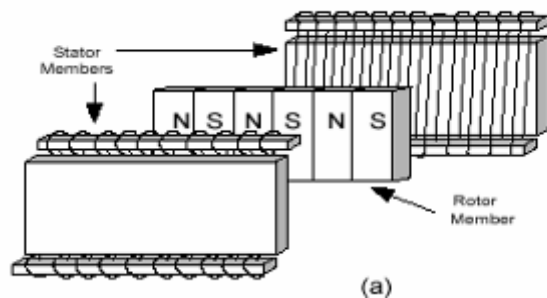


The tubular PM machine; (a) Transverse cross-section, (b) Axial cross-section.

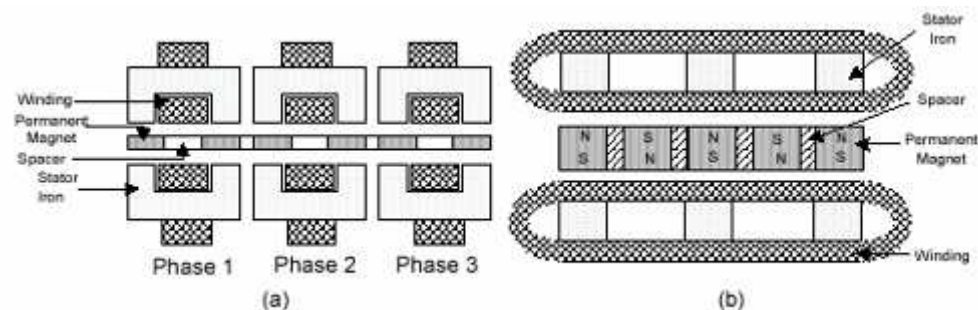
# Free-Piston motoros aggregát lineáris villamos gépei



Kétoldalas planár szinkrongép



Légrés tekercselésű planár szinkrongép

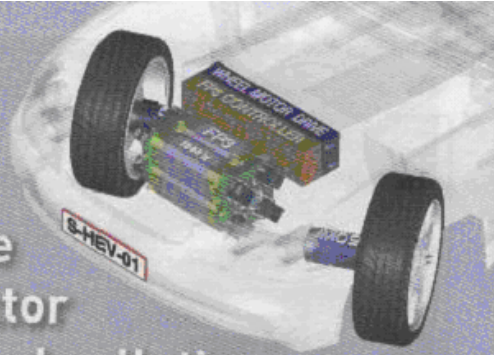


Háromfázisú transzverz-fluxusú gép



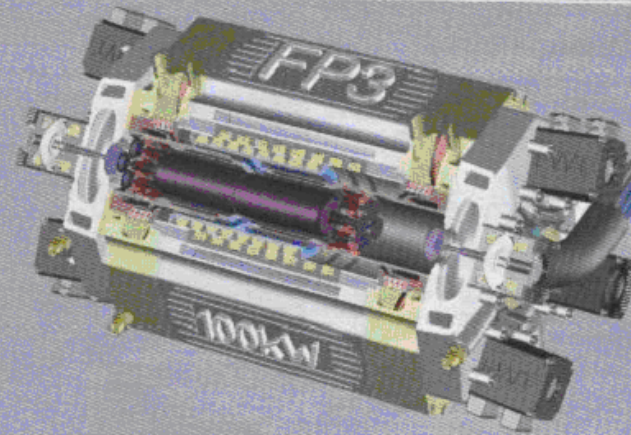
## Megvalósított Free-Piston motoros aggregát

100kW-os generátor  
a dugattyúval lineárisan  
mozgó állandómágnessel,  
tekercselt állórészsel



An elegant, low cost solution to the transportation sector fossil fuel waste and pollution conundrum.

Pemek Systems is developing an efficient, clean, scalable, low cost generator module of exceptional power density. Operation is based on "Free Pistons" being driven back and forth inside cylinders by controlled internal combustion. Permanent magnets are attached to the pistons and move through fixed coils, thus generating electric power.



A 100kW module, four 50kW wheel motors and a 164kW Li-Ion battery pack will power a Series HEV of 1500 kg (3300 lb) curb weight from 0-100 km/h (62 mph) in 5.4 seconds and regenerate the kinetic energy (currently wasted) when slowing down or braking. The upshot of this is a fuel consumption of 2.2 l per 100 km in city traffic (measured in accordance with NEDC).

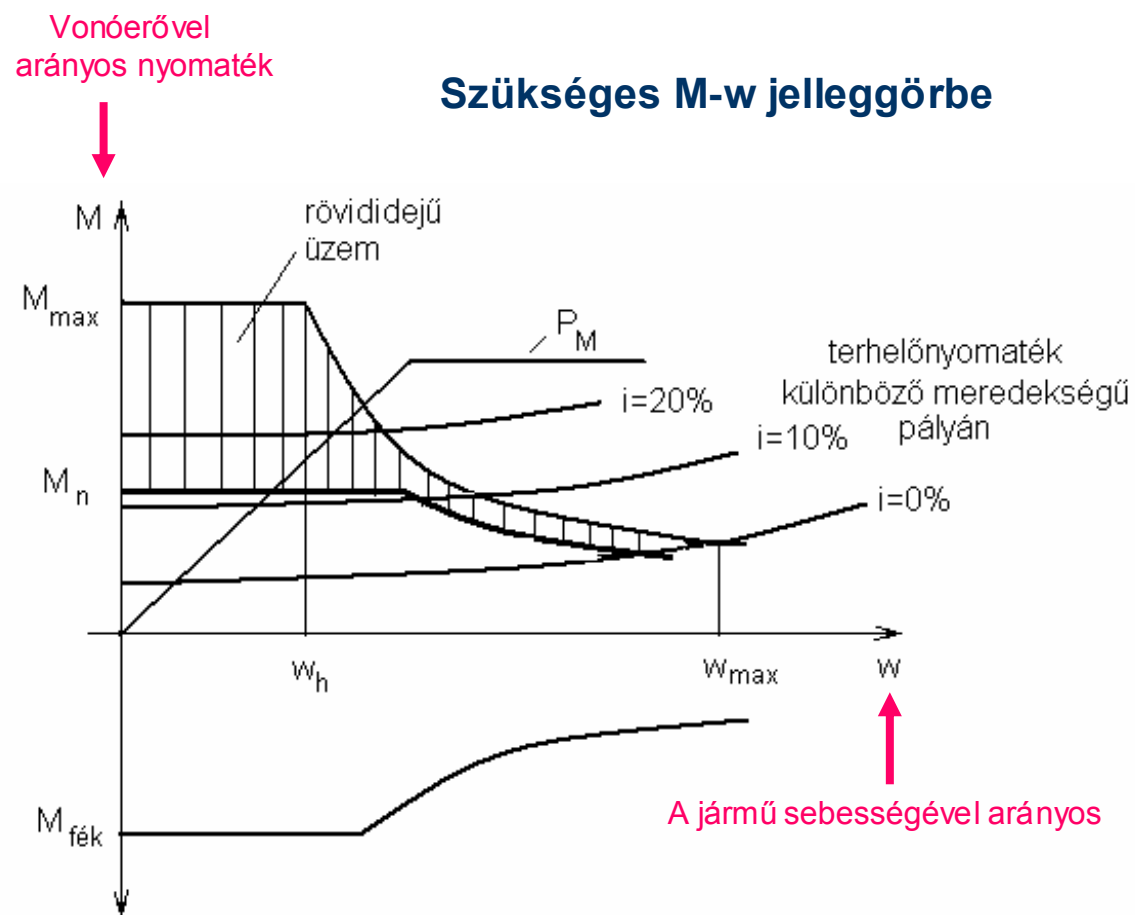
Please visit [www.freepistonpower.com](http://www.freepistonpower.com) for more information.

Pemek Systems P/L Unit 3/13 Hoyle Ave. Castle Hill N.S.W. 2154 Australia  
Phone: +61 2 96342540 Fax: +61 2 98940379

## „Tisztán” villamos gépes hajtású járművek

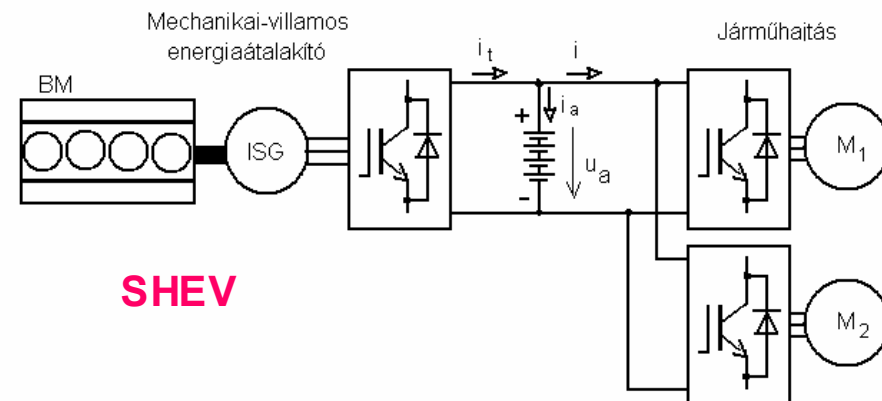
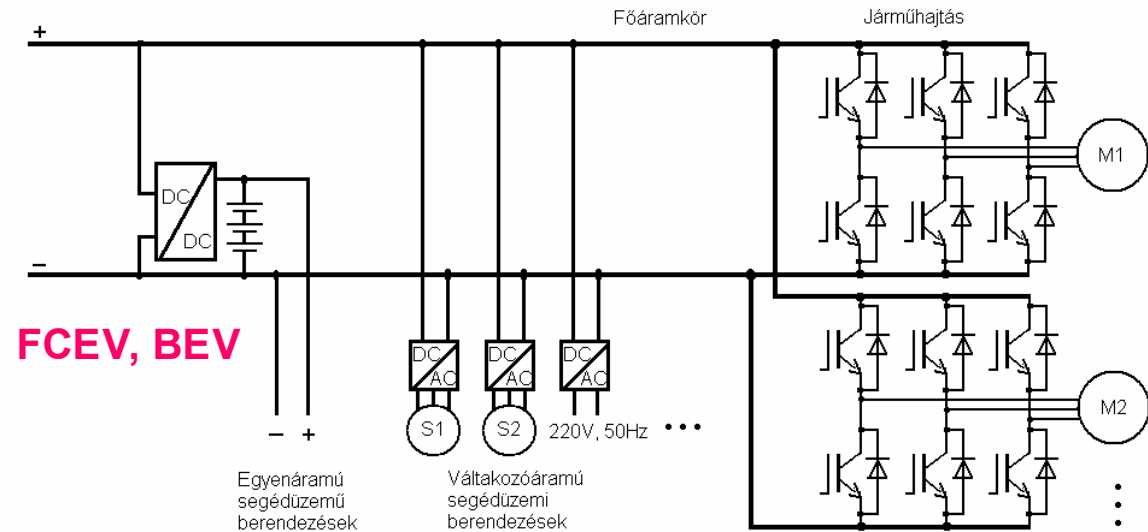
- egymotoros hajtás
- többmotoros hajtás
- kerékagymotoros hajtás

- A motor fix áttétellel csatlakozik a kerékhez
- Sebességváltó elmarad
- Kerékagy motoros megoldásnál a differenciálmű is elmarad



## Tisztán villamos gépes hajtású járművek

- tüzelőanyag-cellás táplálás FCEV
- akkumulátoros táplálás BEV
- ultrakapacitásos táplálás UCAP-EV
- napelemes táplálás SEV
- soros hibrid táplálás SHEV, ahol az ICE aggregát szerepet tölt be



## Megvalósított akkumulátoros autók

Manufacturer	Citroen	Daihatsu	Ford	GM	GM	Honda	Nissan	Nissan	Peugeot	Renault	Toyota
Model name	AX/Saxo Electrique	Hijet EV	Think City	EV1*	EV1*	EV Plus*	Hypermini	Altra EV	106 Electric	Clio Electric	RAV 4
Drive type	Separately excited DC	PM Synch	3-phase induction	3-phase induction	3-phase induction	PM Synch	PM Synch	PM Synch	Separately excited DC	AC induction	PM Synch
Battery type	NiCd		NiCd	Lead-acid (VRLA)	NiMH	NiMH	Li-ion	Li-ion	NiCd	NiCd	Ni MH
Max power O/P (kW)	20		27	102	102	49	24	62	20	22	50
Voltage (V)	120		114	312	343	288		345	120	114	288
Battery energy capacity (kWh)	12		11.5	16.2	26.4		15	32	12	11.4	27
Charging connector			Conduc- tive	Inductive	Inductive	Conduc- tive	Inductive	Inductive		Conduc- tive	Conduc- tive
Top speed (km/h)	91	100	90	129	129	129	100	120	90	95	125
Claimed max range (km)	80	100	85	95	130	190	115	190	150	80	200
Charge time (h)	7	7	5-8	6	6	6-8	4	5	7-8		10
Sale or lease price	\$12 300 excluding batteries	\$23 990		\$399 per month	\$480 per month	\$455 per month	\$36 000 or \$23 350 with subsidy	\$50 999 or \$599/ month	\$27 000 or \$14 700 excluding battery	\$27 400 or \$16 000 with subsidy	\$45 000 or \$499/ month

\* Production suspended at time of writing (February 2001)



## Tüzelőanyagcellás autók (prototípusok)

Manufacturer	Daimler Chrysler	Daimler Chrysler	Ford	Ford	GM	GM	Honda	Mazda
Model name	NECAR 5	Commander SUV	P2000 HFC	Th!nk Focus FCV	Opel Zafira	Opel Zafira HydroGen 1	FCX-V3	Demio-FCEV
Drive type	3-phase induction		3-phase induction	3-phase induction	3-phase induction		PM Synch	3-phase induction
Power source	Fuel-cell + methanol reformer or H storage	Fuel-cell + methanol reformer + battery	Fuel-cell + H storage	Fuel-cell + H storage	Fuel-cell + methanol reformer or H storage	Fuel-cell + H storage	Fuel-cell + H storage + super- cap.	Fuel-cell + H storage + super- cap.
Max power O/P (kW)	55	70	67	67	80	89	60	65
Voltage (V)	330		255	315				
Top speed (km/h)	145		128	128	120	145	130	90
Claimed range (km)	450		160	160	640	400	177	170
Date for production	2004	2004?	2004	2004	2004		2003	

## Tüzelőanyagcellás autók (prototípusok)

Manufacturer	Mitsubishi	Nissan	Peugeot/Citroen	Renault/Volvo Euro. Project	Toyota	VW	VW
Model name	Fuel-cell EV	FCV	Partner	Fever	FCEV	Bora Hymation	Sharan
Drive type		PM Synch		Synch wound rotor	PM Synch	3-phase induction	
Power source	Fuel-cell + reformer	Fuel-cell + reformer	Fuel-cell + reformer or H storage	Fuel-cell + H storage + NiMH batt.	Fuel-cell + methanol reformer	Fuel-cell + H storage	Fuel-cell + reformer
Max power O/P (kW)				30	50	89	
Voltage (V)				FC 90 system 250			
Top speed (km/h)				120	125	140	
Claimed range (km)				400	500	350	
Date for production	2005	2004/5	2003/4	2003+			

## Villamos járműhajtások választéka

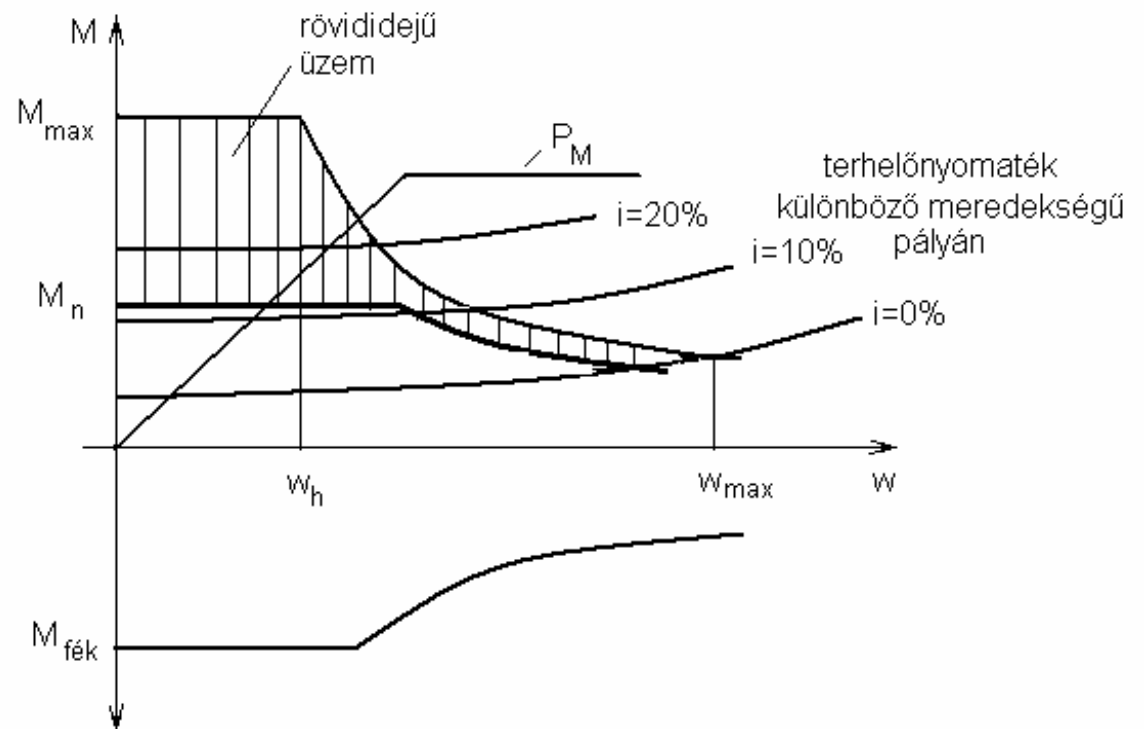
- **Egyenáramú gépes hajtás**
- **Mezőorientált szabályozású aszinkrongépes hajtás  
mezőgyengítéses üzemi tartománnyal**
- **Kommutátor nélküli egyenáramú hajtás  
négyszögmezős indukció-eloszlású  
állandómágneses forgórészsel**
- **Színuszmezős indukció-eloszlású állandómágneses  
forgórészű szinkrongépes hajtás, áramvektor  
szabályozással, normál és mezőgyengítéses üzemi  
tartománnyal**
- **Kapcsolt reluktancia-motoros hajtás**



## Követelmény a M-w jelleggörbére vonatkozóan

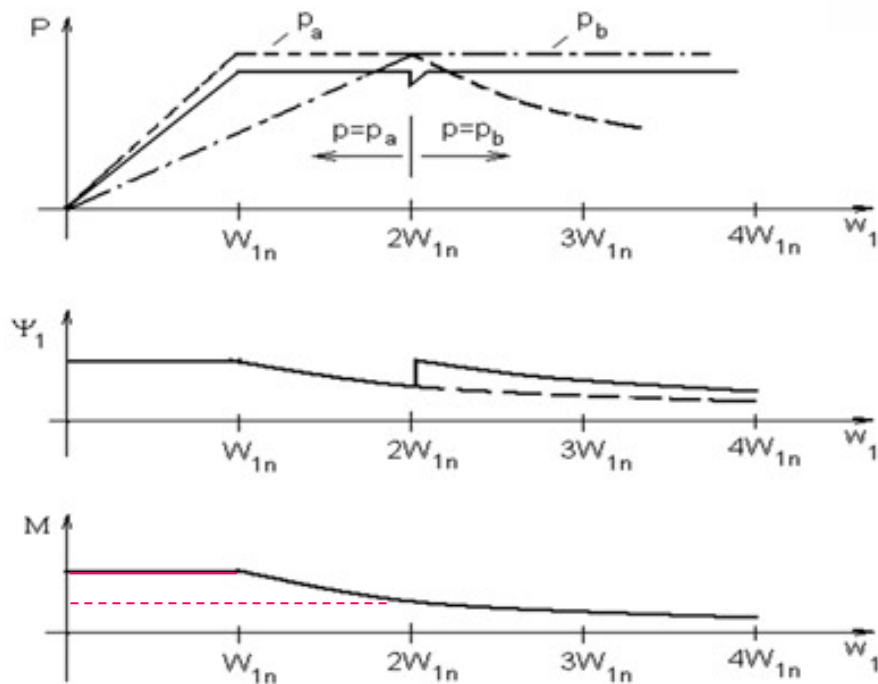
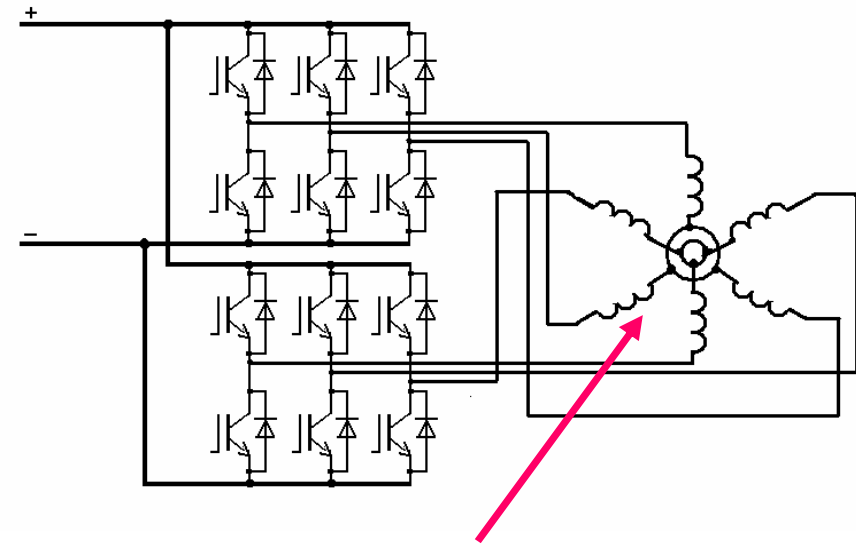
Az ideális F-v  
vontatási  
jelleggörbének meg  
kell  
felelni

- Megfelelő vonóerő az indításhoz
- Teljesítmény-tartó szakasz, a motor jó kihasználása nagy sebességnél





## Érdekesség: pólusszám-váltós aszinkronmotoros járműhajtás



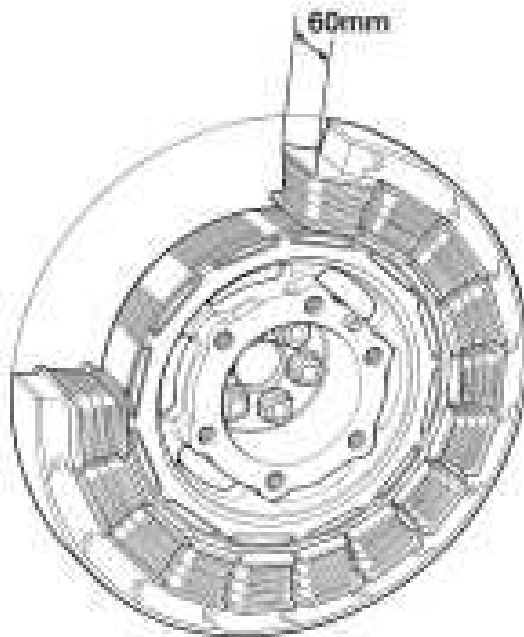
**Két független háromfázisú  
tekerceselés 60 fokkal eltolva,  
azonos, vagy ellenfázisban  
gerjesztve  
Így a pólusszám 1:2 arányban  
változtatható**

**A pólusszám-váltás elektronikus  
és tranziens mentes**

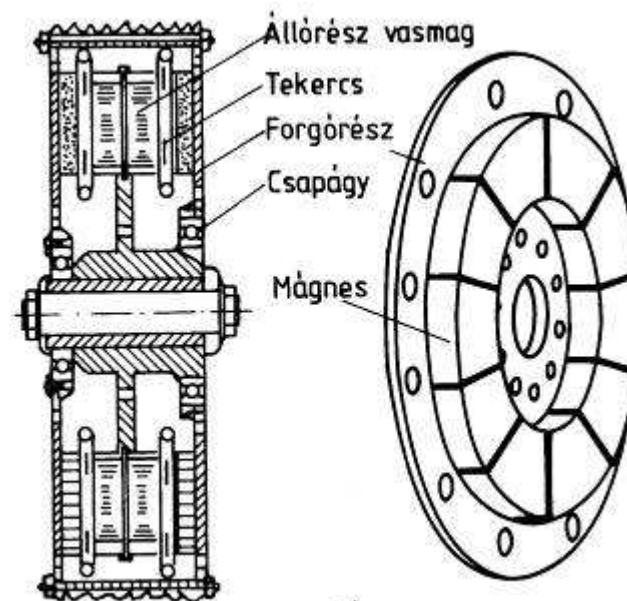
**Cél: a fordulatszám tartomány  
kibővítése**

## Háromfázisú ECDC-motoros járműhajtás

Forgórésze: négyszögmezős indukció-eloszlású mágnes



Radiális légréssel



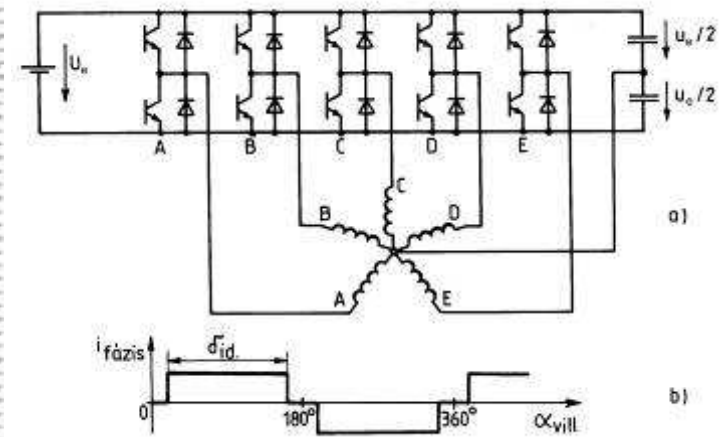
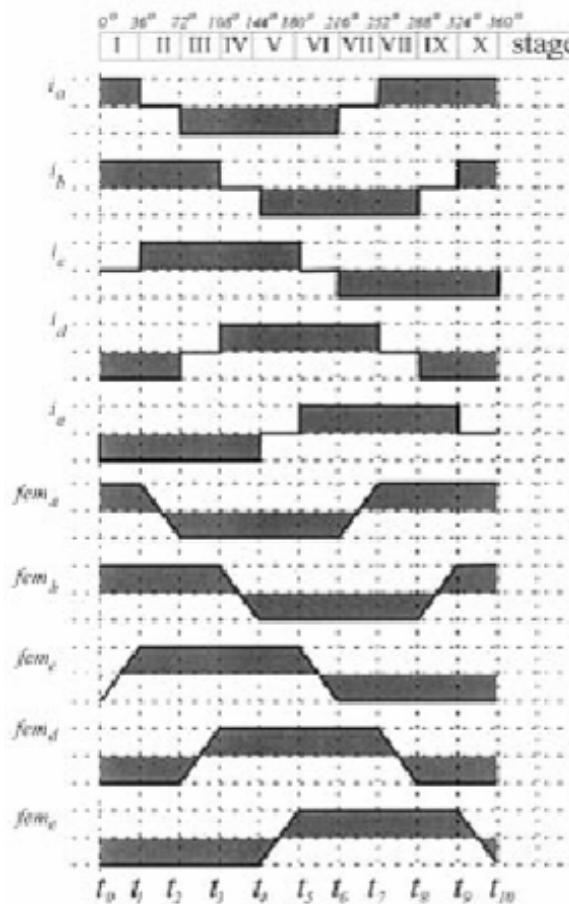
Axiális légréssel



# Ötfázisú ECDC-motoros járműhajtás

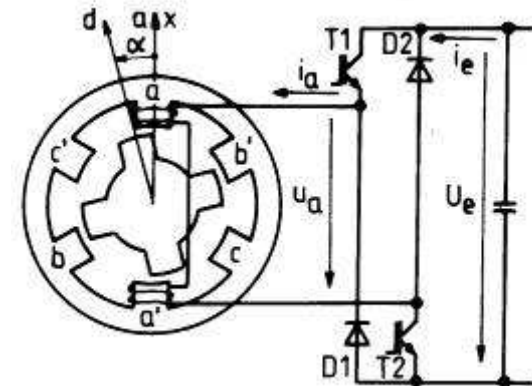
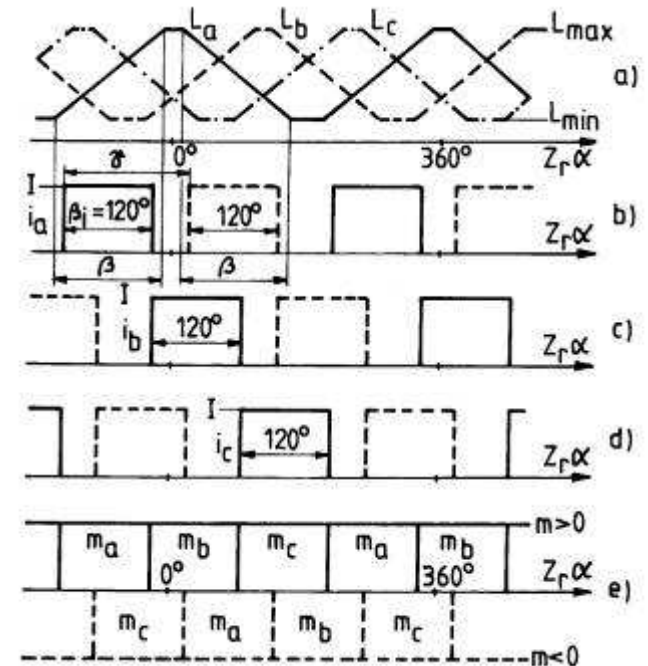
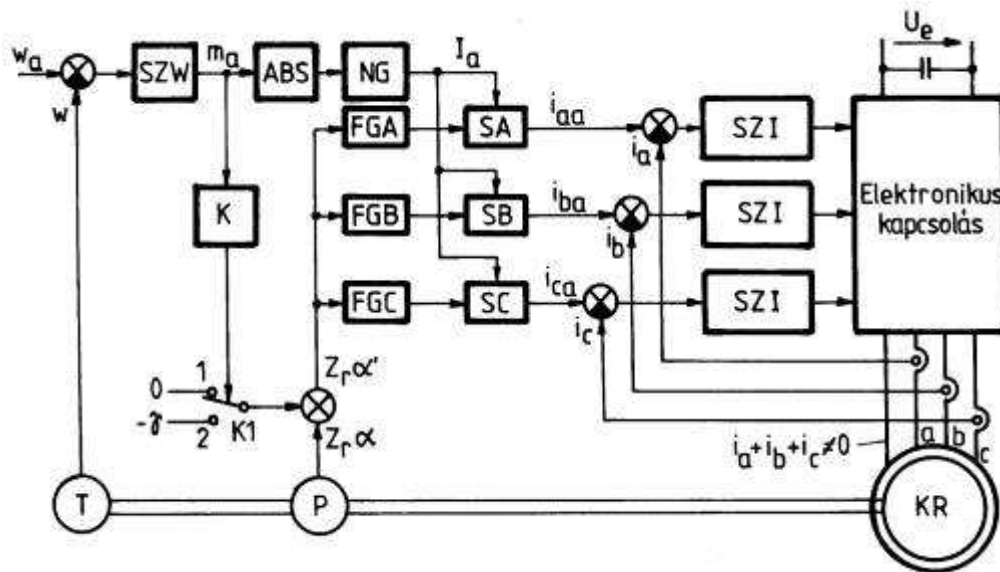
Sima nyomatékot nyújtó ECDC

Minden pillanatban legalább négy fázis részt vesz a nyomaték képzésében



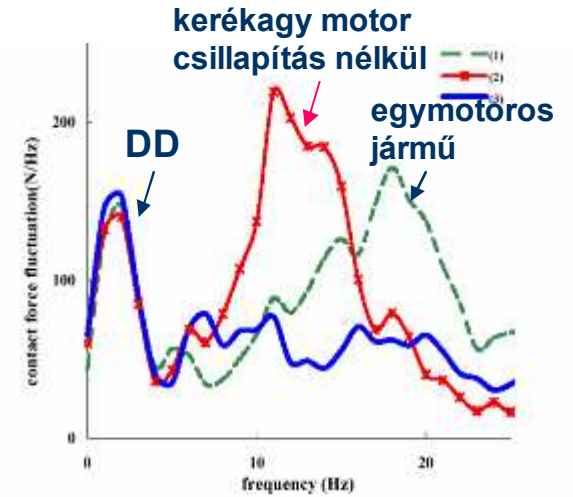
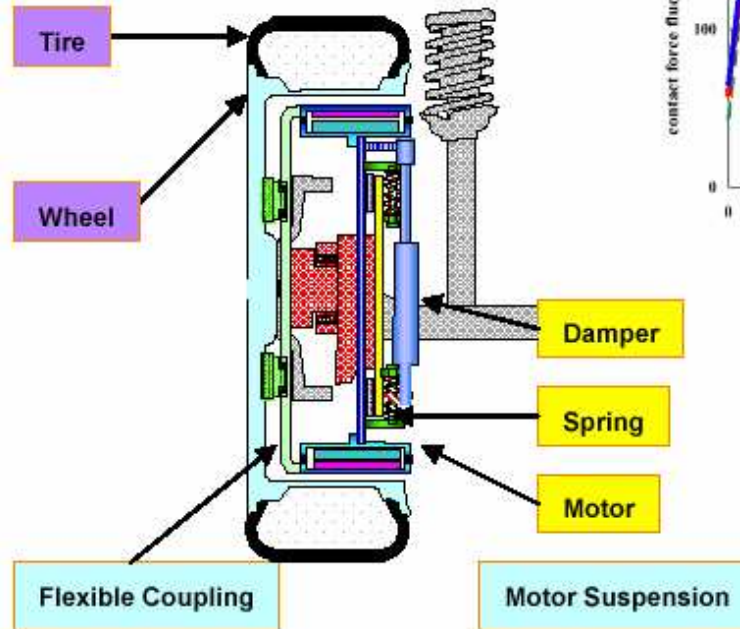
## Kapcsolt reluktancia-motoros járműhajtás

Az áramvezetési időtartamokat a forgórész foghelyzetéhez képest kell szinkronizálni, az áram alakját a  $dL/d\alpha$  induktivitás-változáshoz



# Bridgestone Dynamic-Damping rendszere

## Kerékagymotorok szerelése, rezgéscsillapítás

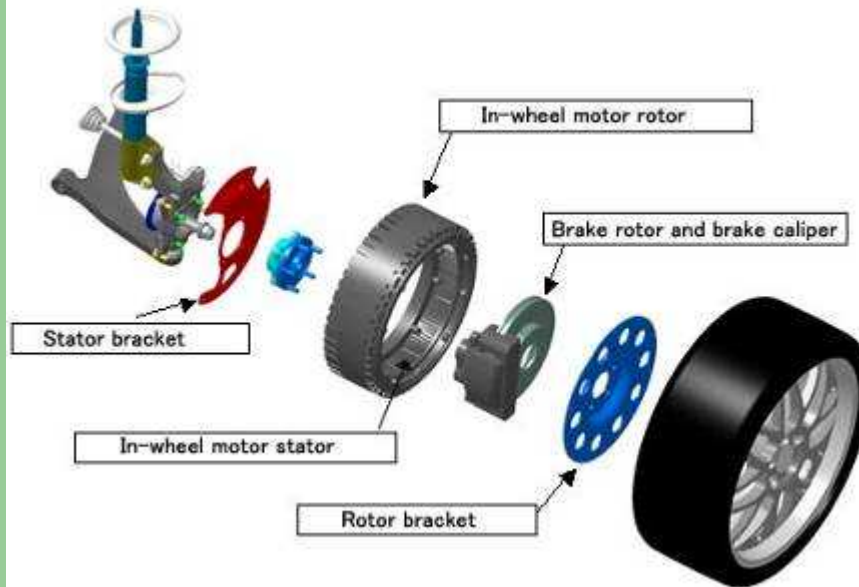




## Kerékagymotor a Mitsubishi MIEV járműben



50kW-os, külső-forgórészes  
állandómágneses  
szinkrongéppel



Motor (outer-rotor type)	Type	Permanent magnetic synchronous
	Maker	Toyo Denki Seizo K.K.
	Max. output	50 kW
	Max. torque	518 Nm
	Max. speed	1500 rpm
	Dimensions	445 mm (dia.) x 134 mm
	No. fitted	4

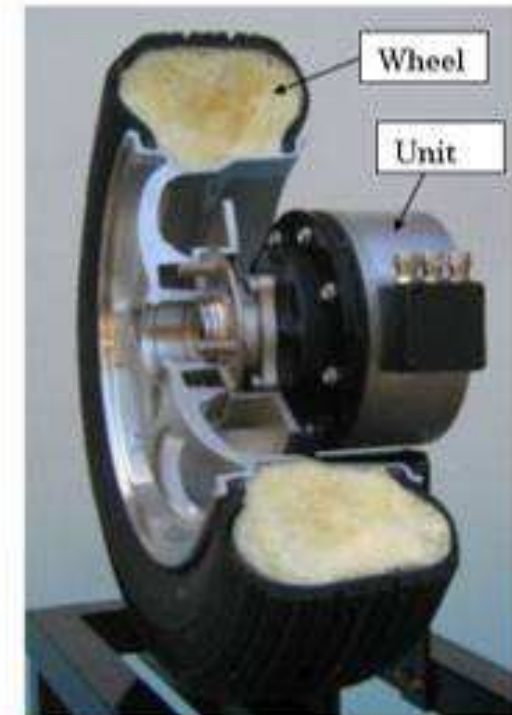
## Kerékagymotor axiális légrésű állandómágneses szinkrongéppel

NTN  
gyártmány

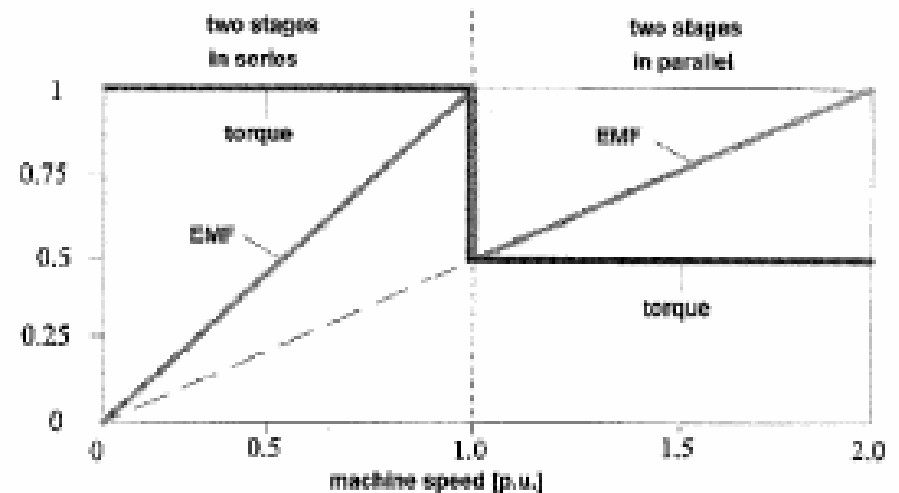
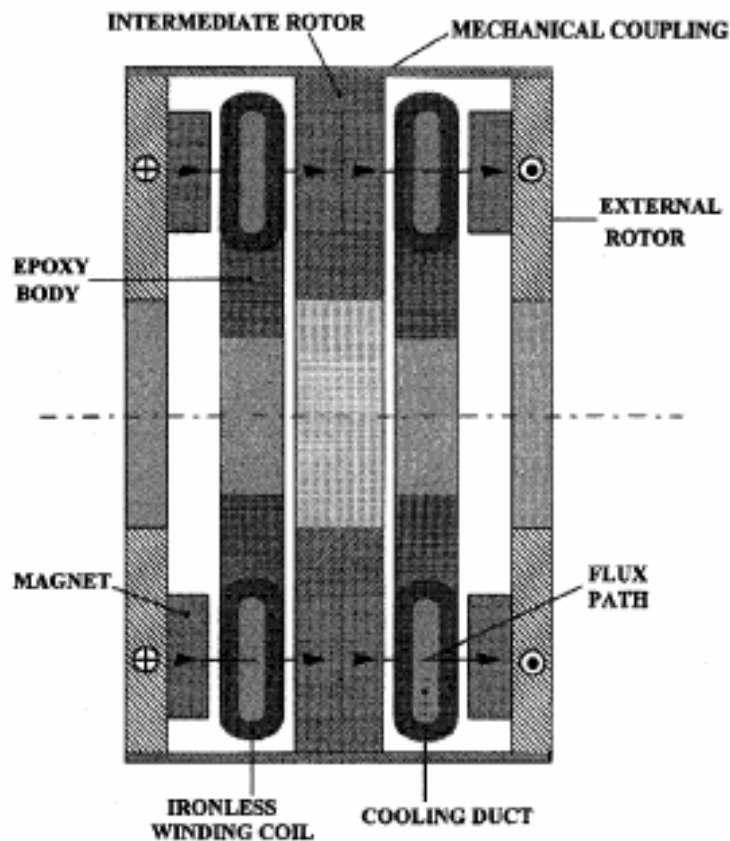


kerékagymotor

Kerékbe beszerelve

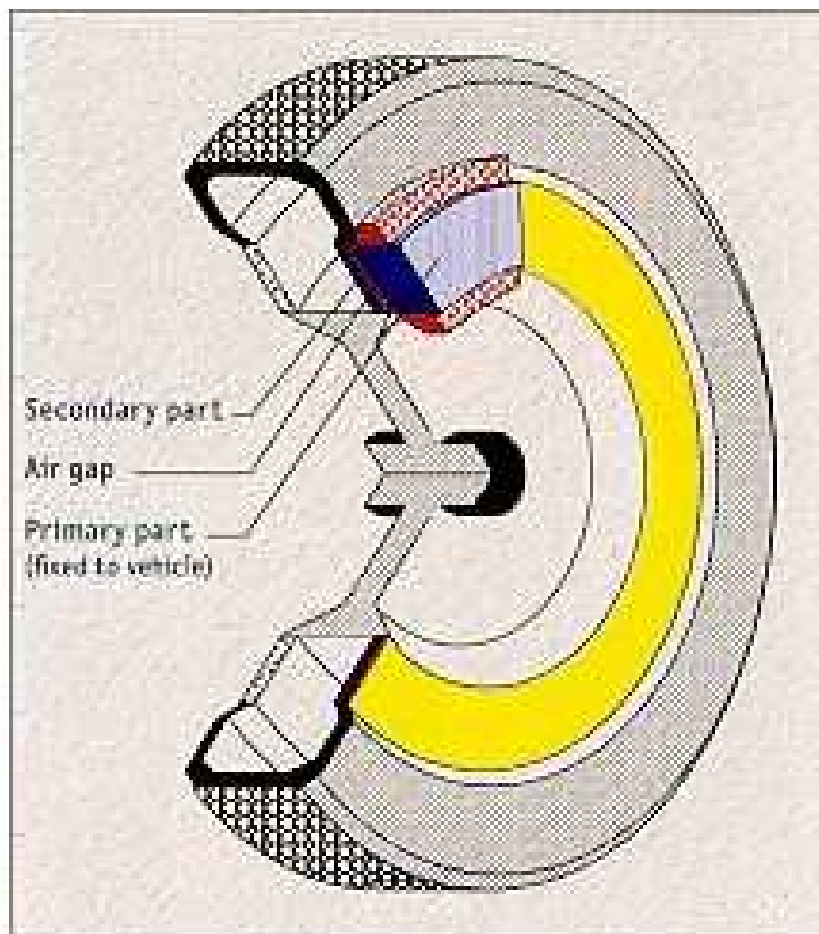


## Kerékagymotor két-oldalás axiál-fluxusú szinkrongép



A két oldal sorba, vagy párhuzamos kapcsolásával a nyomaték-fordulatszám jelleggörbe 2:1 arányban váltható, hasonlóan, mint egy mechanikai áttétellel

## Harting lineáris-motoros elven működő kerékagymotor



3 kW-os 10pólusú háromfázisú kísérleti motor a Line-Car járműben

## „Szupermotor”

Két villamos gép összevonása:  
közös állórész kétféle pólusszámú  
háromfázisú tekercseléssel és megfelelő  
pólusszámú külső-belső forgórészsel

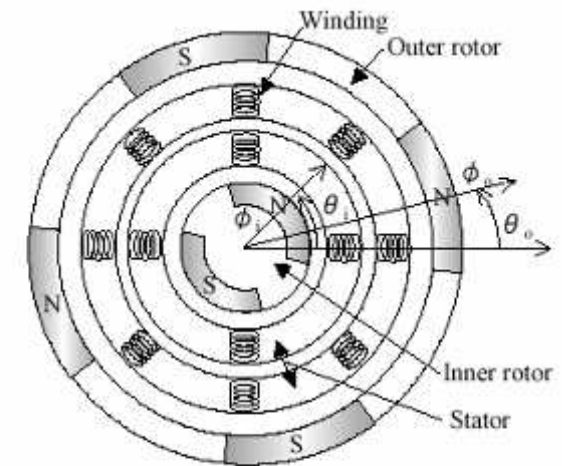
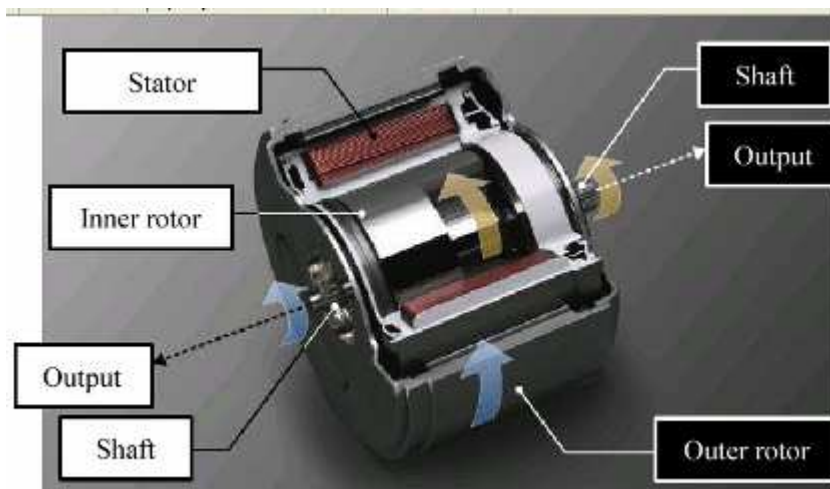
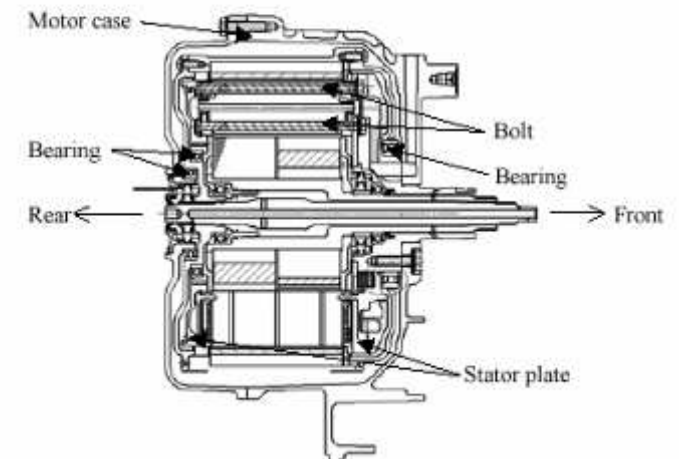


Fig. 3. Simplified model of Super Motor.



## „Szupermotor” kétféle felhasználása

### Villamosan szabályozható differenciálmű

A szupermotor egyik forgórésze a jobboldali, a másik forgórésze a baloldali kerékhez csatlakozva el tudja látni a differenciál hajtómű szerepét is

### Helykihasználás javítása

Soros hibrid hajtás két független gép összevonásával

