

# Jármű rendszertechnika

Dr Szénásy István



↑   
**eHighway**  
Elektrisch in die Zukunft

Ich bin ein Stromer!

SCANIA

# Felsővezetékes kamion

A Siemens koncepciója a kamionok villamos hajtására, felsővezetékéről, Kalifornia.

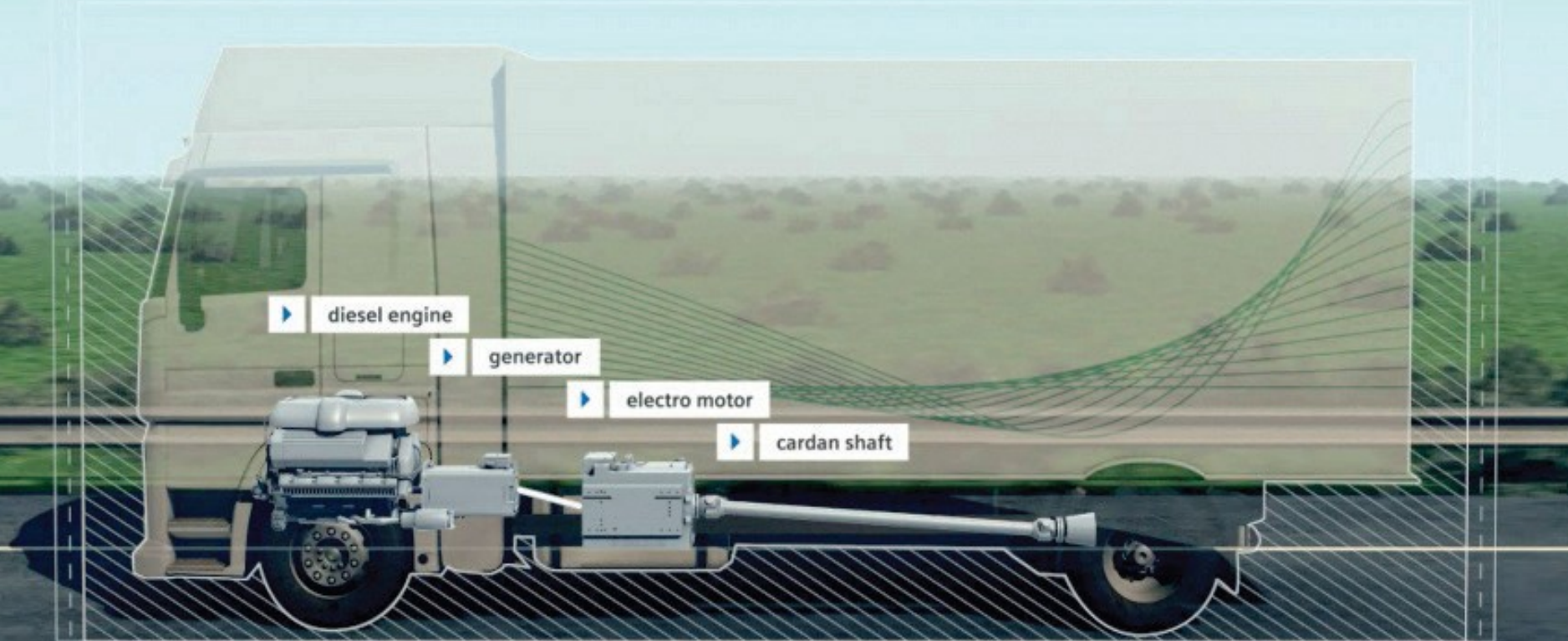
„Intelligens” áramszedő-vezérléssel,  
aszinkron motoros hibrid hajtással,  
+dízelmotorral-generátorral



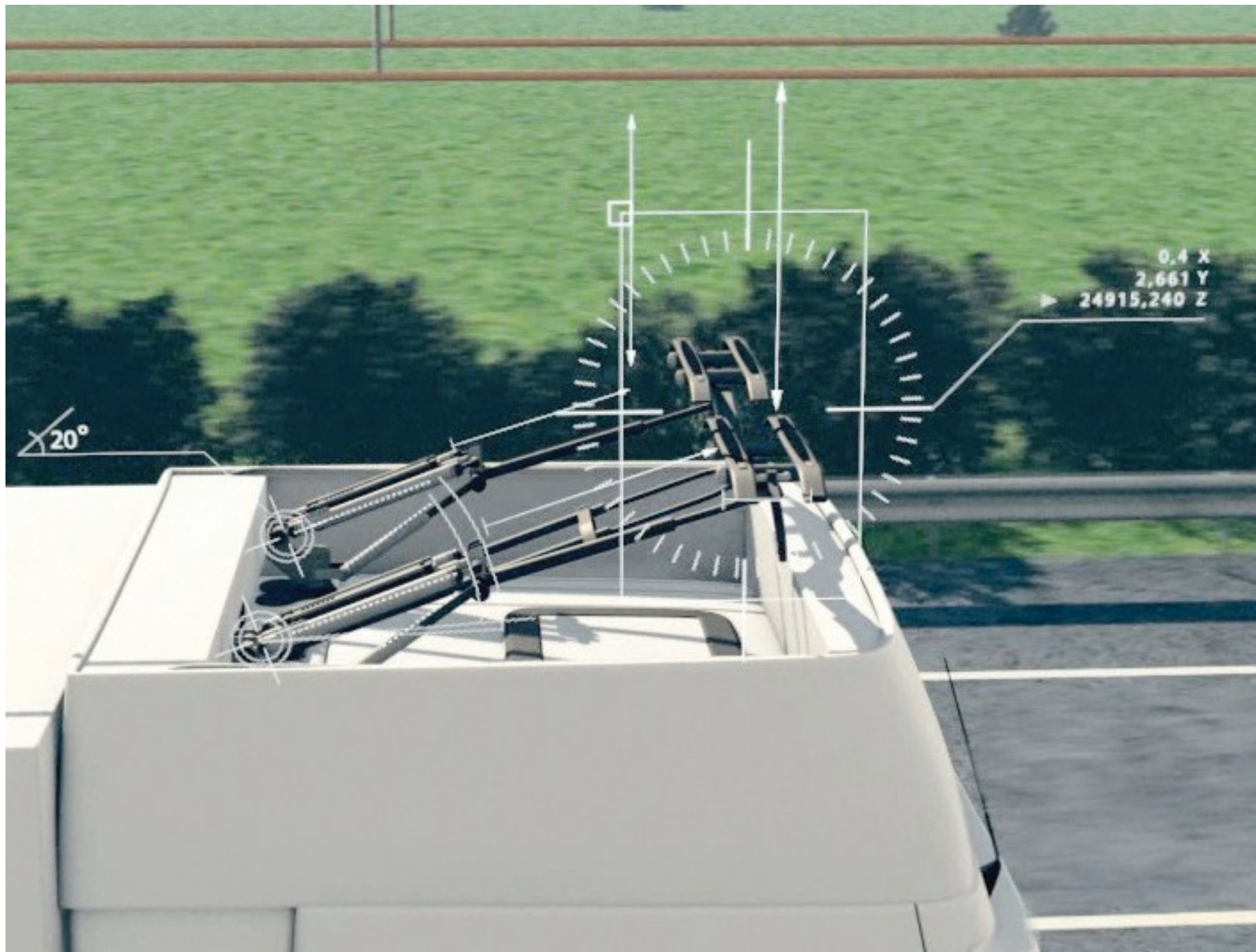


## National highway networks

With the specialized design of its infrastructure and the highly innovative vehicle components, the eHighway system is the ultimate solution for future long-haul transport. In order to achieve the environmental goals and reduce **CO2 emissions, road freight** transport requires a global shift from fossil fuels to alternative drive technologies. Siemens is pioneering this field, and is providing not only the technical solution for the electrification of freight transport but is also demonstrating a strategic approach to achieving a large-scale implementation on highway systems.









A kikötőbe dizelmotorjával hajt be









# Előzés



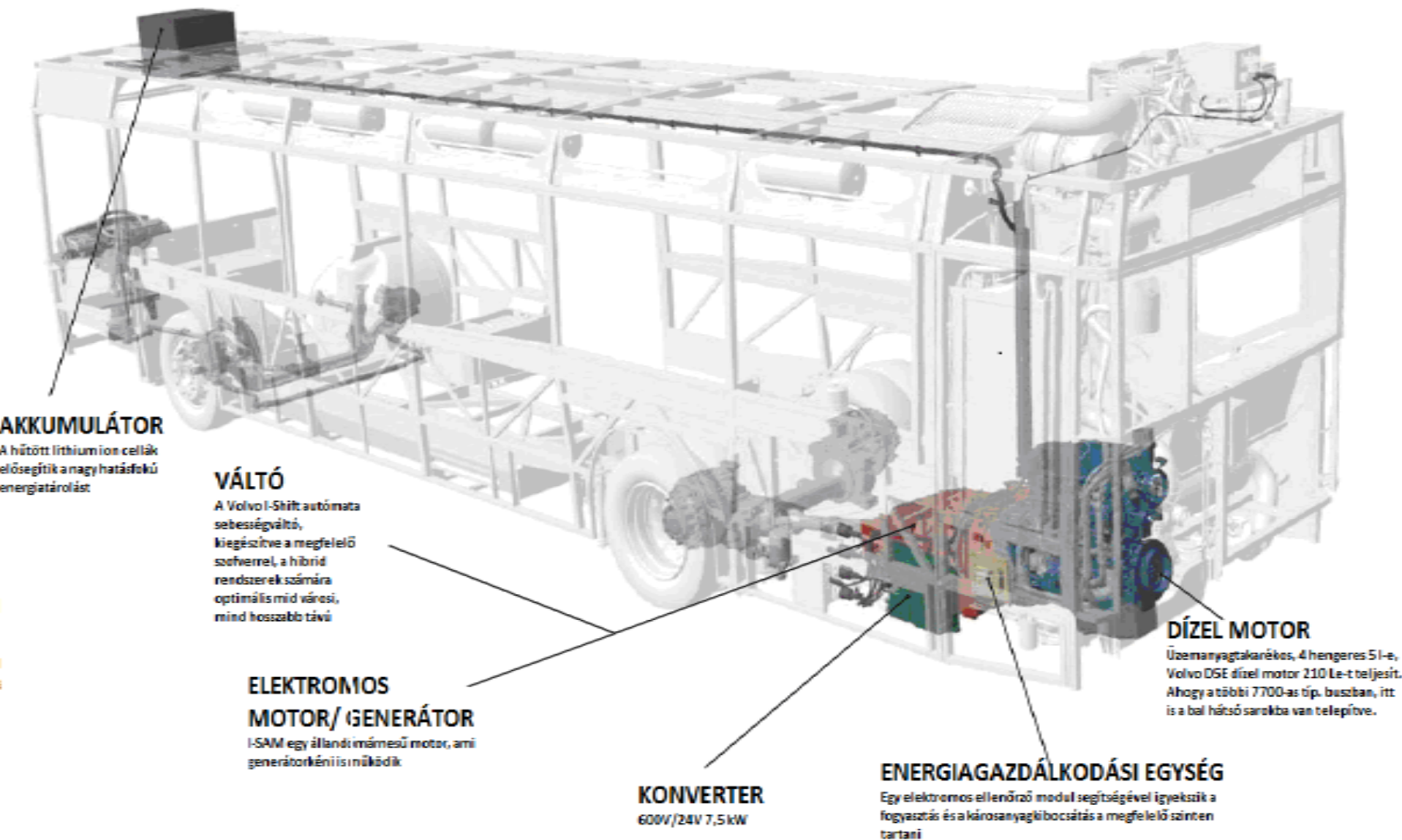








# Hibrid busz hajtásrendszere és energiatarolója



## AKKUMULÁTOR

A hűtött lítium ion cellák elősegítik a nagy hatásfokú energiatarolást

## VÁLTÓ

A Volvo I-Shift automata sebességváltó, kiegészítve a megfelelő szoftverrel, a hibrid rendszerek számára optimális működési, mind hosszabb távú

## ELEKTROMOS MOTOR/GENERÁTOR

I-SAM egy állandó mágnesű motor, ami generátorként is működik

## KONVERTER

600V/24V 7,5kW

## DÍZEL MOTOR

Üzemanyagtakarékos, 4 hengeres 5 l-e, Volvo D5E dízel motor 210 Le-t teljesít. Ahogy a többi 7700-as típus buszban, itt is a bal hátsó sarokba van telepítve.

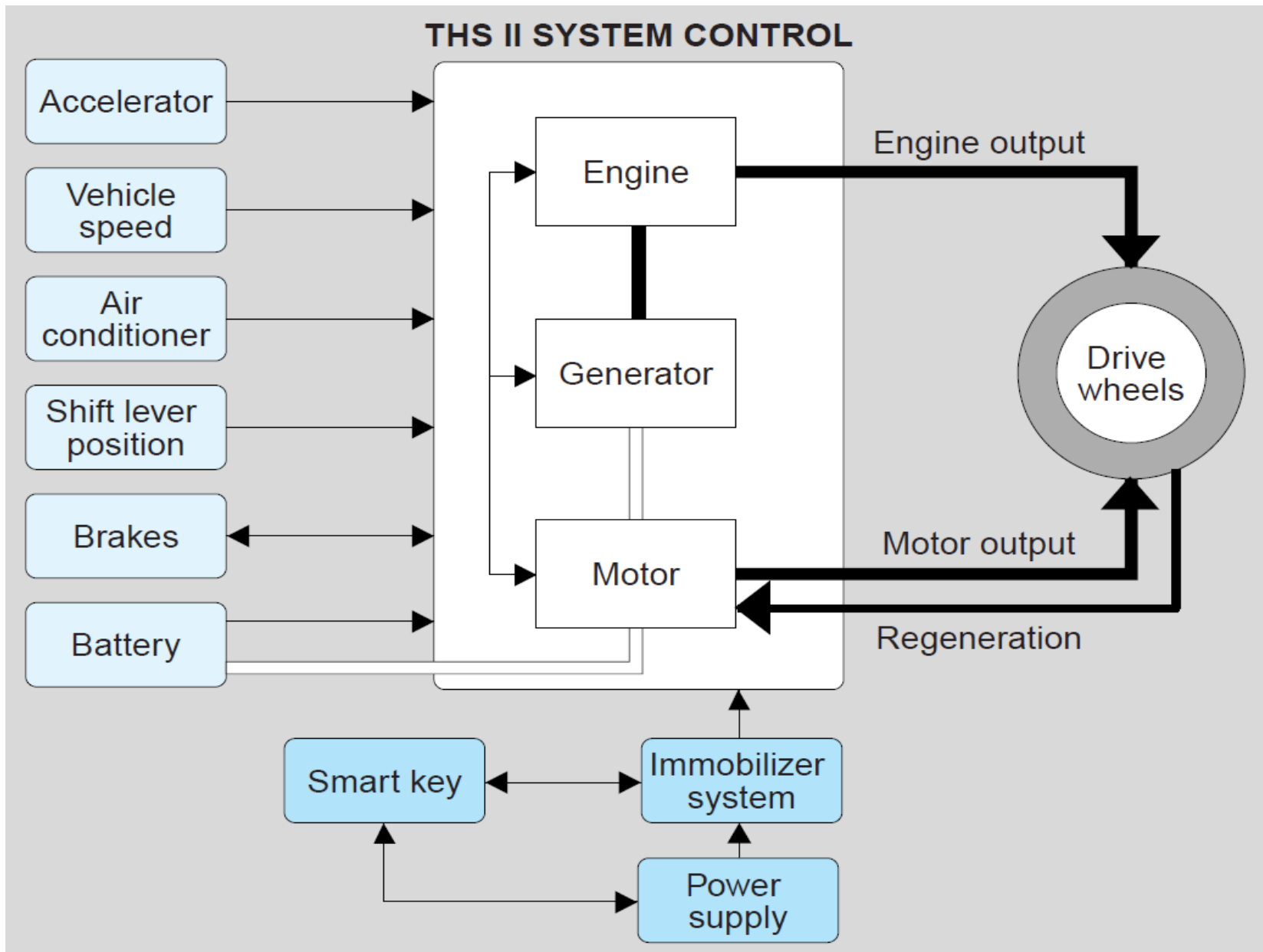
## ENERGIAGAZDÁLKODÁSI EGYSÉG

Egy elektronos ellenőrző modul segítségével igyekszik a fogyasztás és a hővesztékbocsátás a megfelelő szinten tartani

Allison hibrid váltó ( a vill.motor és a generátor inverterei másutt vannak)



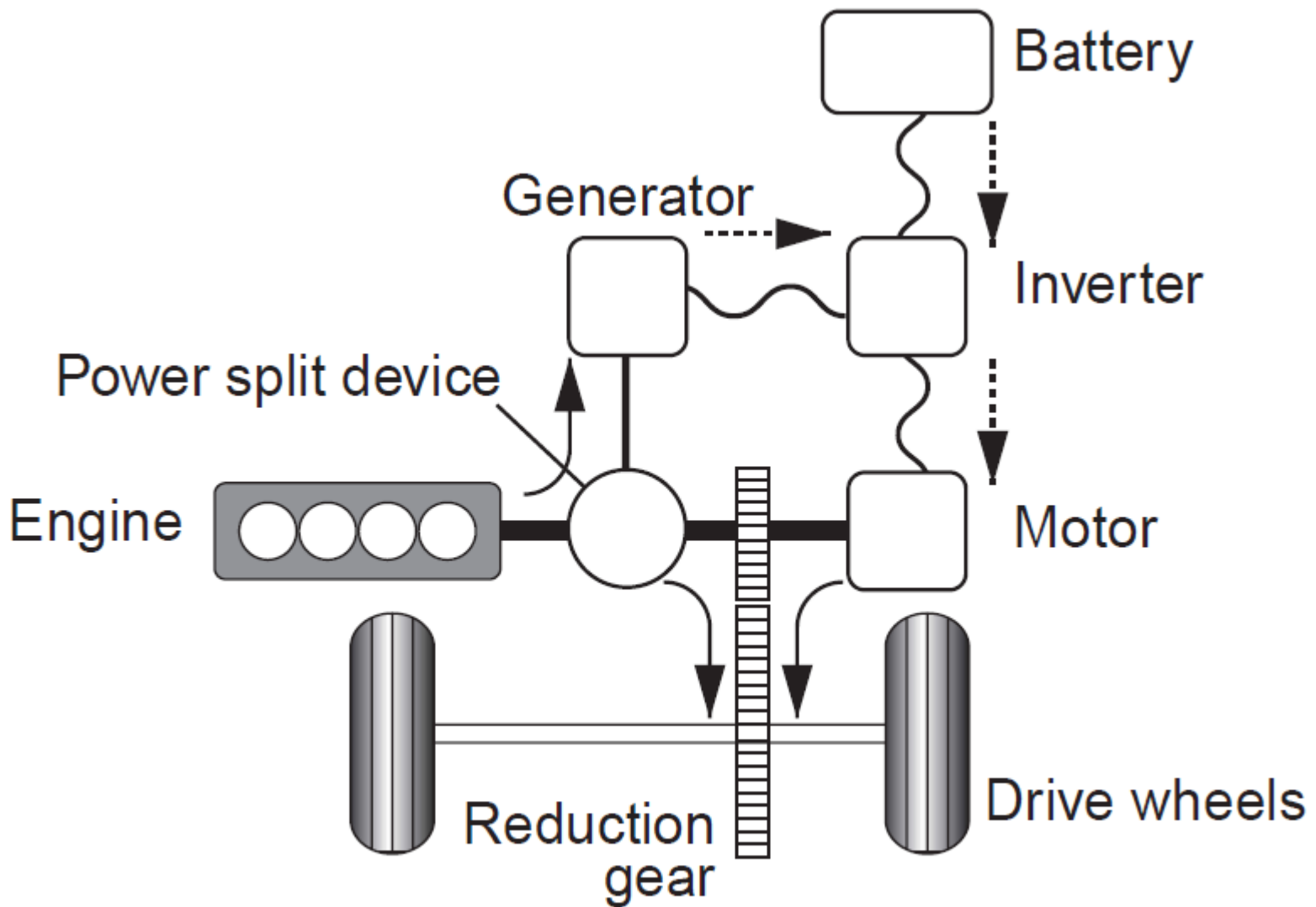
# Hibrid autó hajtásrendszere és irányítása (Toyota Prius)





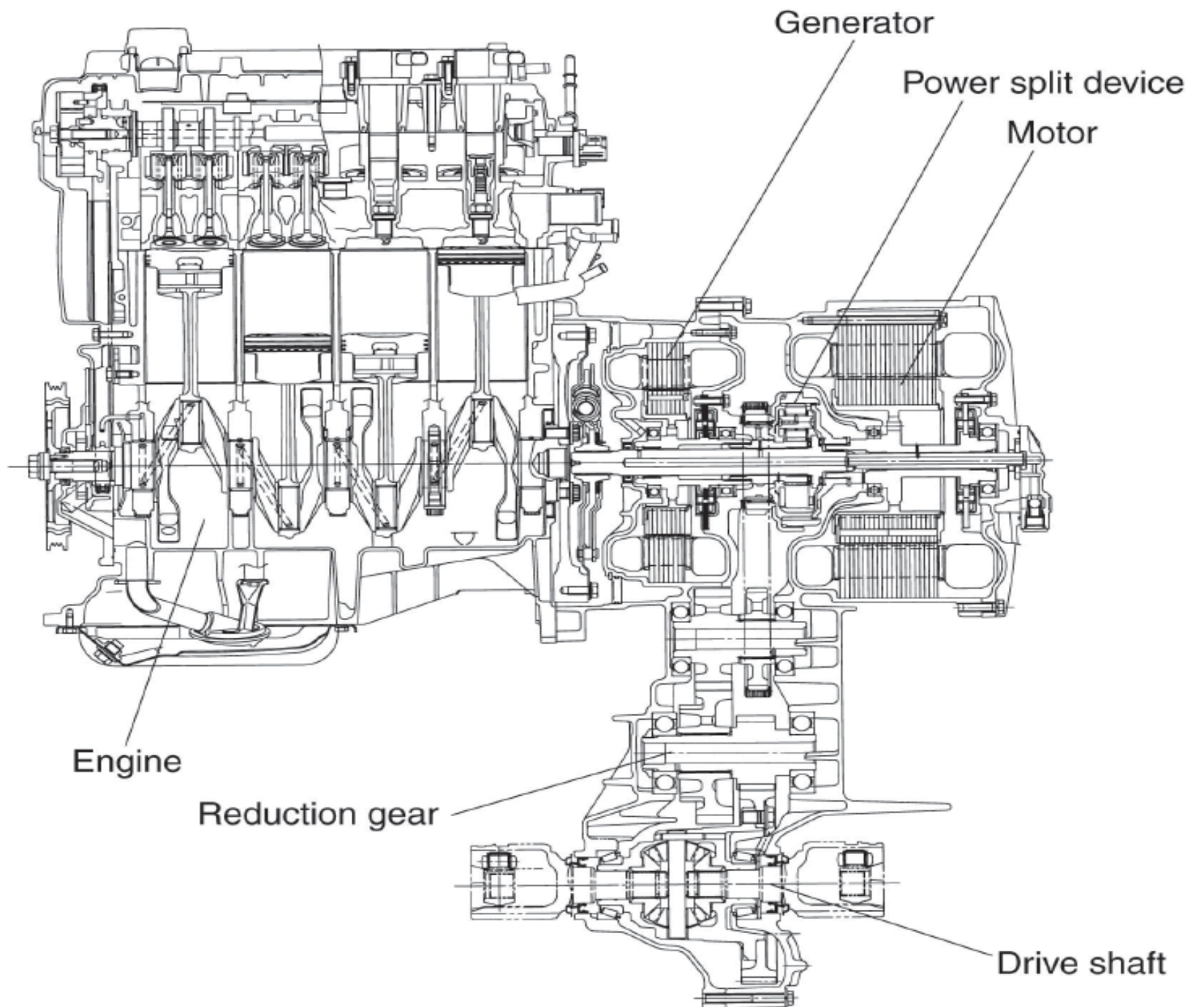


**Toyota Hybrid System II (THS II)**



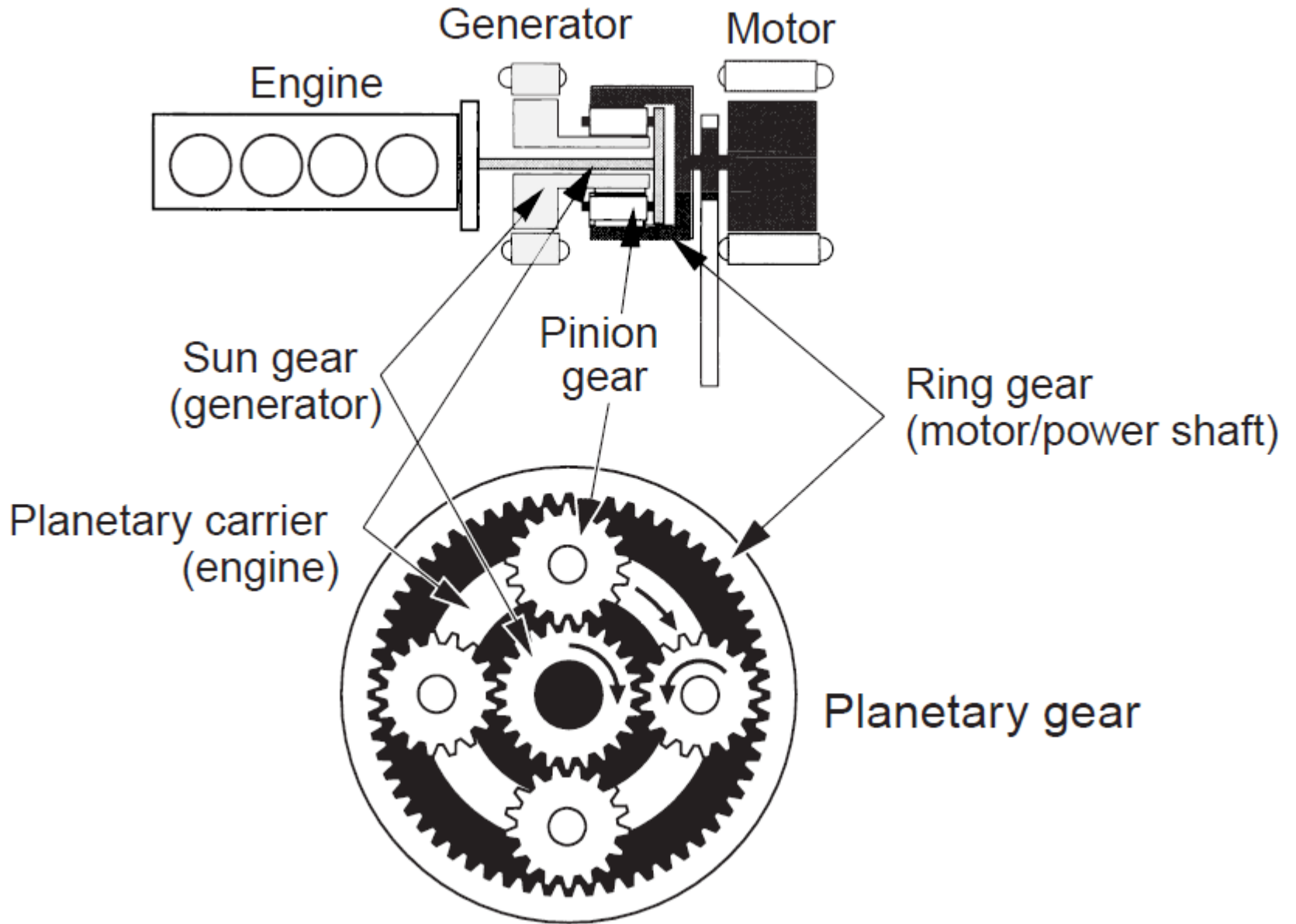
**Series/parallel hybrid system (THS in Prius)**

# Cross-sectional view

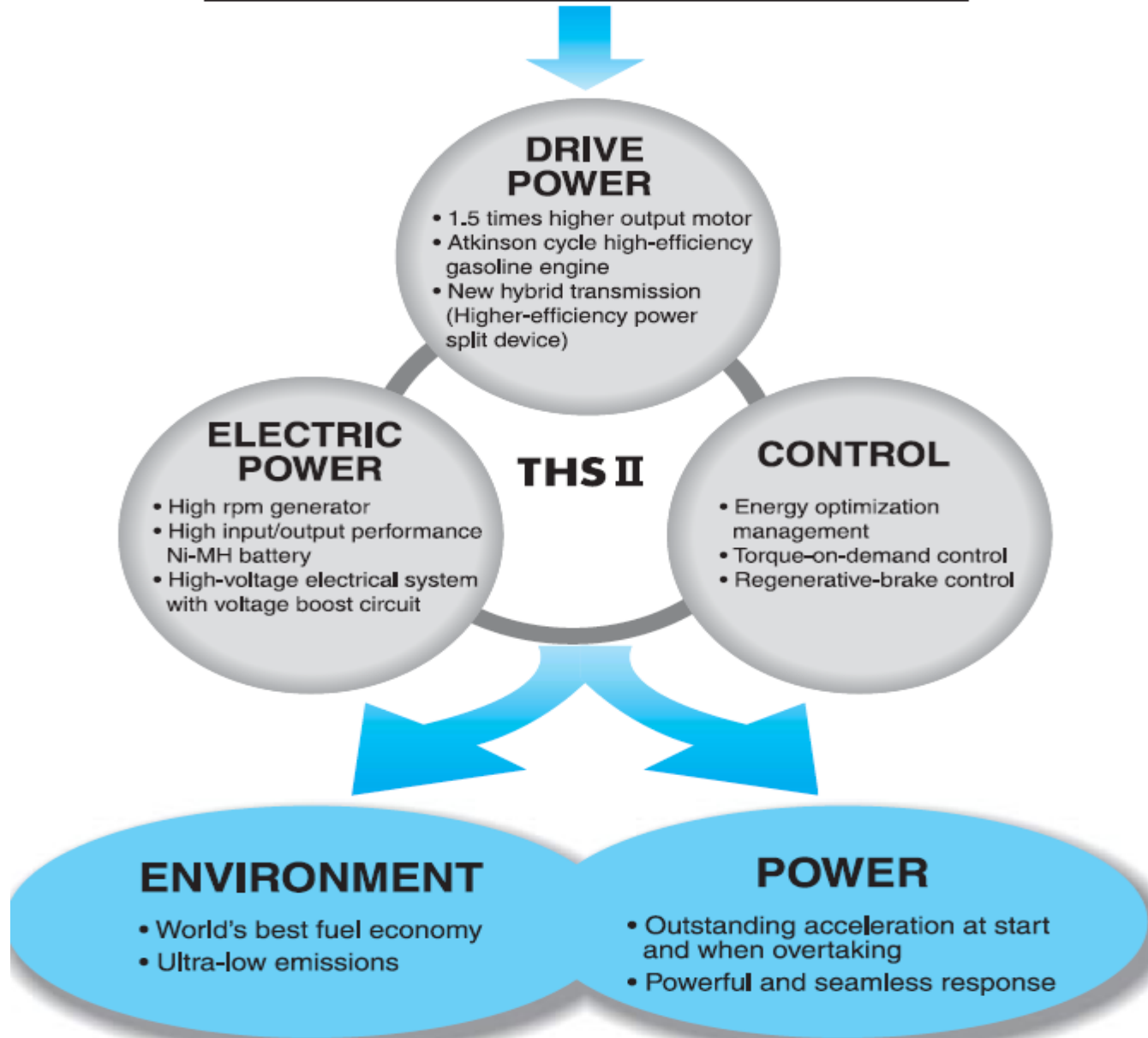




# A „teljesítményosztó” bolygómű kapcsolatai



**Objective:  
Compatibility of Environmental  
& Power Performance**



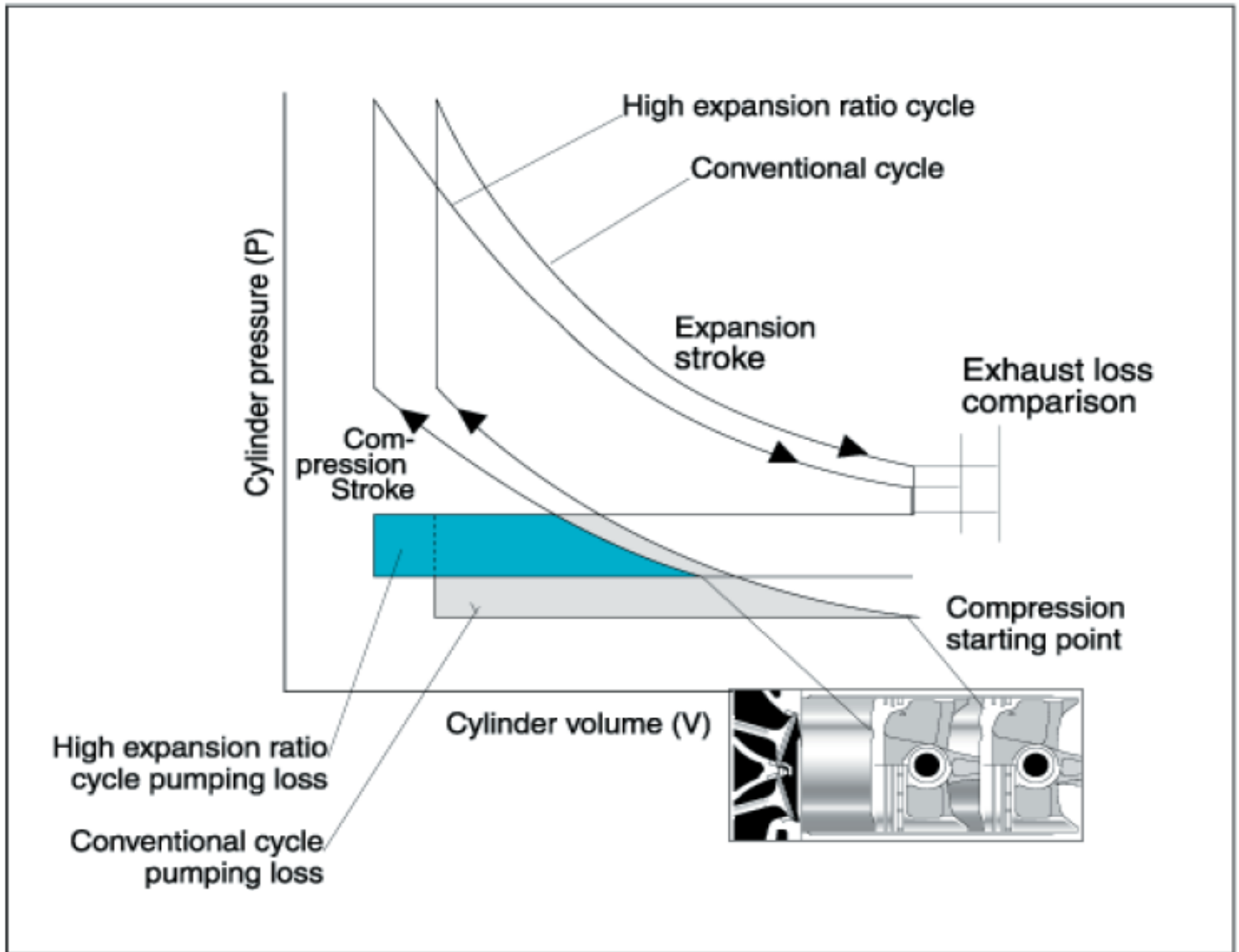
# High-Expansion Ratio Cycle

A 1.5-liter engine is used, which achieves high efficiency by using the Atkinson Cycle, one of the most heat-efficient, high-expansion ratio cycles. Because the expansion ratio ((expansion stroke volume + combustion chamber volume)/ combustion chamber volume) is increased by reducing the volume of the combustion chamber and the chamber is evacuated only after the explosion force has sufficiently fallen, this engine can extract all of the explosion energy.

\*1 Expansion ratio: (expansion stroke volume + combustion chamber volume)/combustion chamber volume

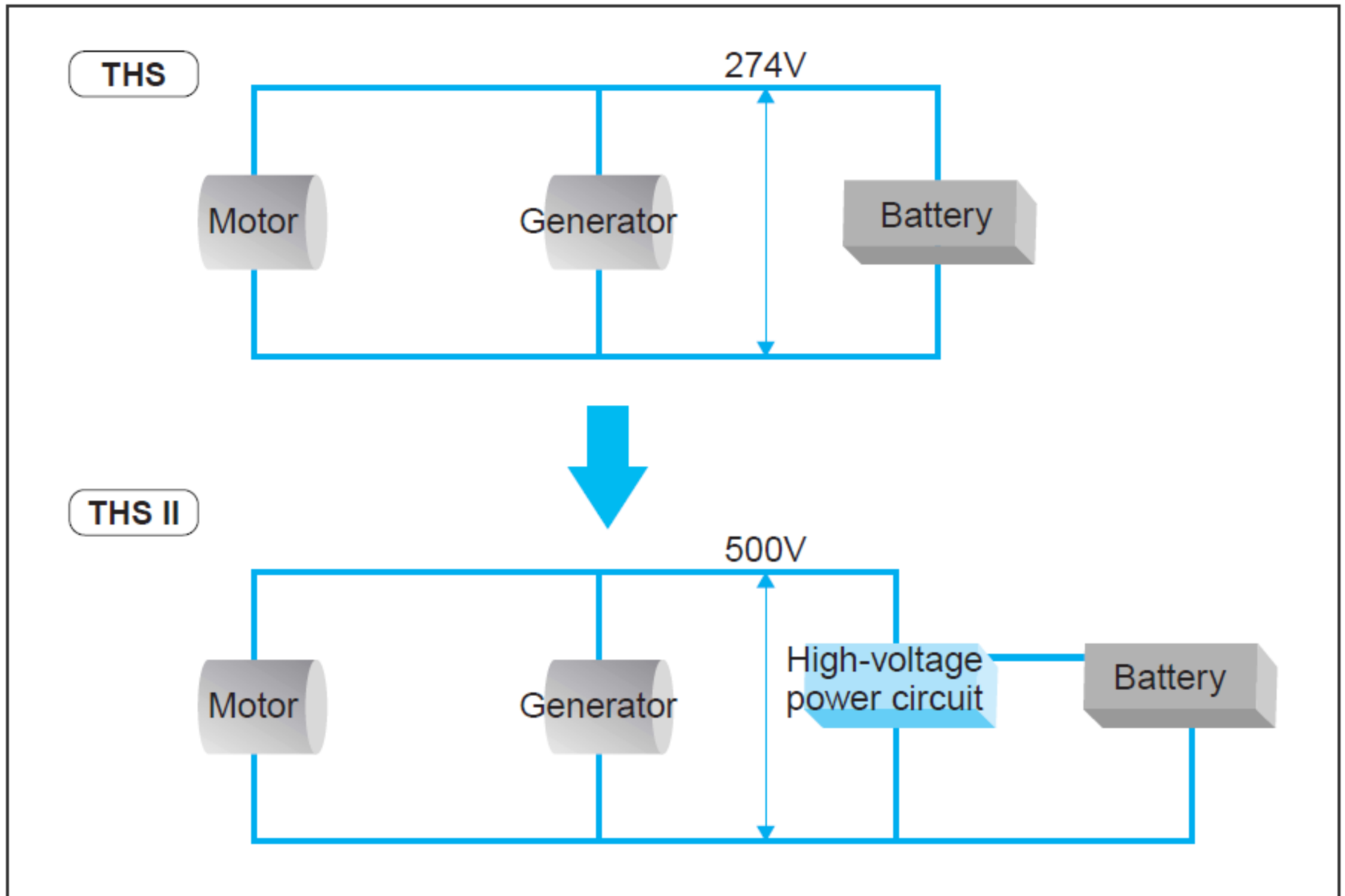
\*2 Compression ratio (compression stroke volume + combustion chamber volume)/combustion chamber volume

# High expansion ratio conceptual diagram

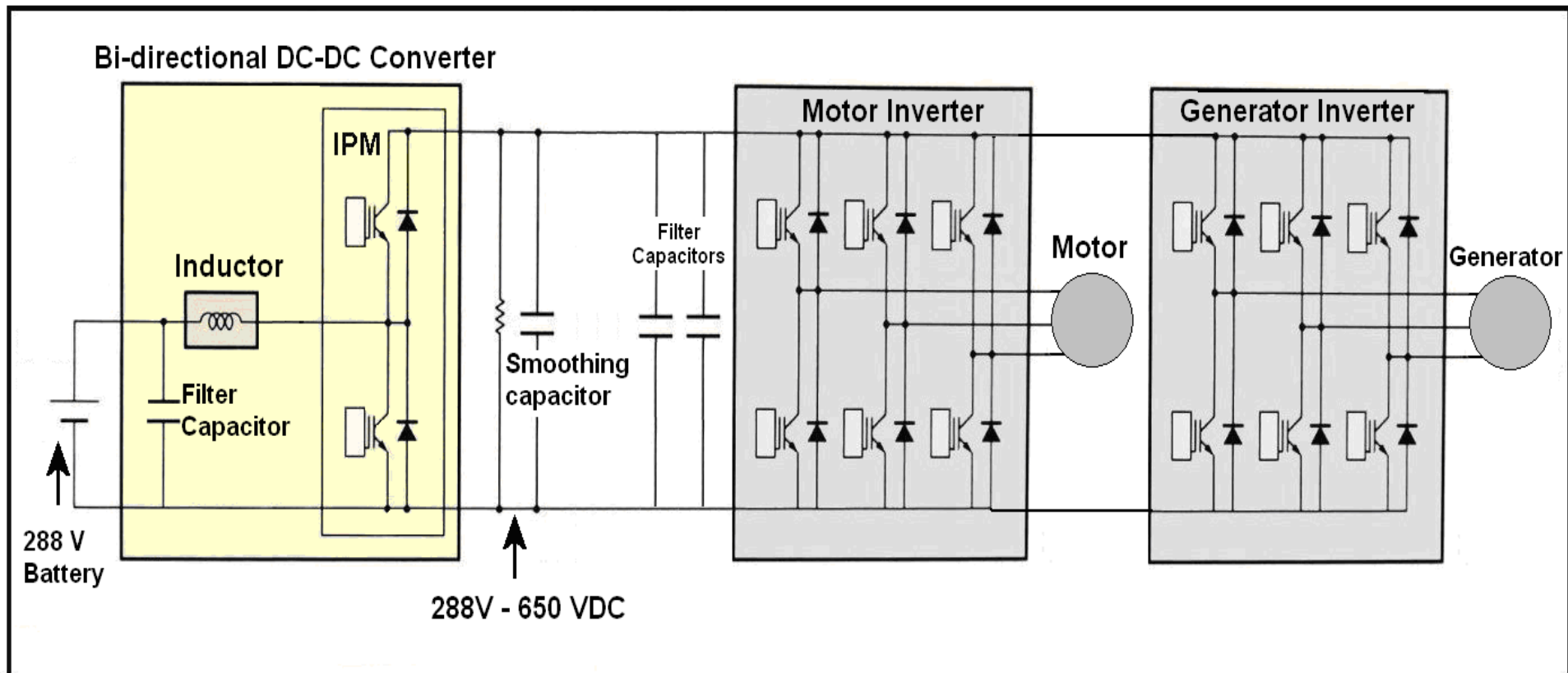




# High-voltage electrical system



# A hibrid autó teljesítmény-áramkörei

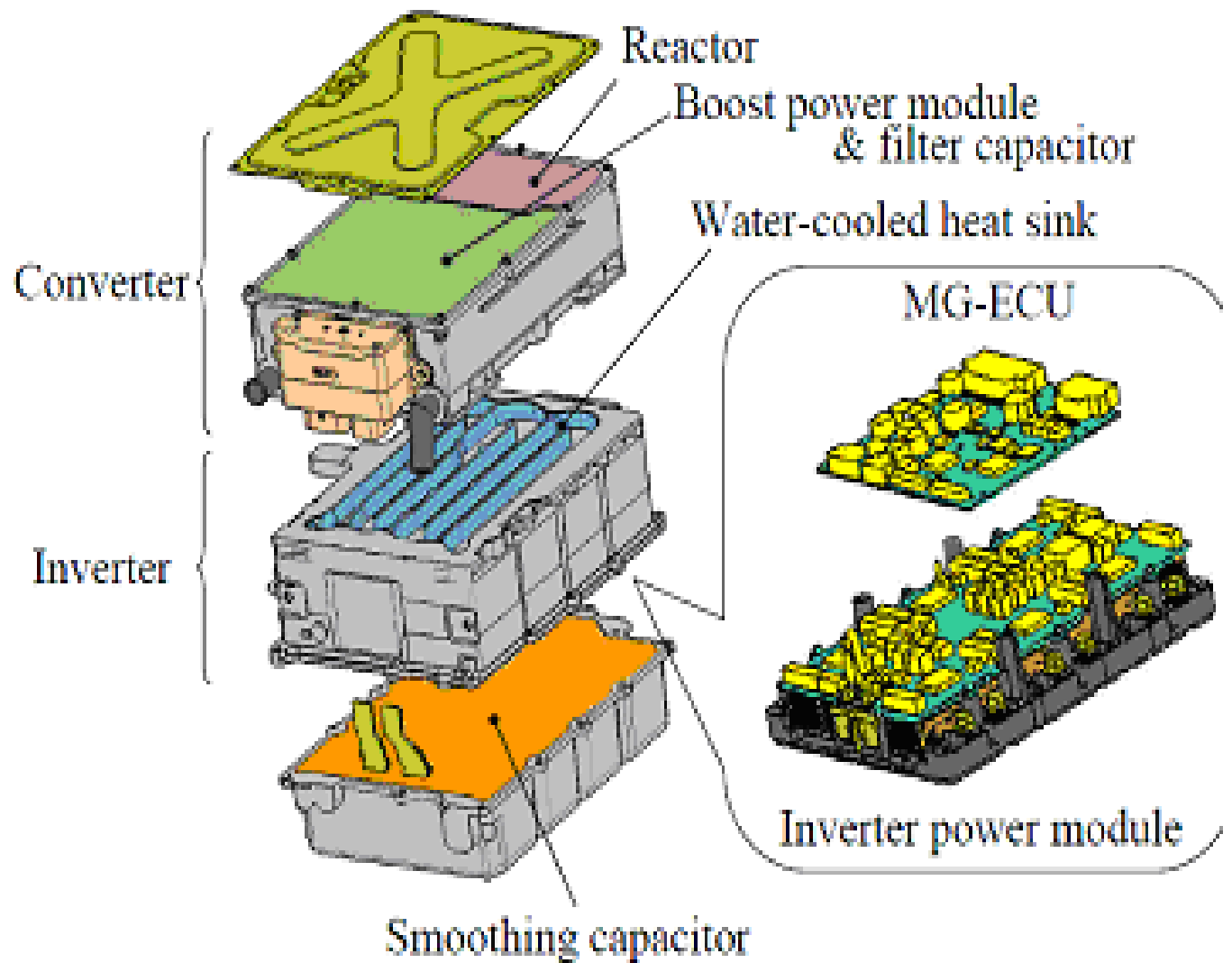


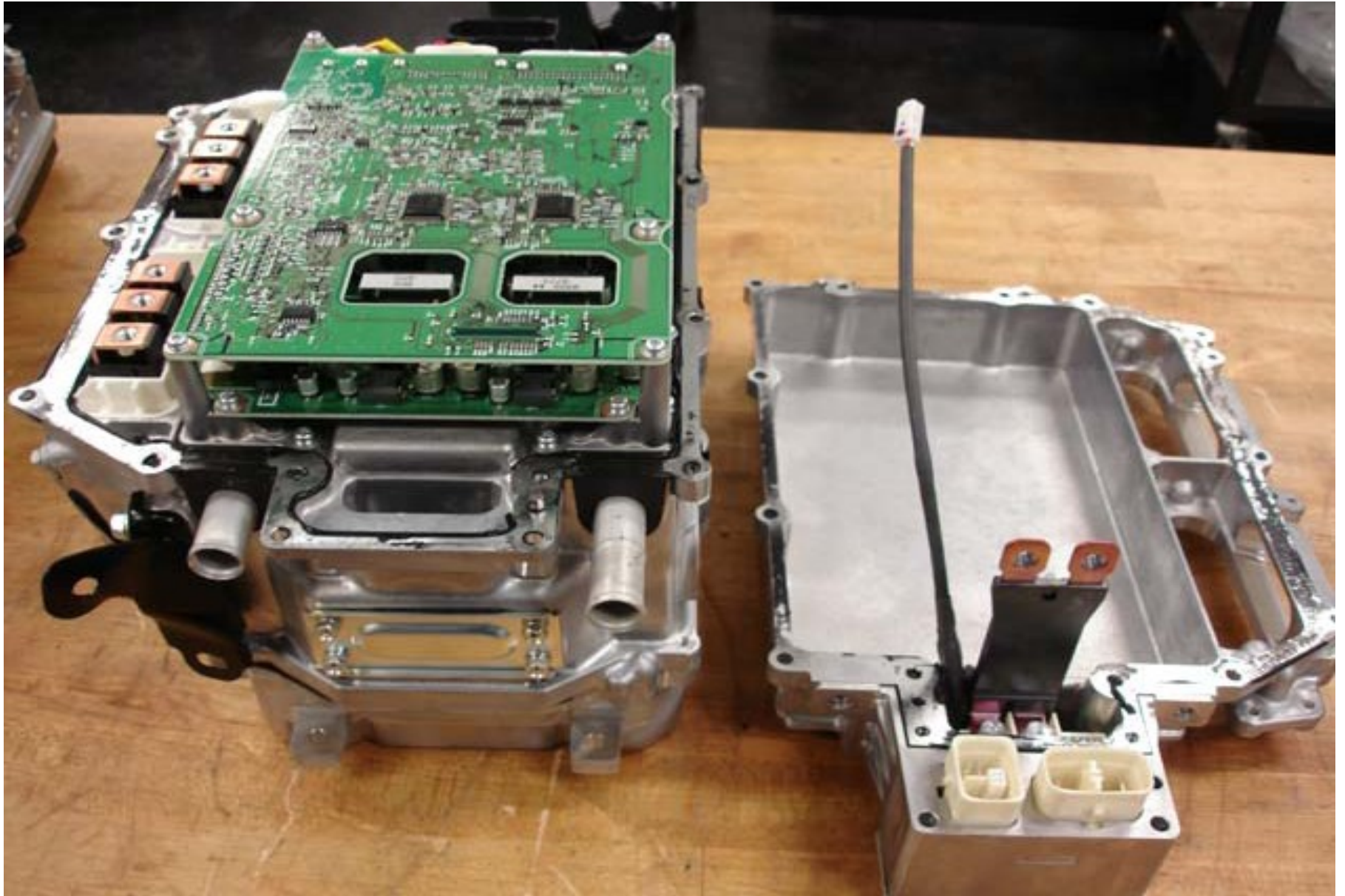




**Fig. 2.3. Compartments of the LS 600h inverter and converter assembly.**

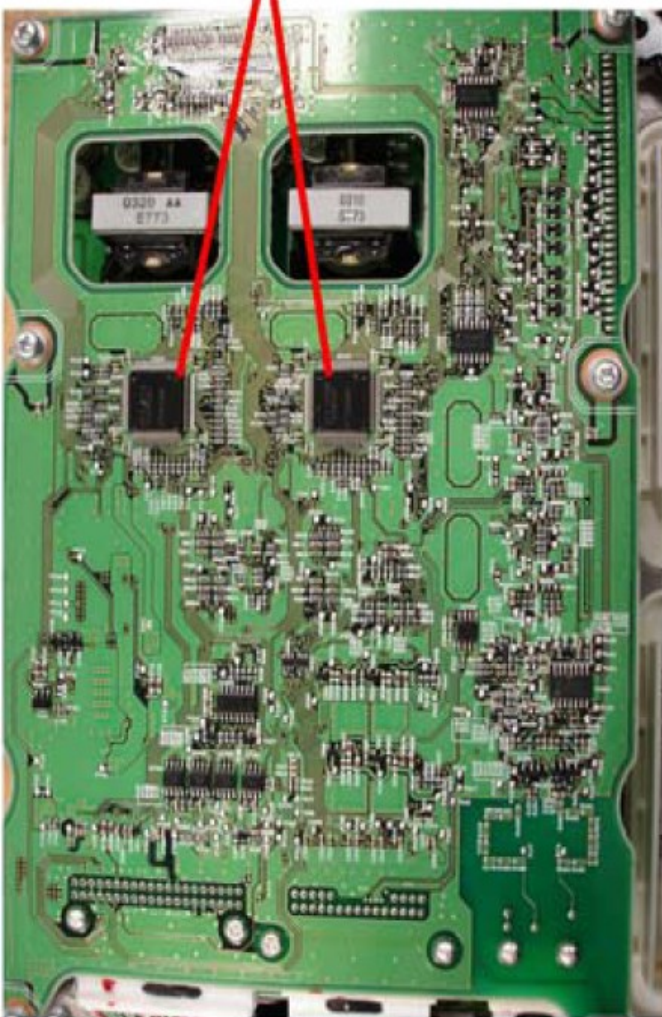




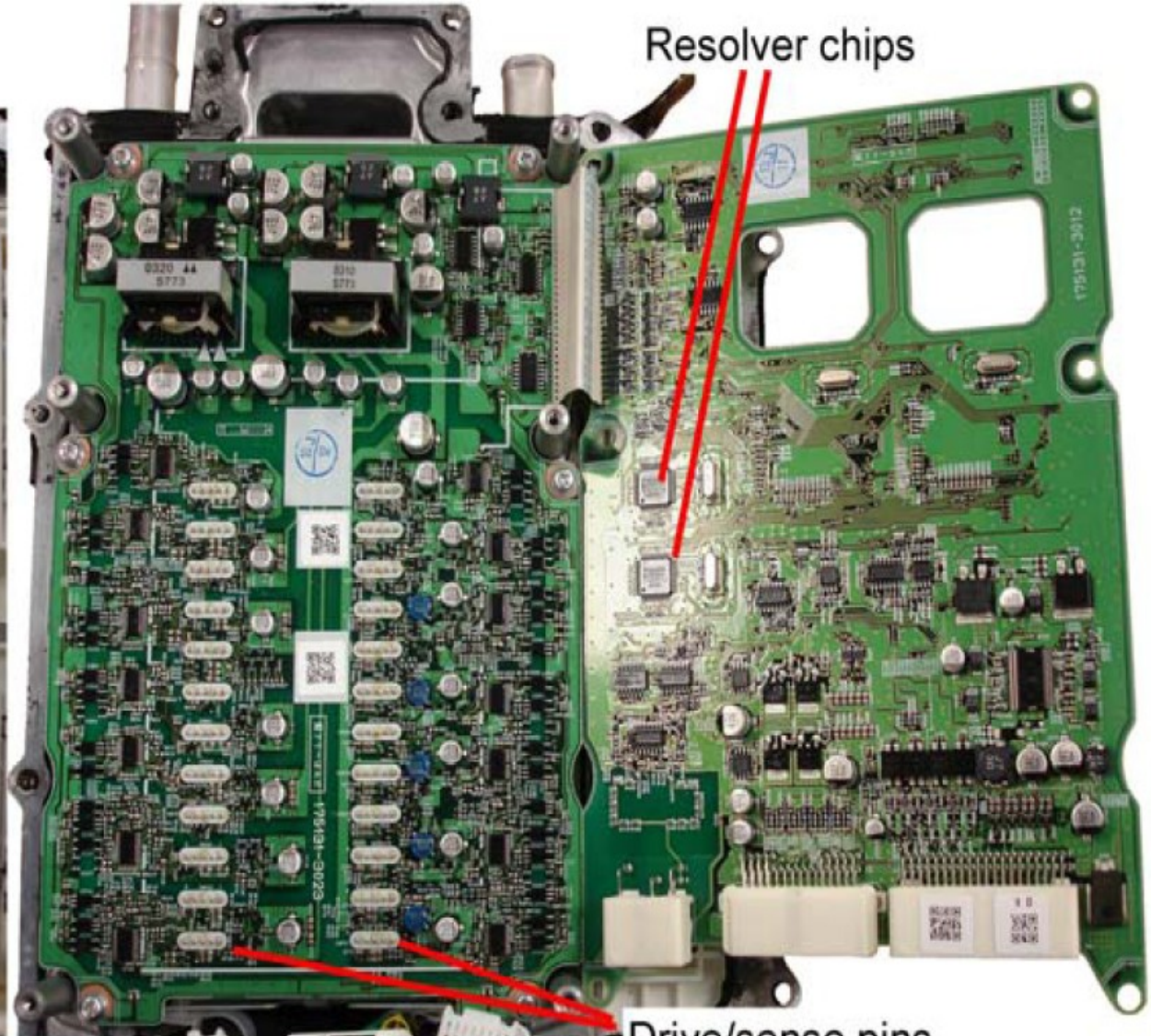




DSP Controllers

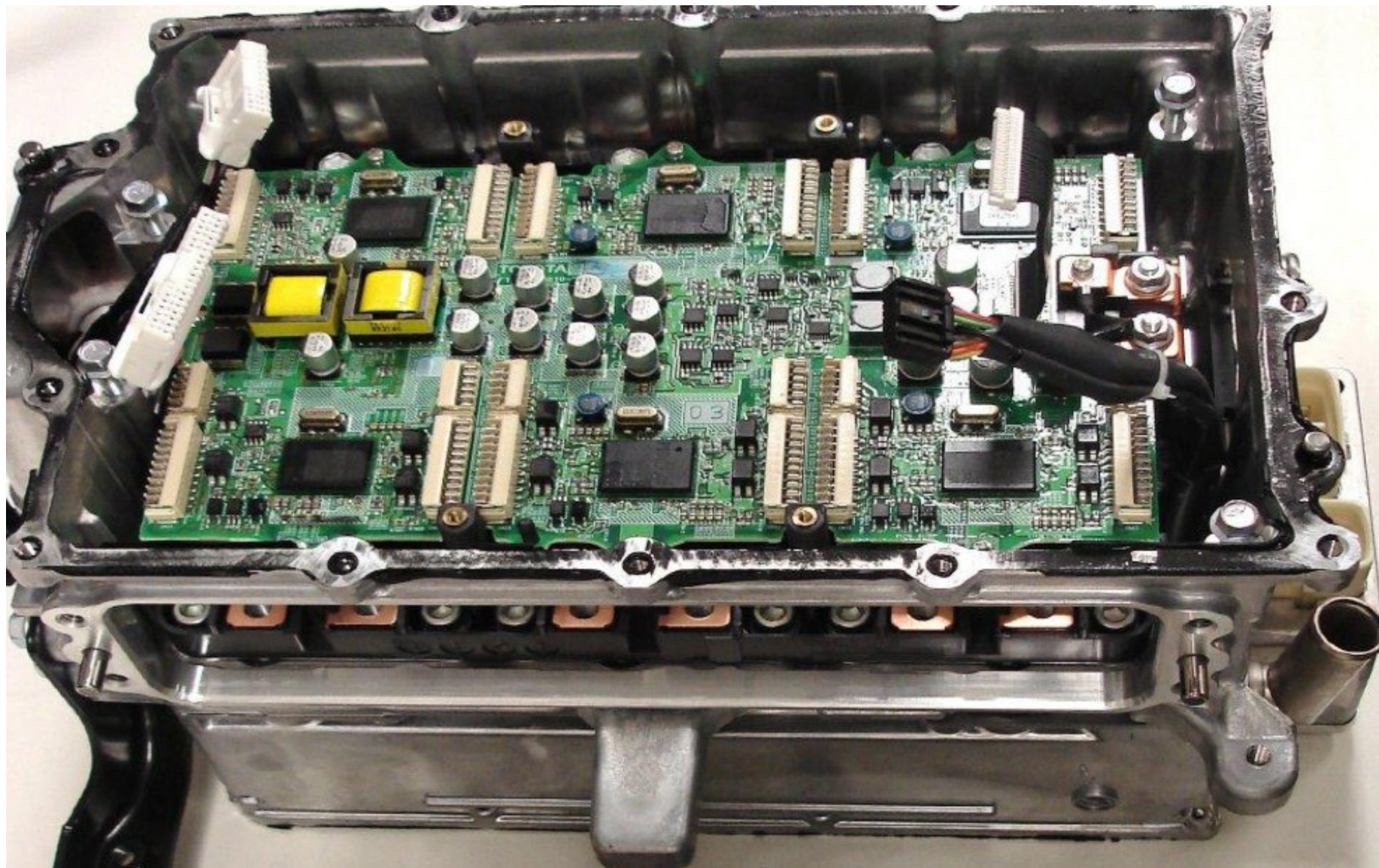


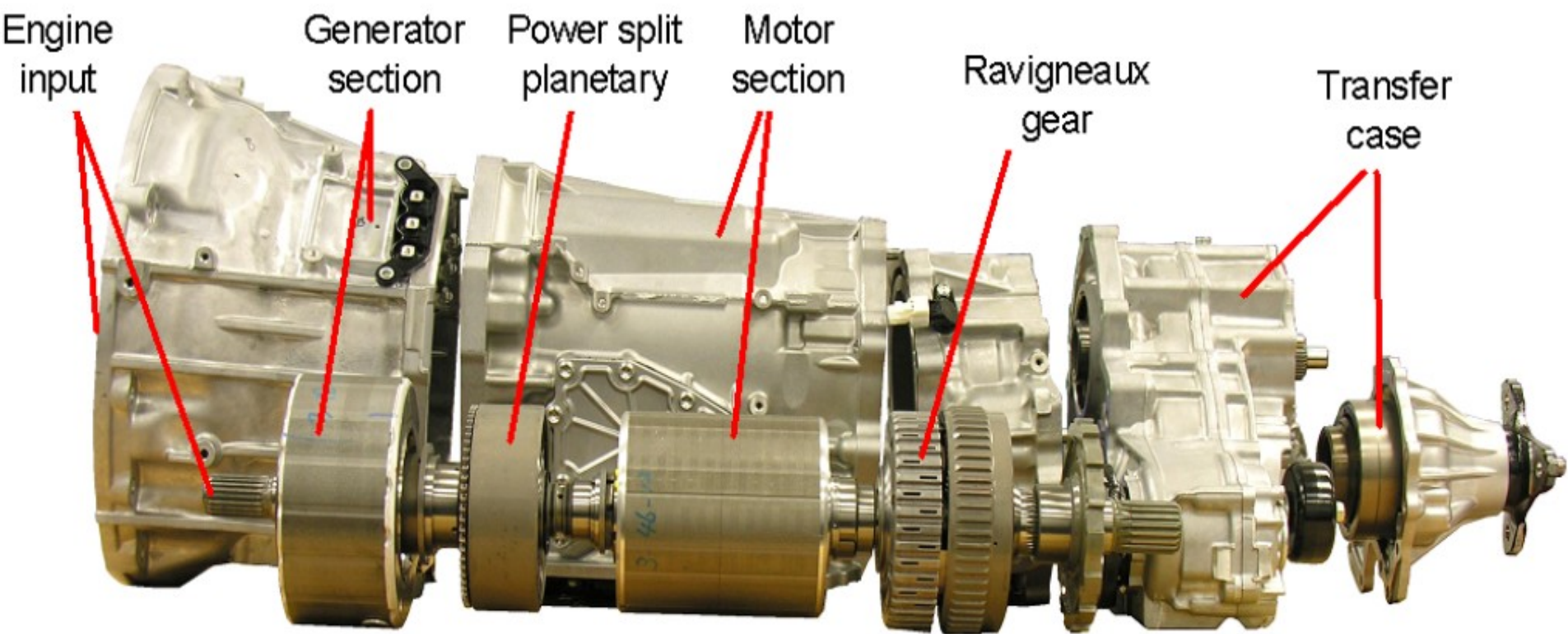
Resolver chips



Drive/sense pins  
to/from power module

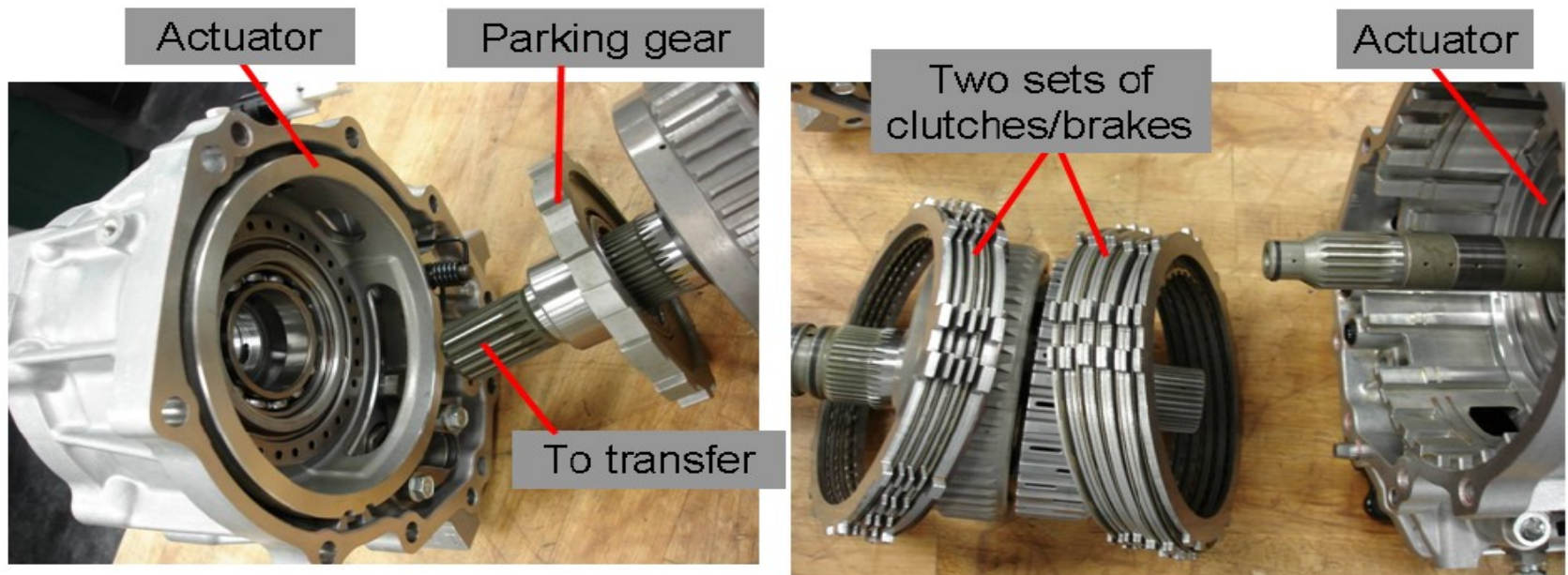




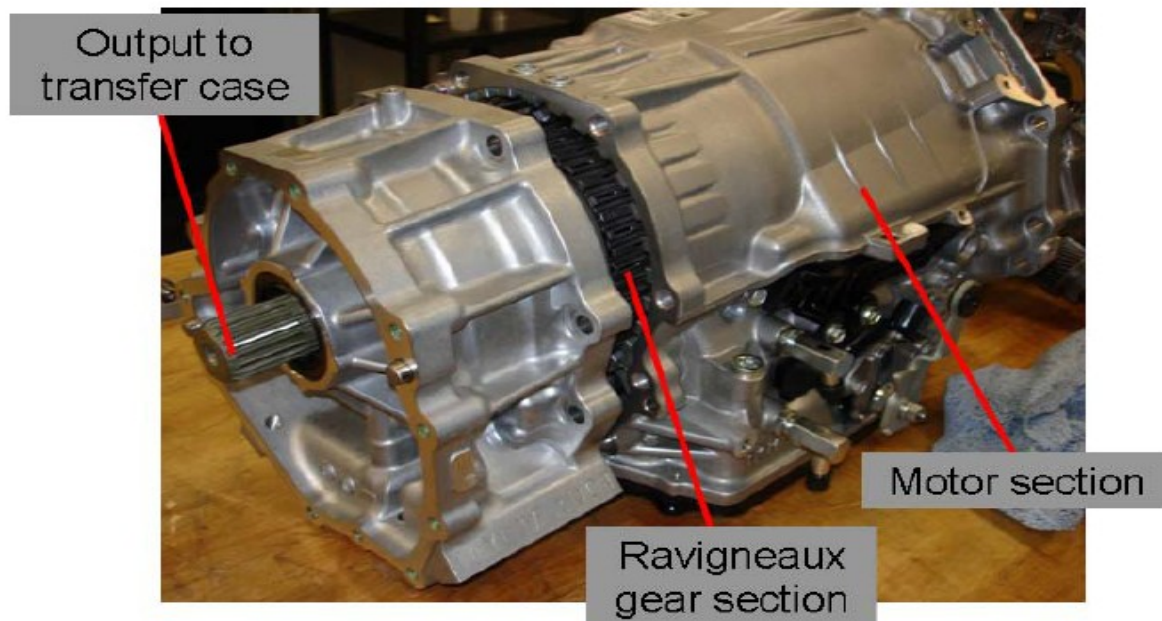


**Fig. 2.53. Sections of the LS 600h ECVT.**





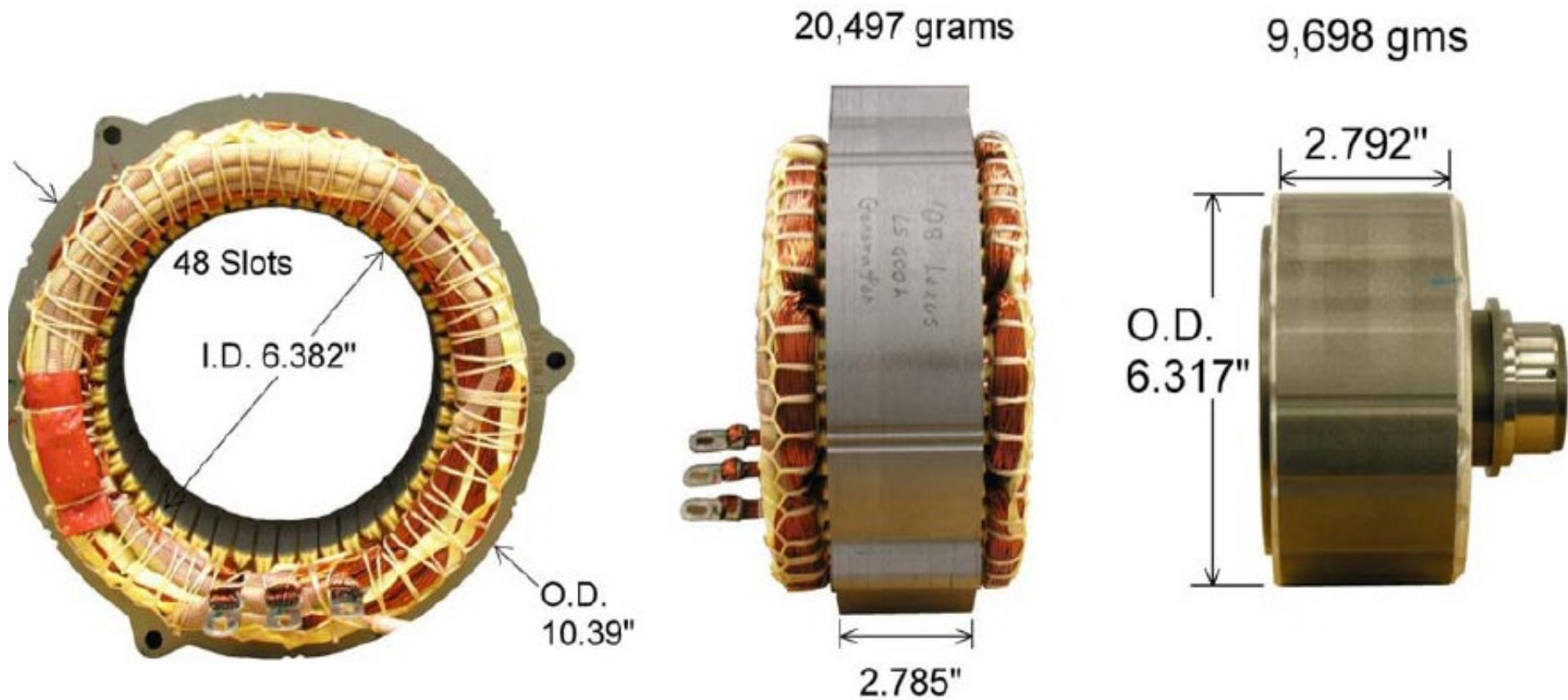
**Fig. 2.59. Ravigneaux gear section actuators and clutches.**



**Fig. 2.60. Ravigneaux gear section rear view.**

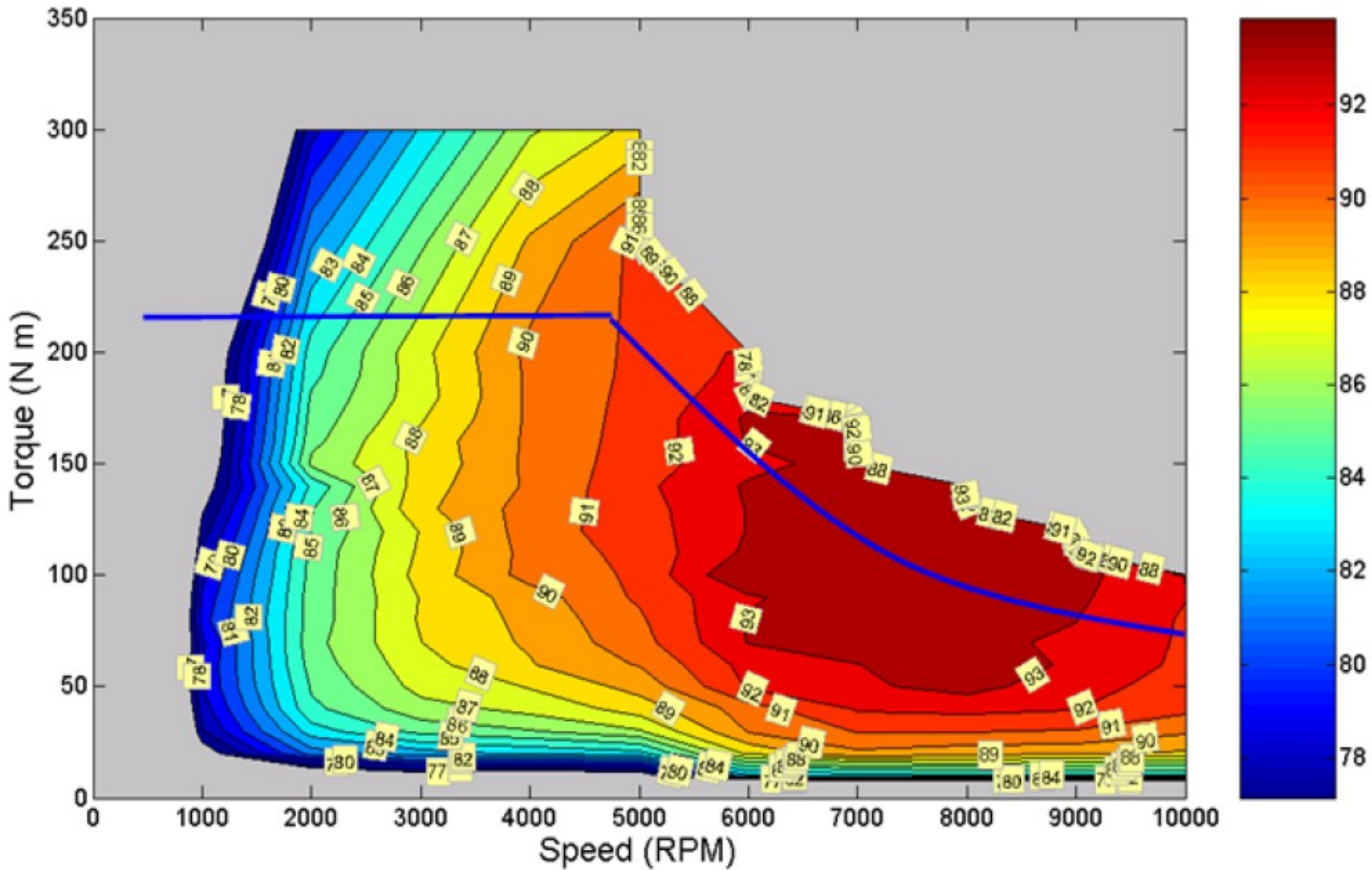


# A generátor álló és forgórésze



**Fig. 2.71. LS 600h generator stator and rotor.**

# A Prius I egyesített, motor + inverter hatásfokmezője



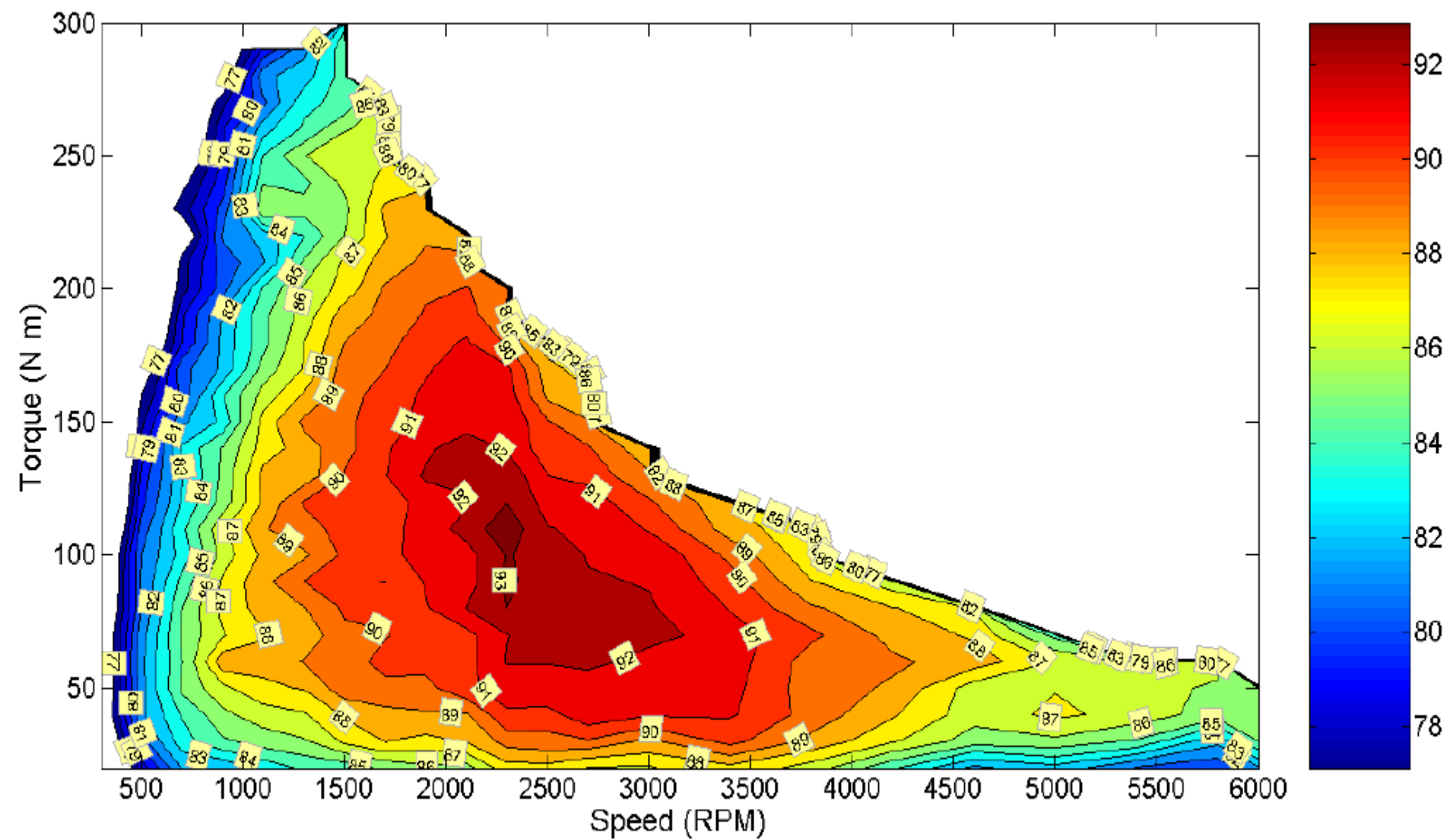


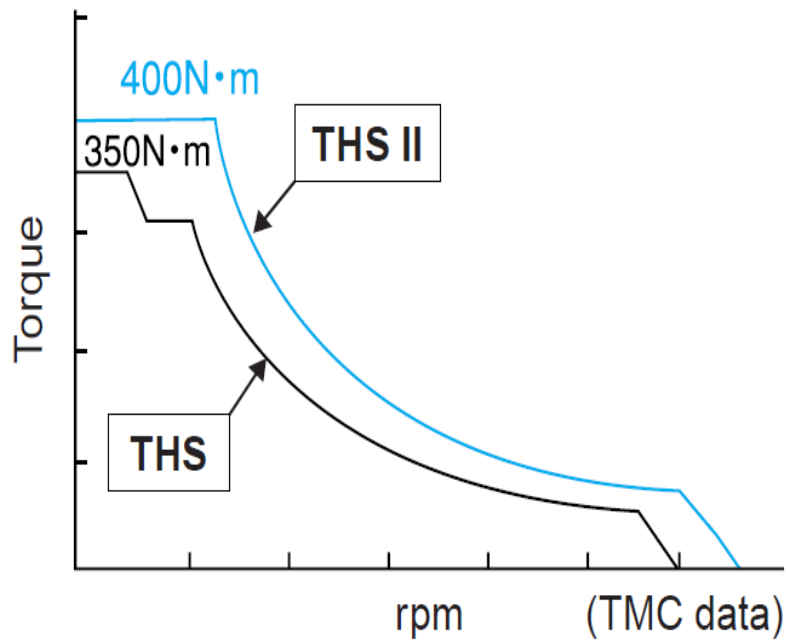
Fig. 3.21. 2004 Prius motor/inverter efficiency contours.



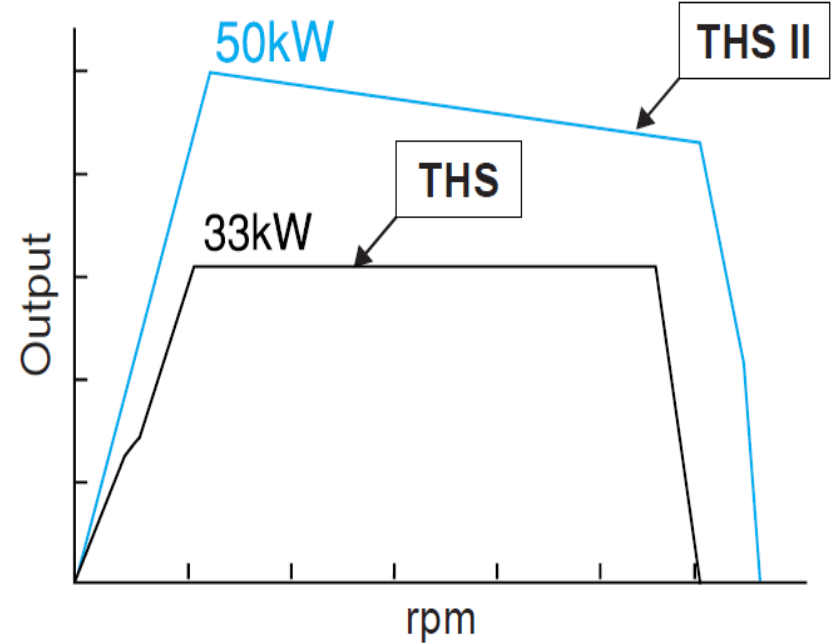
# A villamos motor nyomaték és teljesítményábrái

Motor performance curves

Torque



Output



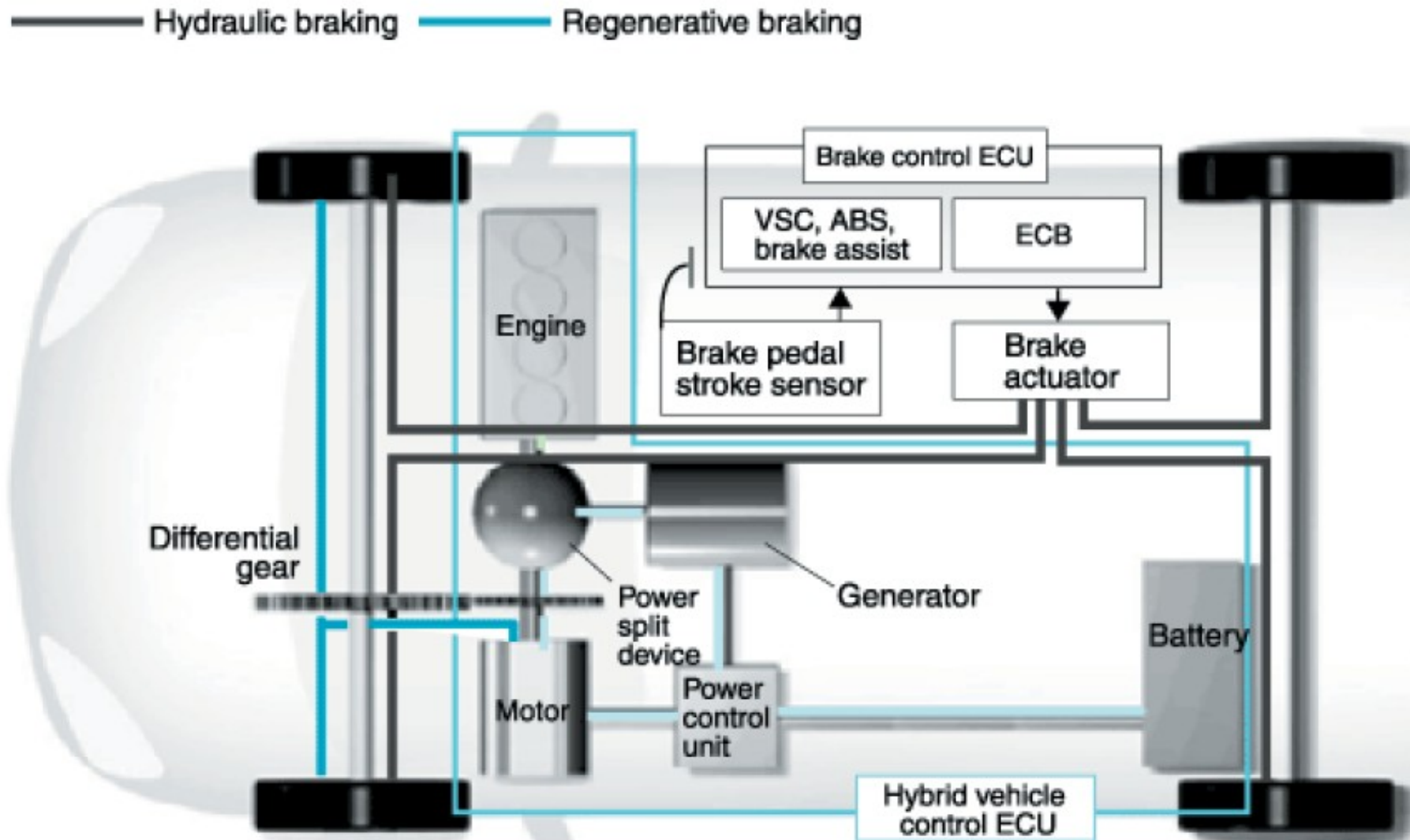
# A NiMH akkutelep



**Battery**

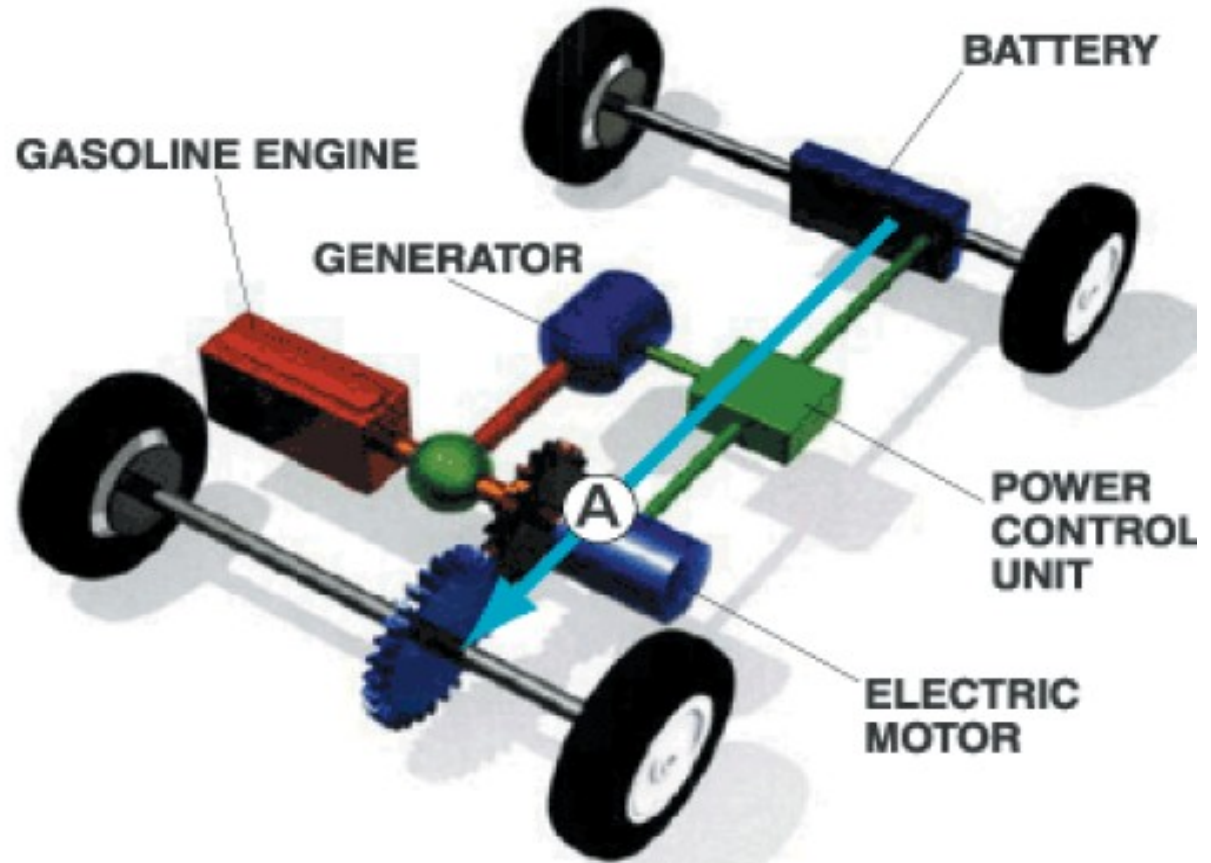
# A villamos és hidraulikus fékrendszer

## Motor and hydraulic braking allocation



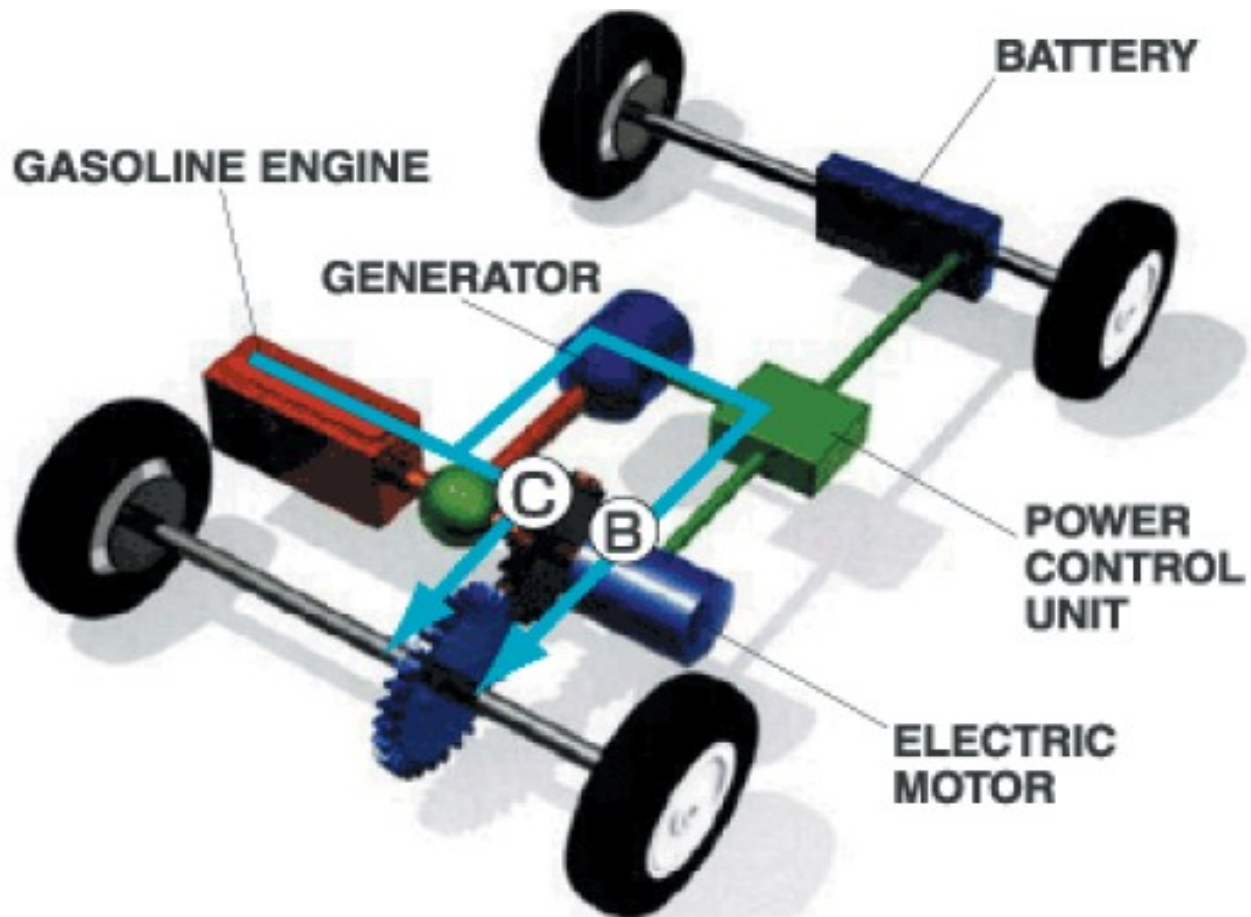


# System Operation



## 1 Start and low to mid-range speeds

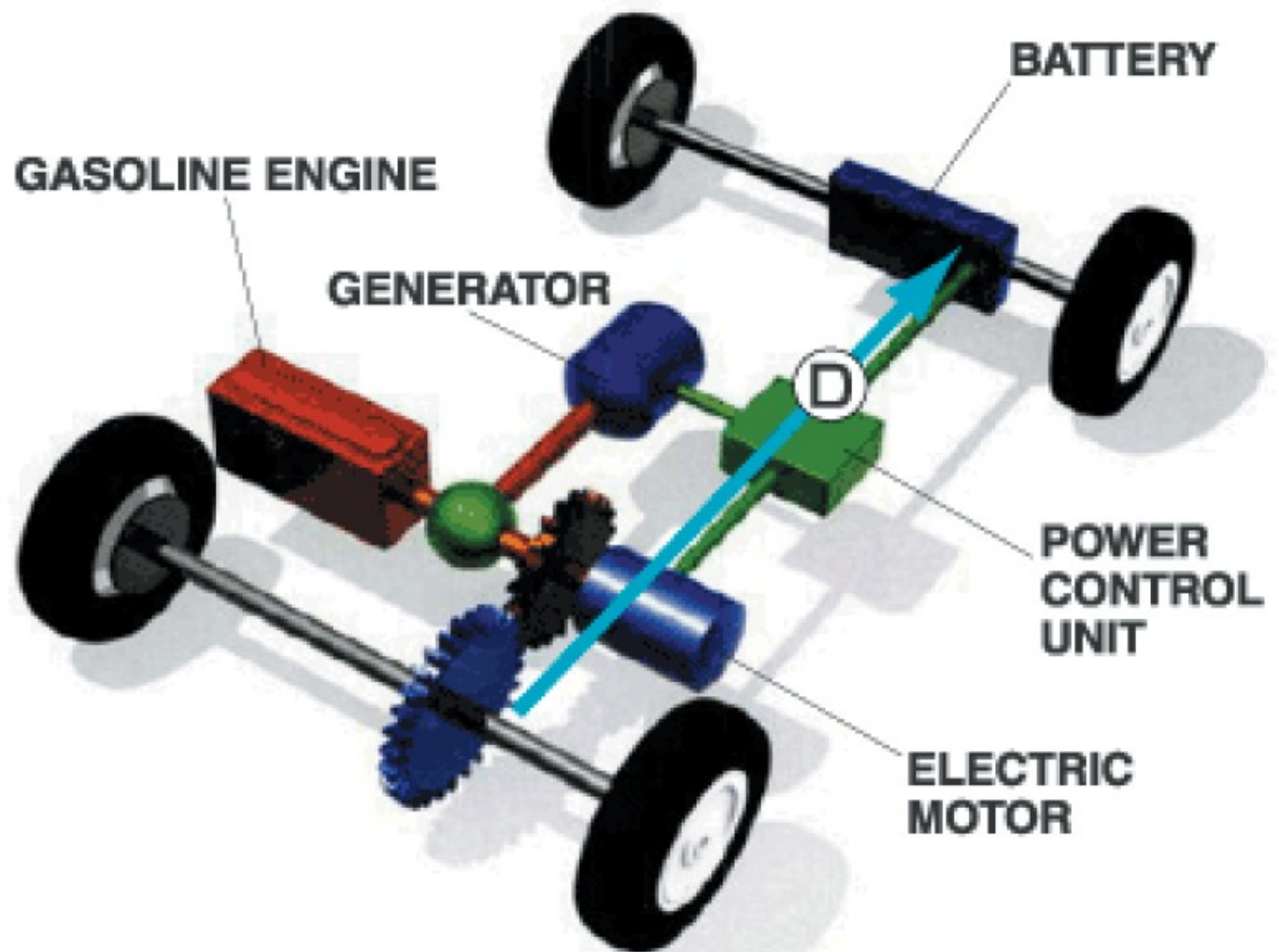
*The engine stops when in an inefficient range, such as at start-up and in low to mid-range speeds. The vehicle runs on the motor alone. (A)*



## 2 Driving under normal conditions

*Engine power is divided by the power split device. Some of the power turns the generator, which in turn drives the motor. (B)*

*The rest of the power drives the wheels directly. (C)  
Power allocation is controlled to maximize efficiency.*



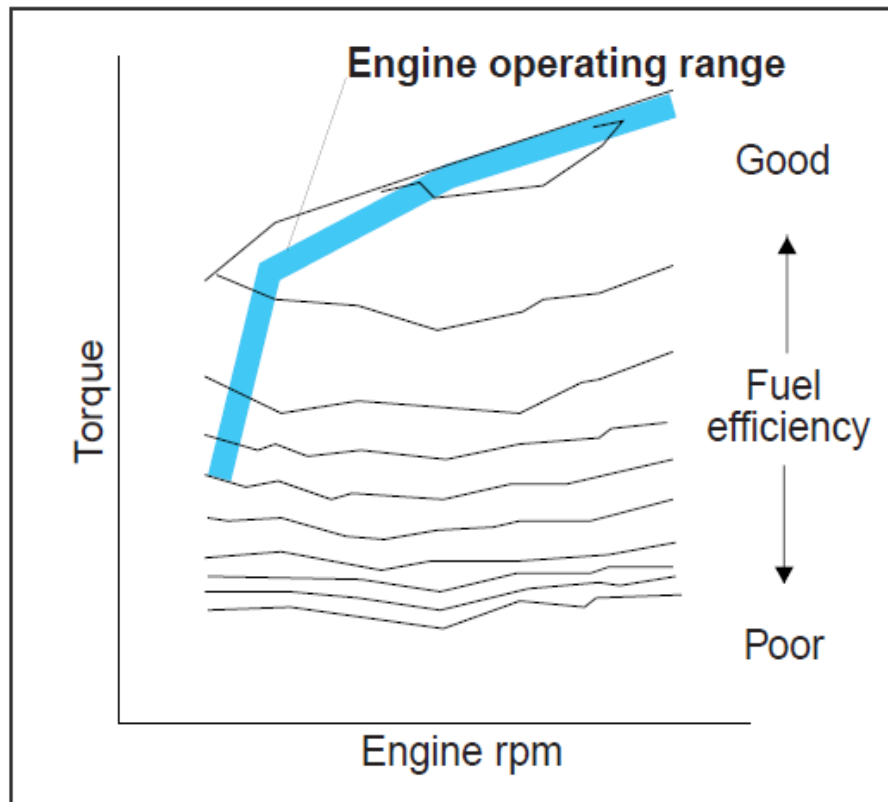
#### 4 Deceleration, braking

*The high-output motor acts as a high-output generator, driven by the vehicle's wheels. This regenerative braking system recovers kinetic energy as electrical energy, which is stored in the high-performance battery. (D)*

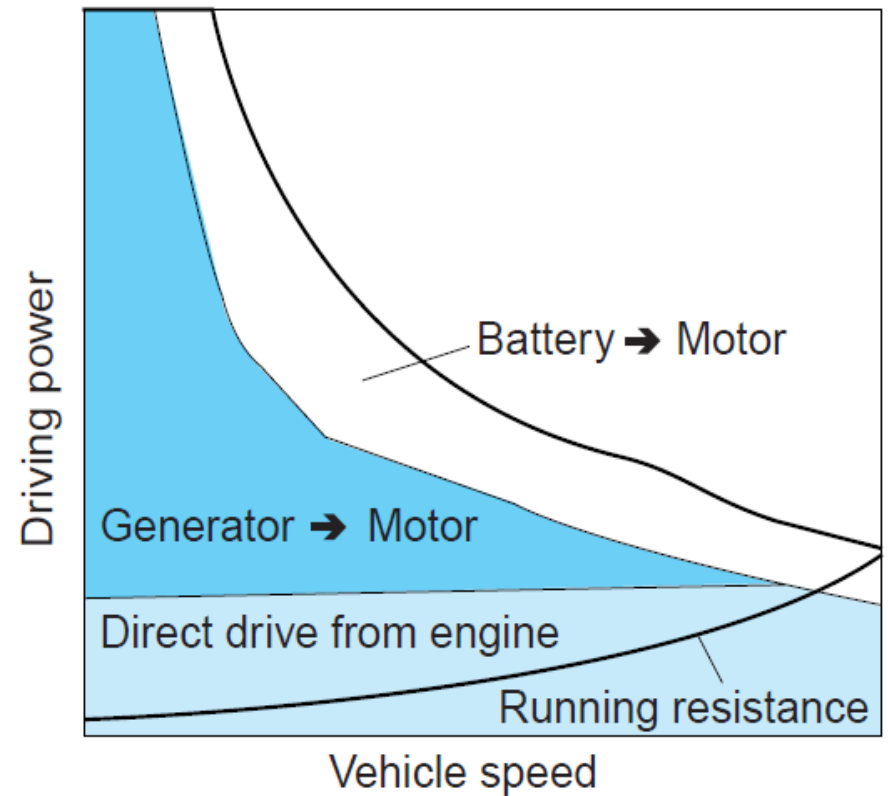


# A belsőégésű motor munkapontjainak sora, és azok villamos teljesítménye

Engine operating range

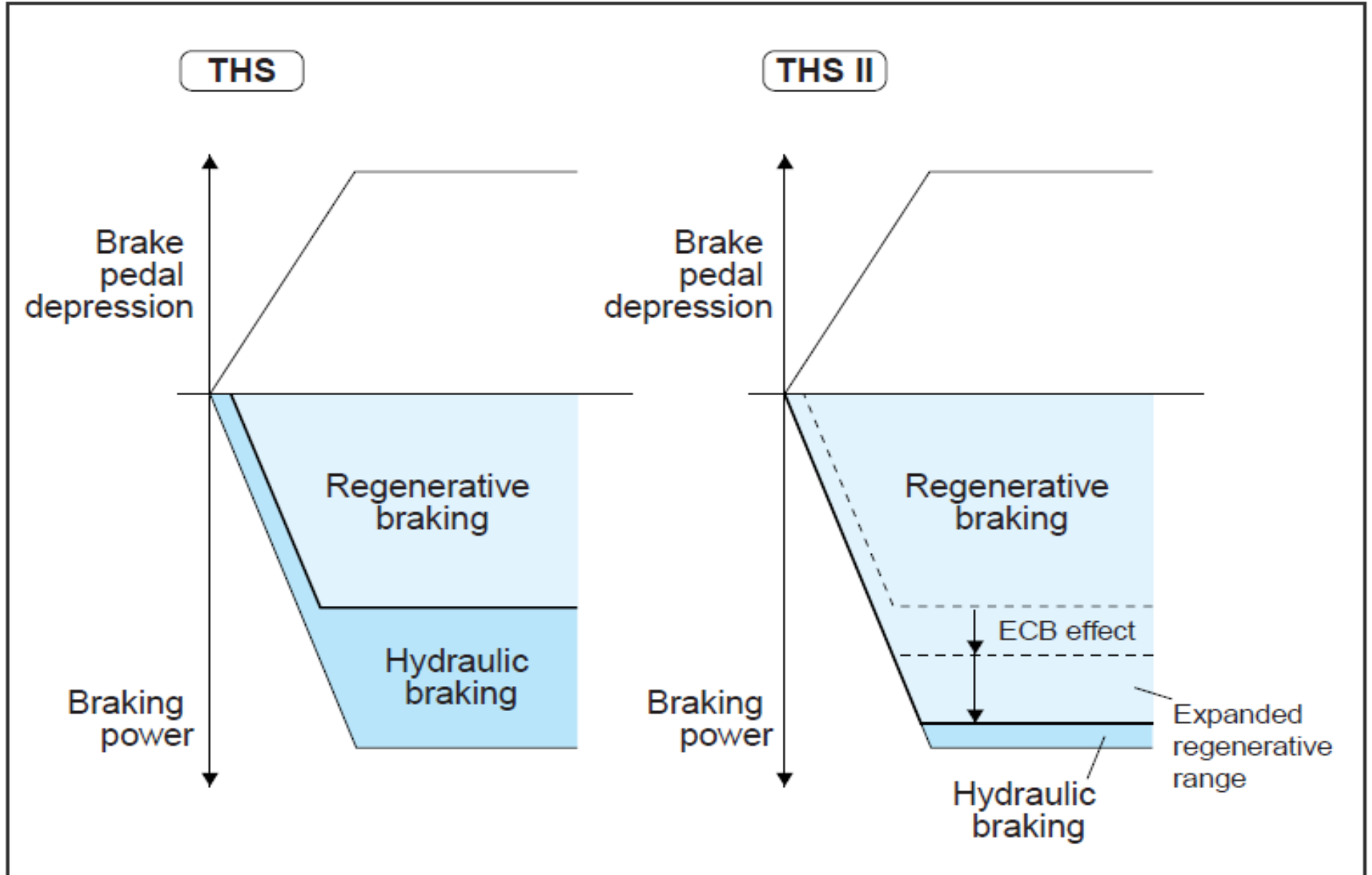


Driving power performance

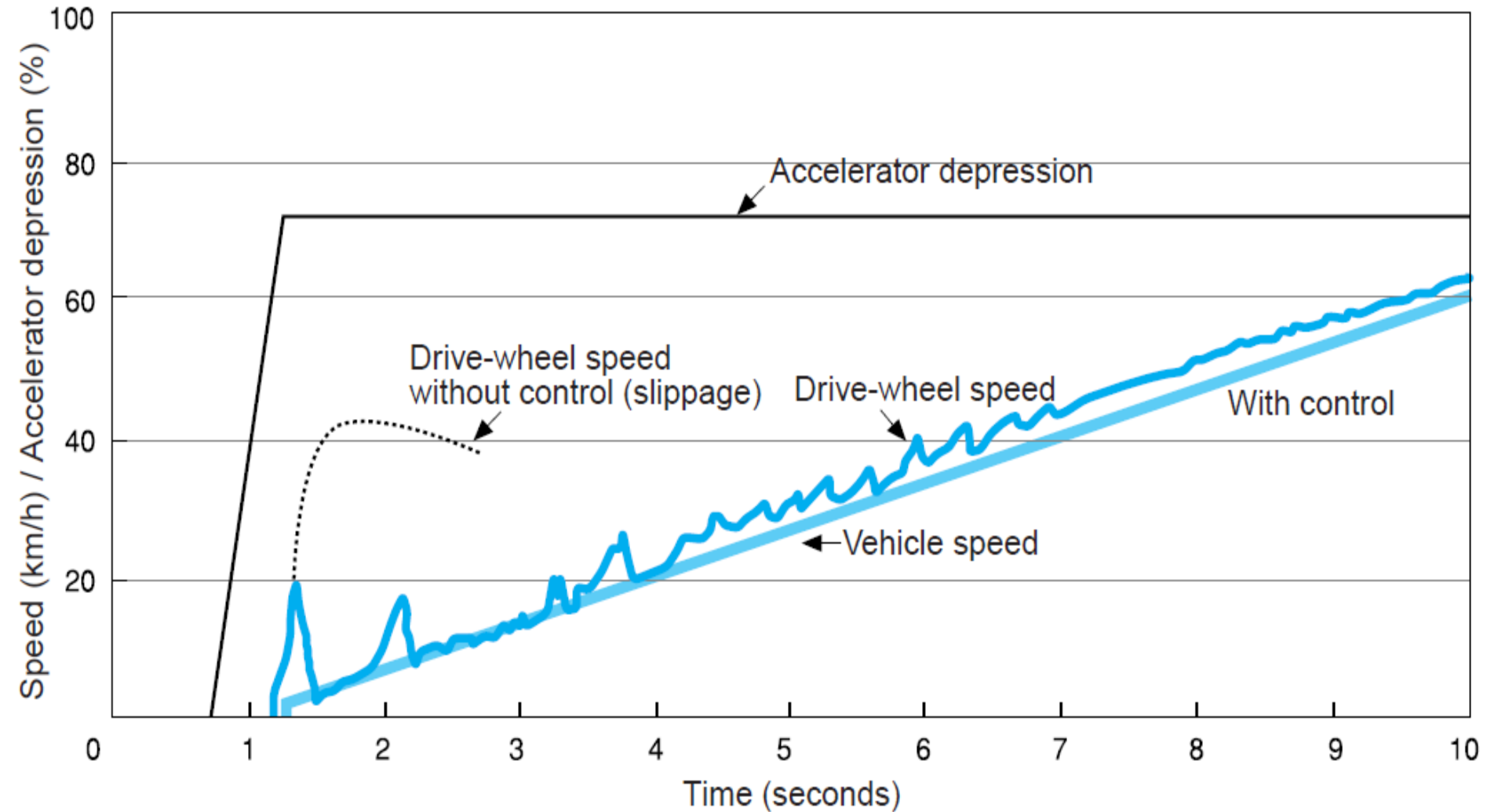


# A II változat villamos fékteljesítménye nőtt

## Improved regenerative braking

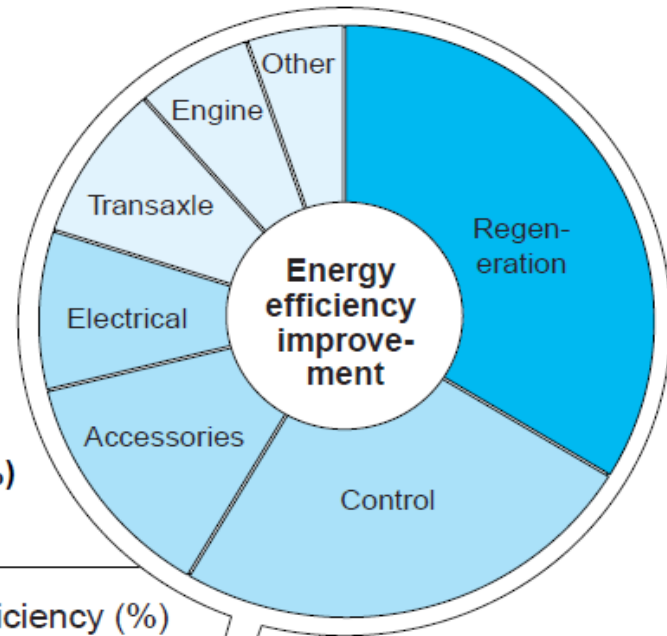


## Wheel-speed behavior at start-up on a snowy road



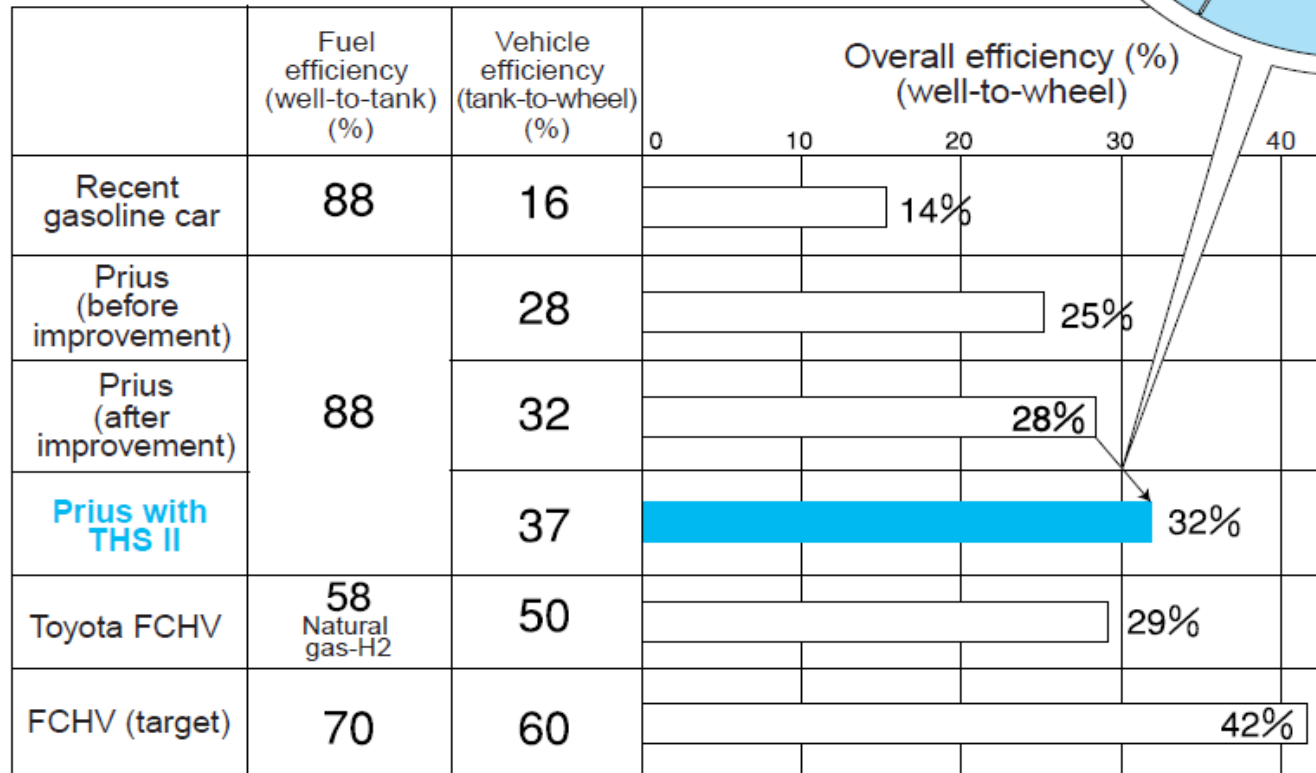


Contribution to energy efficiency



Fuel efficiency(%) x Vehicle efficiency(%) = Overall efficiency(%)

Overall efficiency

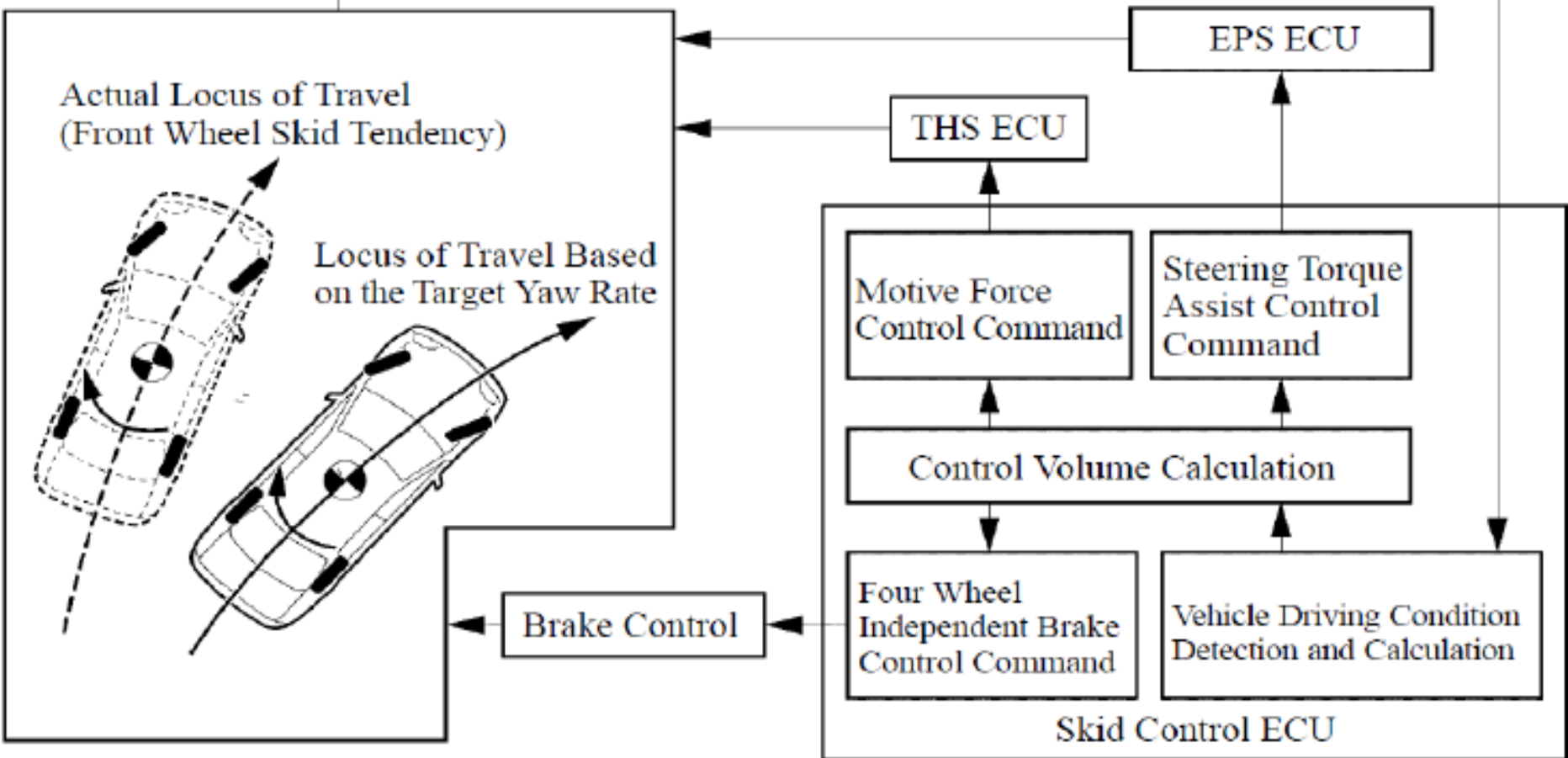


Note: The Japanese-market Prius was upgraded in August 2002.

# A menetstabilizálás elve

## Various Sensor Signals

- Steering Angle Sensor
- Yaw Rate & Deceleration Sensor
- Wheel Cylinder Pressure Sensors
- Speed Sensors



# **Hibrid gépjárművek számítógépirányítású rendszerei és modellezése. MATLAB szimulációs vizsgálati lehetőségek áttekintése egy soros-párhuzamos rendszerű hibrid hajtású személygépkocsira**

- 
- Irodalmi forrásokban található egy MATLAB-ban elkészített hibridhajtás szimulációs program-rendszer, amely egy létező hibrid személygépkocsi energetikai és hajtástechnikai áttekintő vizsgálatára és számos megfigyelésre alkalmas. A következőkben röviden bemutatjuk a program felépítését és a szimuláció néhány eredményét.



- A modellezett jármű (Prius) villamos hajtás alrendszerének főbb részei és jellemzői:
- 
- - a villamos motor 50 kW teljesítményű, 3 fázisú 280 V AC feszültségű 8 pólusú állandómágneses szinkronmotor, áramvektor-szabályozású inverterrel, mezőgyengítési lehetőséggel. Névleges fordulatszáma 6000/p,
- - a generátor szintén 3 fázisú, 280 VAC feszültségű, 30 kW –os szinkrongép, 13000/p legnagyobb fordulatszámmal,
- - az akkutelep 200 VDC feszültségű, 6,5 Ah kapacitású, 21 kW kétirányú teljesítményű Ni-MH típusú,
- - ennek töltés-kisütés illesztésére egy boost típusú feszültségváltóztatásra alkalmas DC-DC konverter csatlakozik, amely 500 V DC-re növelheti a szinkron gépek inverterei előtti feszültséget.

- A járműdinamikai alrendszer modellje az alábbiak szerinti:
- 
- - egyfokozatú áttétellel csökkentik a sebességet,
- - a differenciálmű két egyenlő részre osztja a nyomatékot (azaz, nem kezeli a lehetséges csúszásokat)
- - a kerékgumik csúszás nélkül kapcsolódnak a talajhoz,
- - a mechanikai rendszerben csak viszkózus jellegű csúszások vannak.

- Az energiairányítás vagy -menedzsment alrendszer :
- alapjeleket állapít meg a villamos motor és generátor, továbbá a belsőégésű motor számára. *Ezeket a lábpedál-helyzet és a mért járműsebesség alapján számítja, az alábbiak figyelembevételével:*
- a BMS akkumenedzsment *az akkutelep töltöttségi állapotát , SOC, 40 és 80 % között tartja, megelőzendő a túlzott kisütést és helyet hagy egy fékezés energiahányadának,*
- az ú.n, hibrid menedzsment rendszer állítja be a hajtó villamos motor teljesítményalapjelét, megosztva az igényelt hajtó teljesítményt *az akkutelepből elérhető és a generátor által adható között.* Ez utóbbi a generátor sebessége, mely a belsőégésű motorral kapcsolatos, és nyomatéka szorzatával kapható.



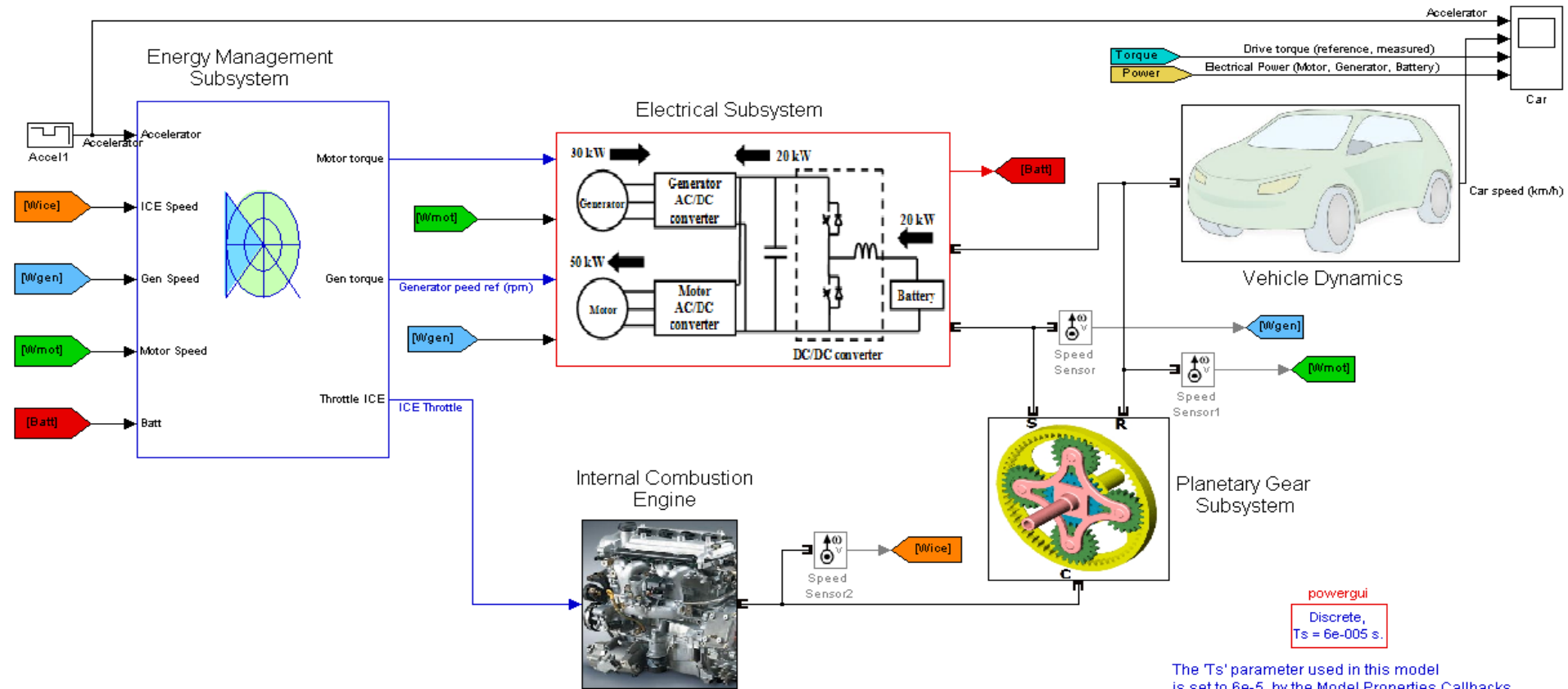
- A program futtatása számos megfigyelésre ad lehetőséget, amelyek közül *a hibrid rendszer belső teljesítményarányainak változása kívánhatja a legtöbb elemzést* már egy 16 s valósidejű, valós-szerű üzemállapot-sorozat leutánczása révén is.
- Ezalatt az elért sebesség a 14. s-nál 73 km/h, és 61 km/h-ra esik vissza egy fékezési folyamat megkezdésének hatására.
- *A pedál helyzetének időfüggvénye, mint valós vezetésnél is, a jármű hajtásirányításának jele.*
- A modellben a fékezőnyomatékot *itt ugyanazon pedál negatív előjelű kezelésével* veszik figyelembe, míg valós járműben ez másik pedál, és csak pozitív jel adható vele.

- Az egyes pedálhelyzetek a hajtás nyomatékszintjét jelölik meg, és a teljesítményhez a járműsebességgel szorzással jutunk.
- Ennek tudható be, hogy például a még 0 sebességű járműn a 70 %-os pedállenyomás is még zérus hajtóteljesítményt jelent, így a gyárilag 12 kW-ban megfogalmazott határ alatti állapotra tekintettel a jármű a benzinmotor használata nélkül, akkutelepről indulhat.
- Az 1,4 s időpontban a hajtás teljesítményfelvétele átlépi a 12 kW-ot, ettől kezdve a benzinmotor a generátor révén, illetve mechanikai teljesítmény-átadással részt vesz a hajtásban.
- A pedálhelyzet nyomatékjeléből és a sebességből számolt hajtó teljesítmény összetevőinek változása jó elemzési lehetőséget kínál az egyes diagramok jeleinek követésével.

- A Matlab-programra készült hajtásszimuláció egyes rendszer-  
ábráinak áttekintése, valamint a futtatási eredmények elemzése  
*betekintést ad egy korszerű, és energetikailag hatékony hibrid  
hajtásrendszer működésébe,*
- amely elképzelése és realizálása csak a mai számítógépirányítású  
rendszerekkel lehetséges-
- ideértve a járműhajtásba integrált állandómágneses szinkron gépek  
*motoros és generátoros üzemállapotainak irányítását is.*
- A következőkben áttekintjük a szimulált járműmodell főbb  
egységeit, és néhány oszcillogramot, *amelyeket a valós jármű  
mérése helyett a modellfuttatással kaphatunk.*



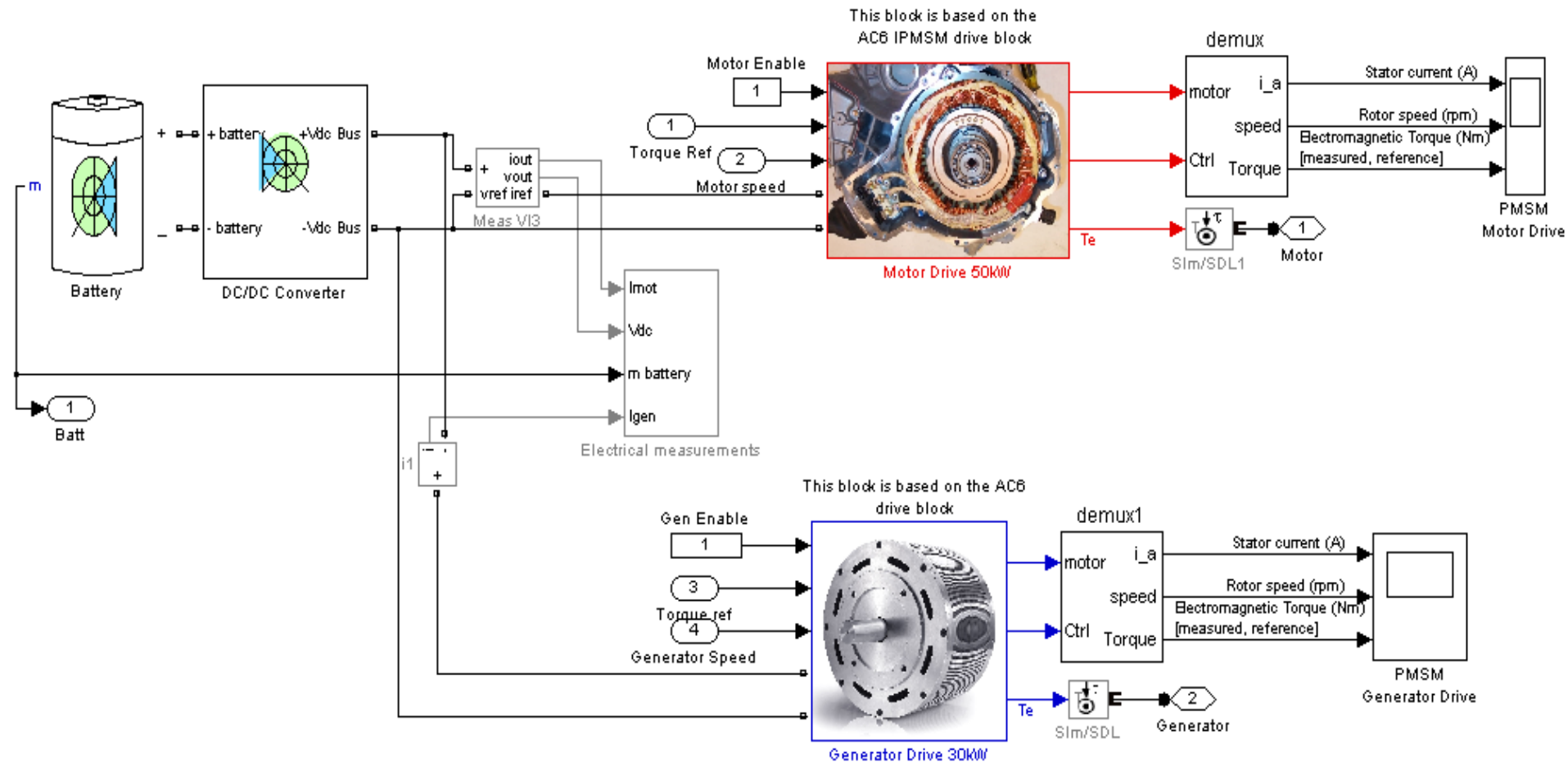
# A jármű fő modell-blokkjai és kapcsolataik



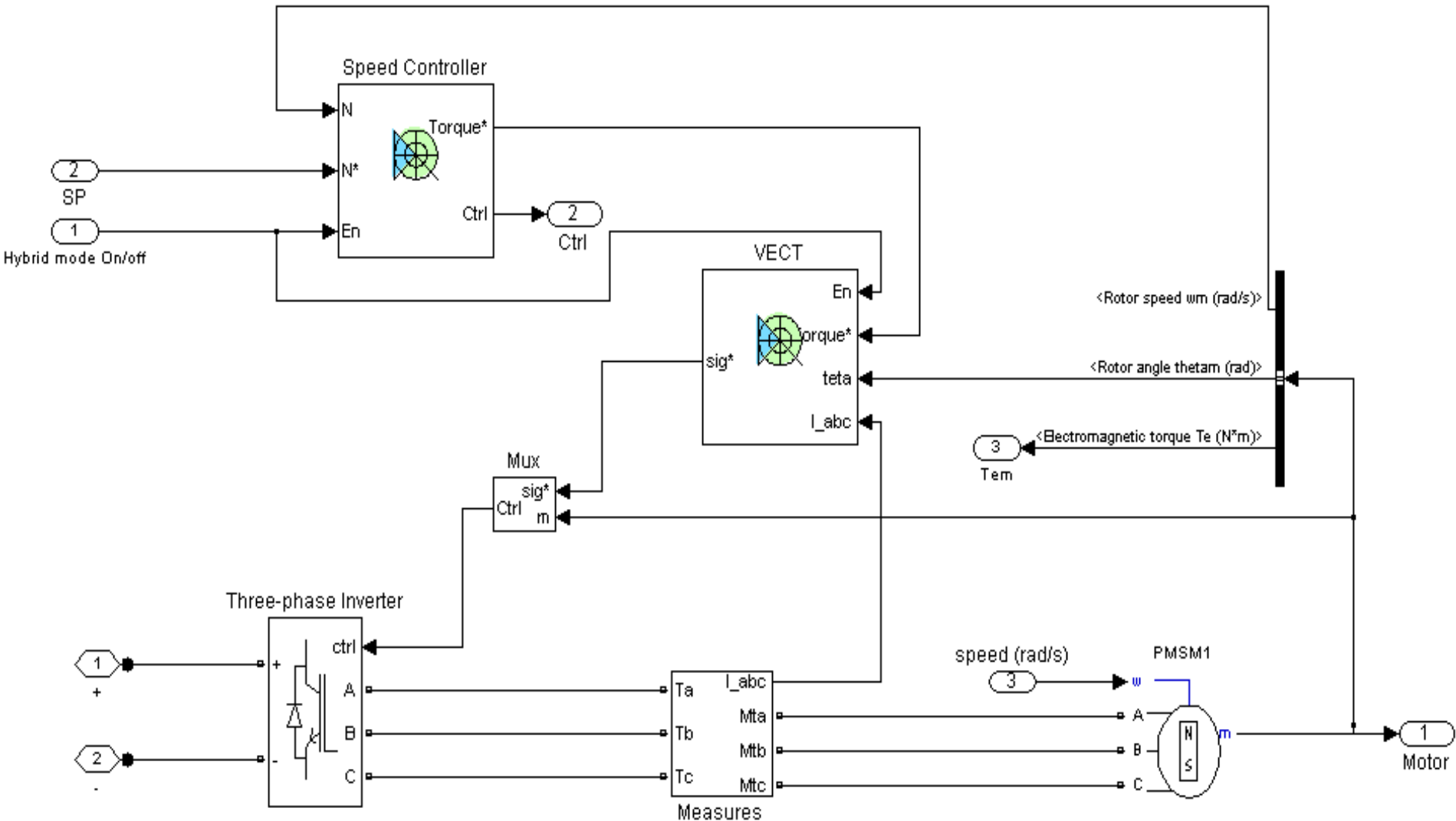
powergui  
Discrete,  
Ts = 6e-005 s.

The 'Ts' parameter used in this model is set to 6e-5 by the Model Properties Callbacks

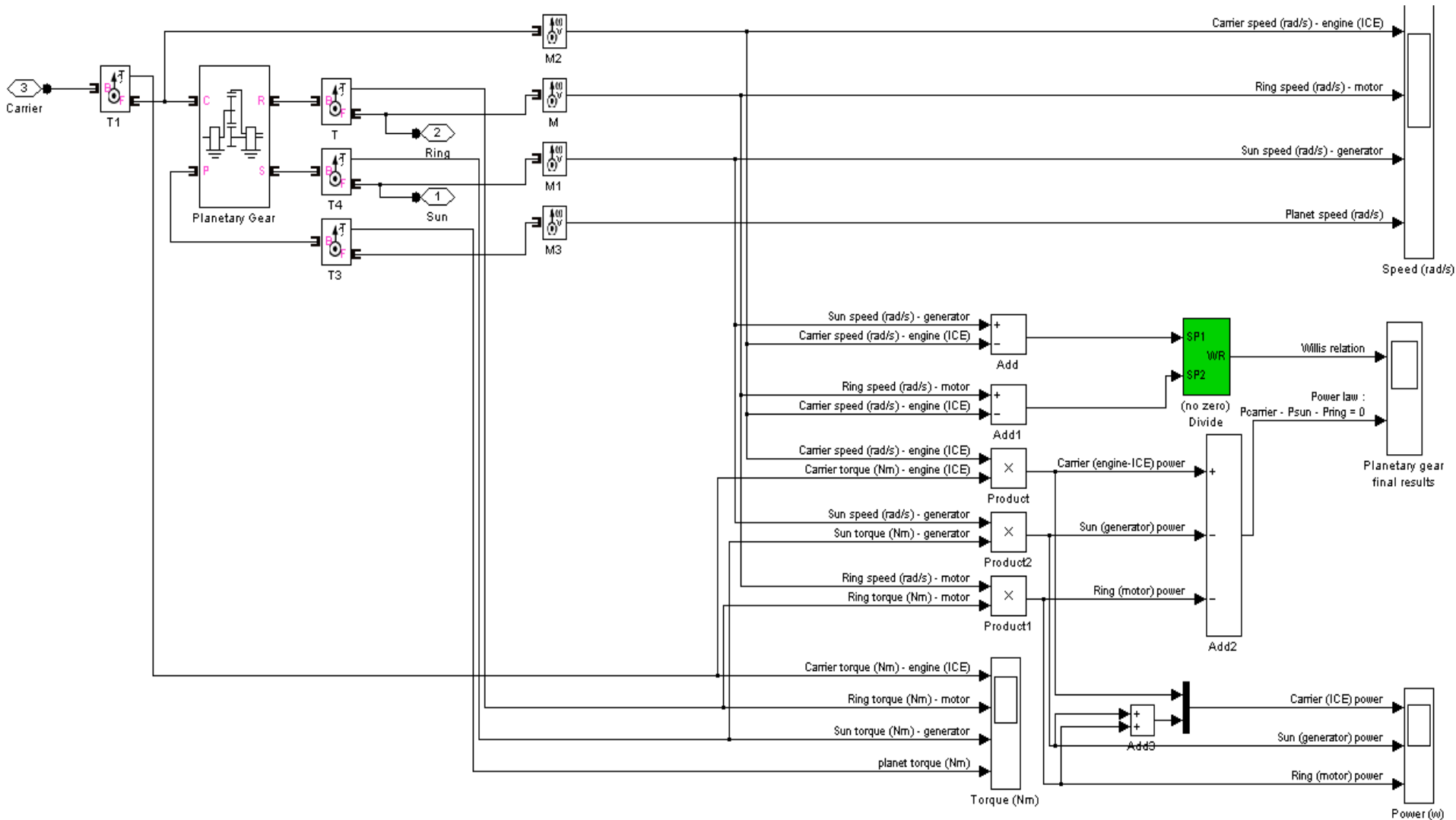
# A villamos hajtásrendszer modell-blokkjai



# A szinkron motor sebességszabályozási modellje

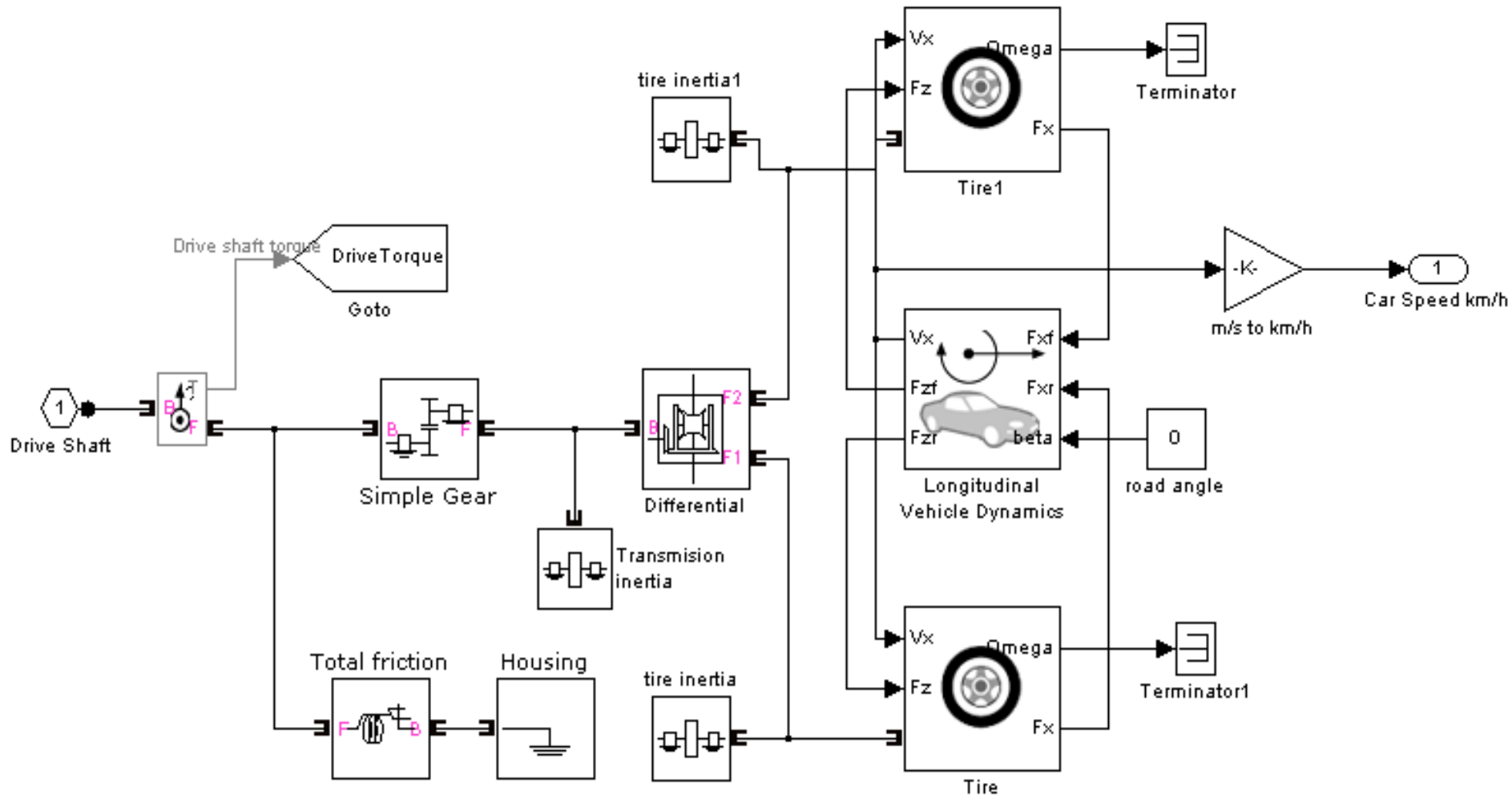


# . A teljesítményosztó bolygómű jelátviteli modellje, a teljesítmények képzése

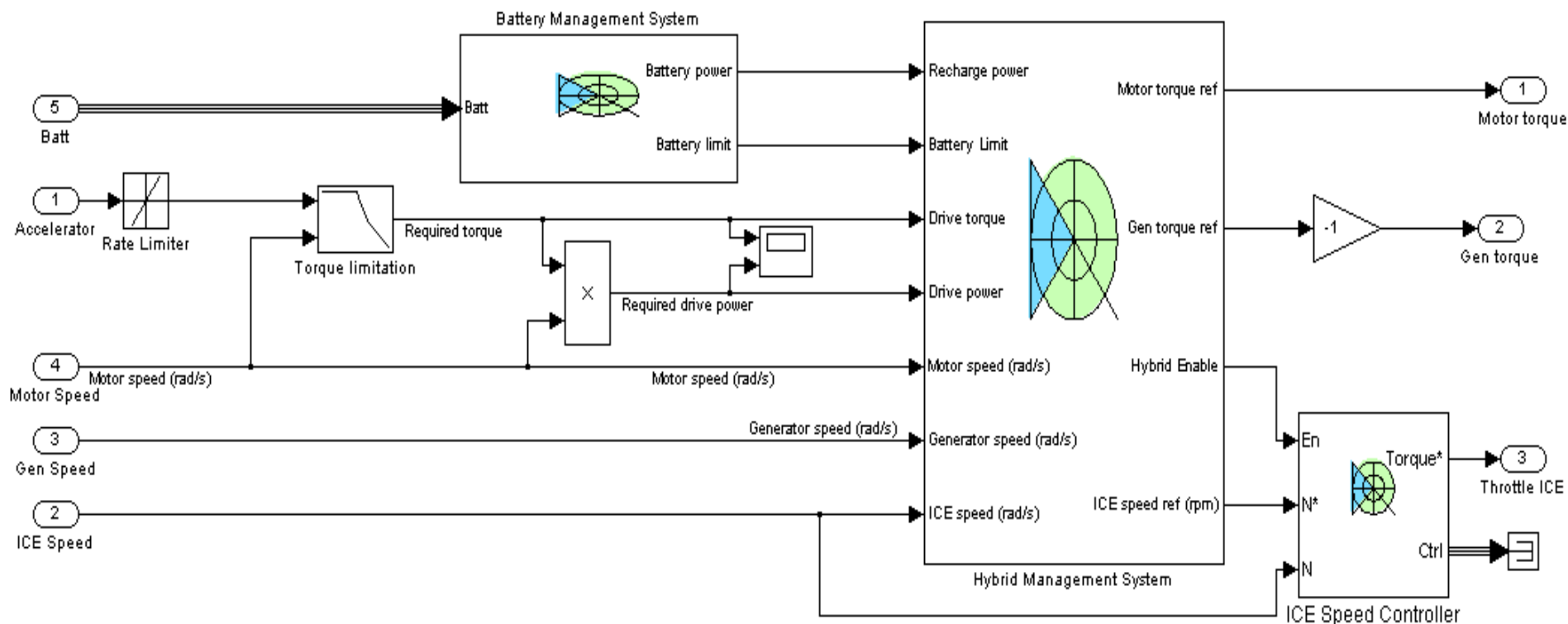




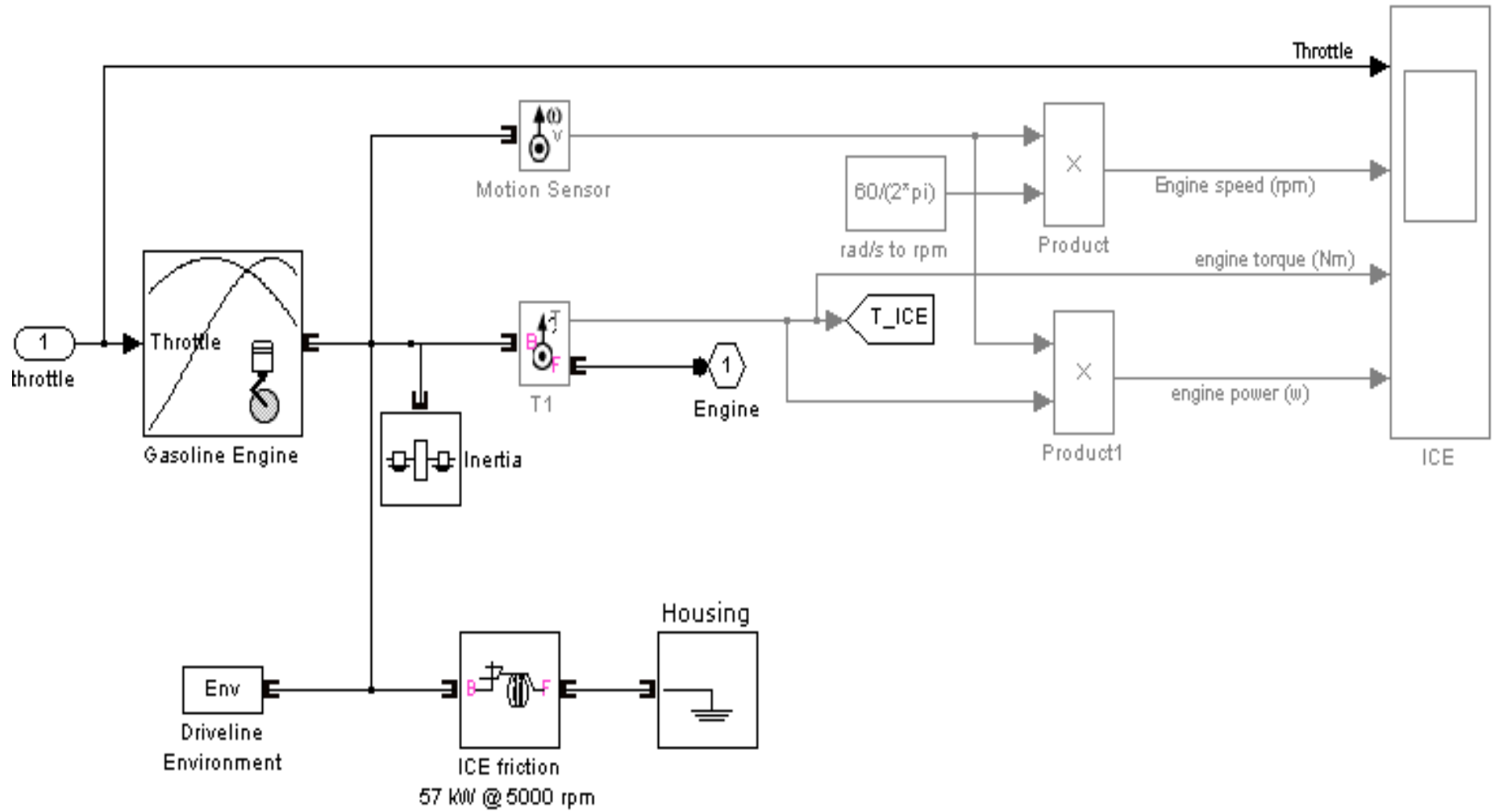
# A járműkerek hajtásmodellje a differenciálműtől



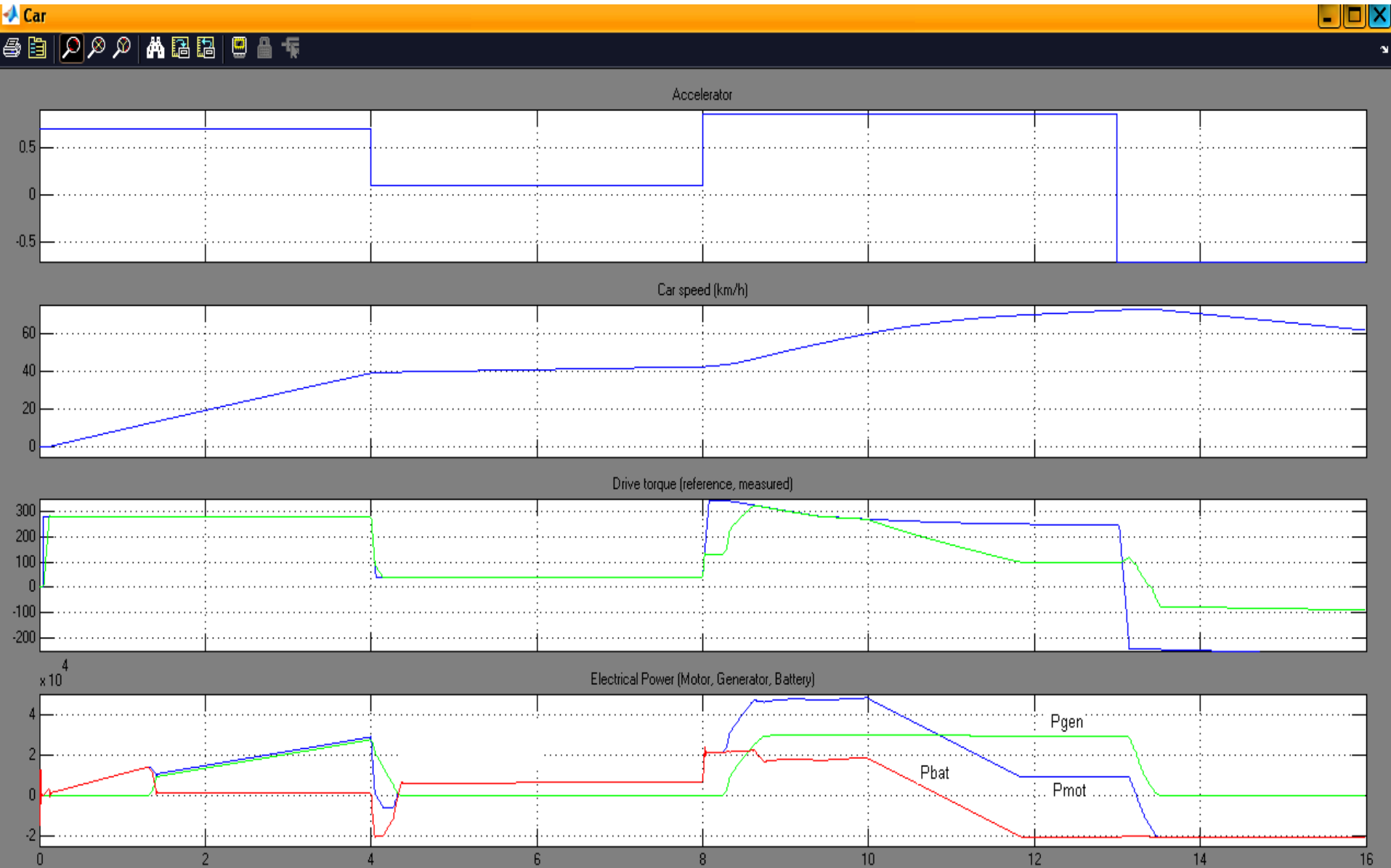
# Az energiamenedzsment modellje: BMS battery menedzsment, hibrid járműrendszer menedzsmentje, belsőégésű motor szabályozója



# A belsőégésű motor irányítási modellje

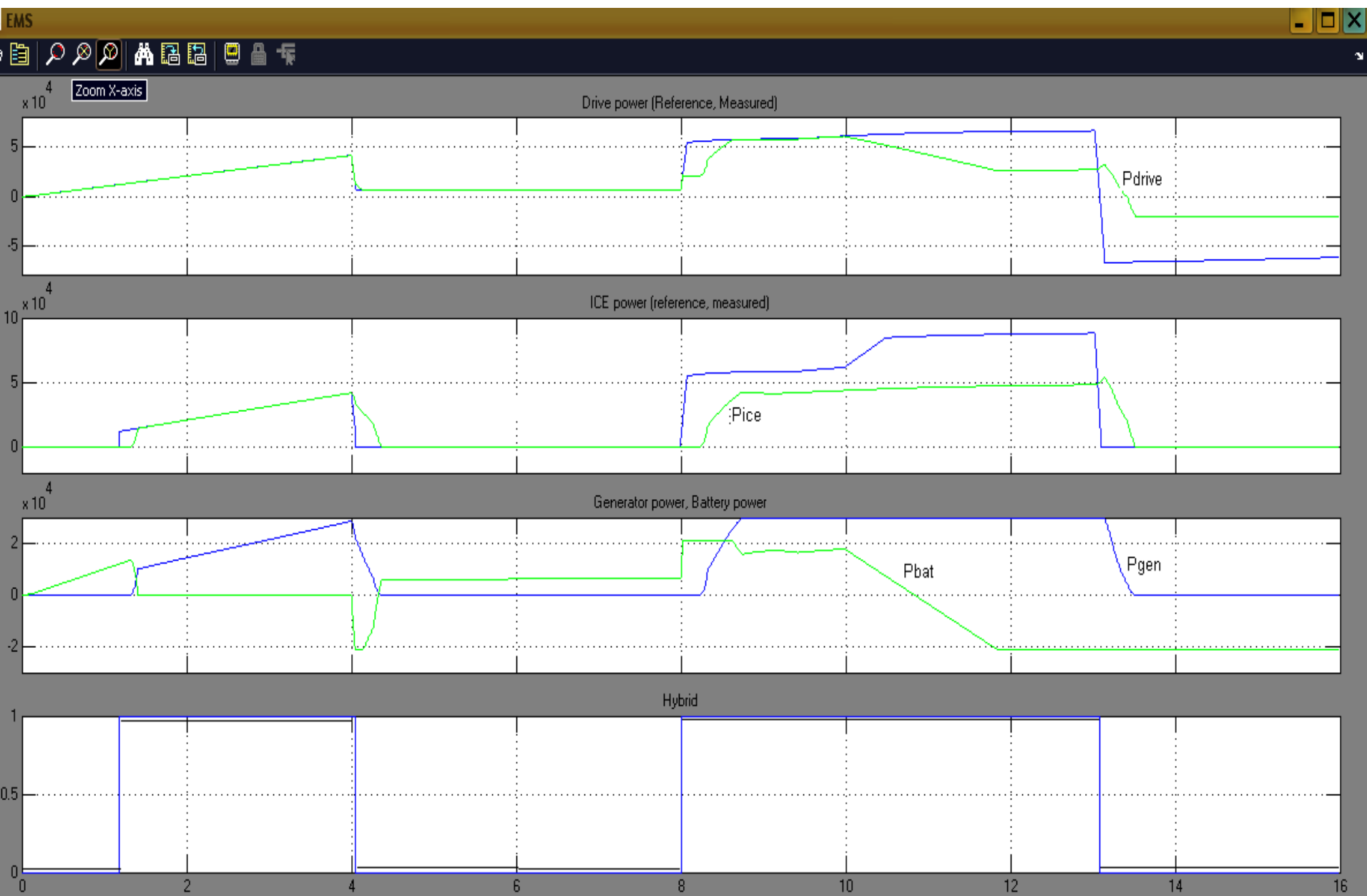


A gázpedálhelyzet, a járműsebesség, a hajtás kimenőnyomatékának alapjele és mért értéke, valamint a villamos teljesítmények – Pgenerátor, Pmotor és P battery- időfüggvény ábrái az első 16 s alatt

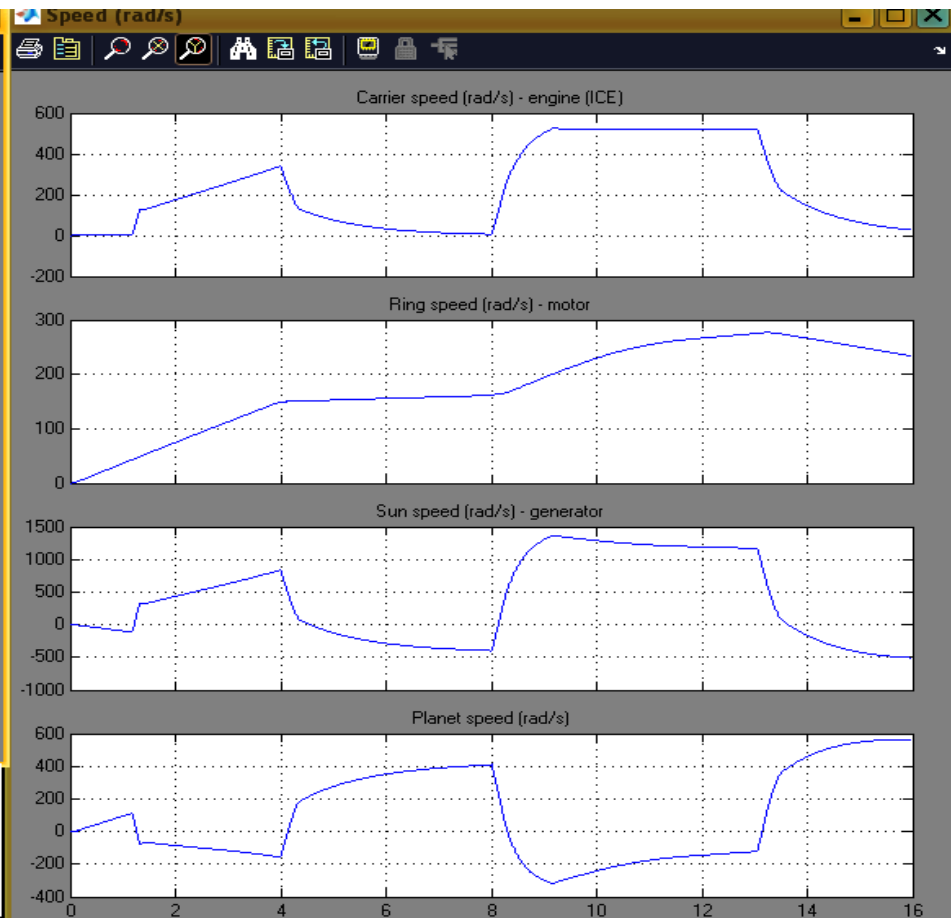
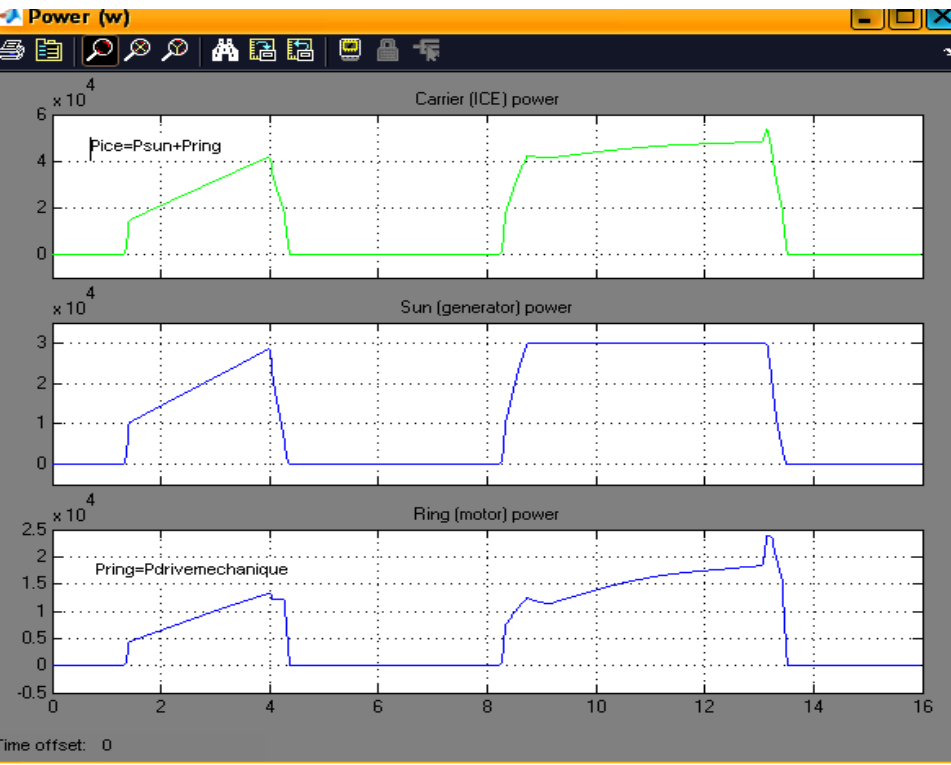




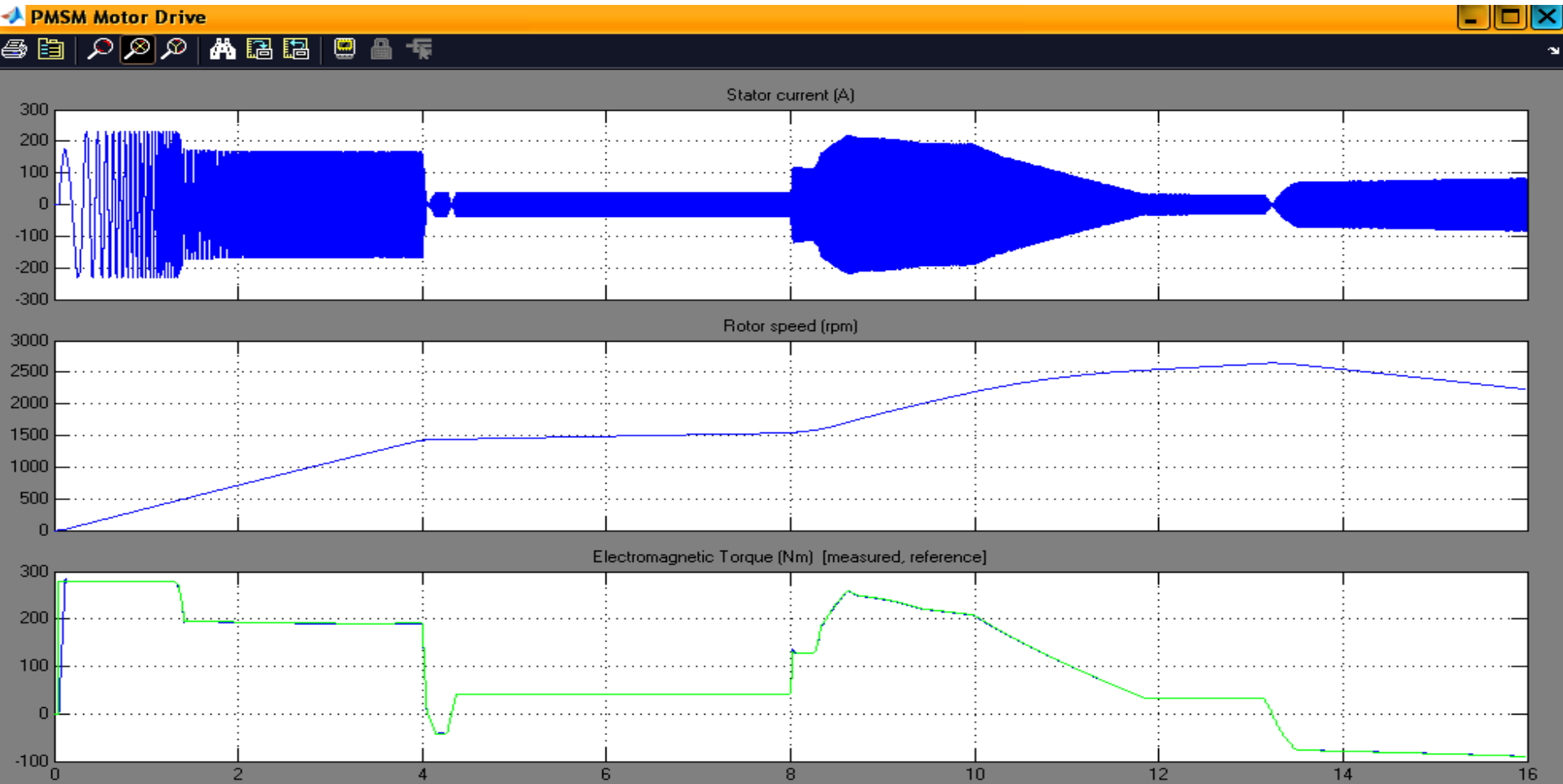
A hajtás teljesítményábrái: kihajtás alapjel- és mért-, a belsőégésű motor ICE alapjel- és mért-, a generátor és az akkutelep teljesítményértékei, legalul a hibrid jelleg mértéke



A teljesítményosztó bolygóműn áthaladó teljesítmények nagysága, baloldalt, és sebességértékei, jobboldalt: fentről lefelé belsőégű motor; generátor a napkeréken, ennek sebessége a jobb 3. ábra; szinkron motor teljesítmény a bolygómű gyűrűjén, sebessége a jobb 2. ábrán, bolygókerék sebessége a jobb 4. ábrán



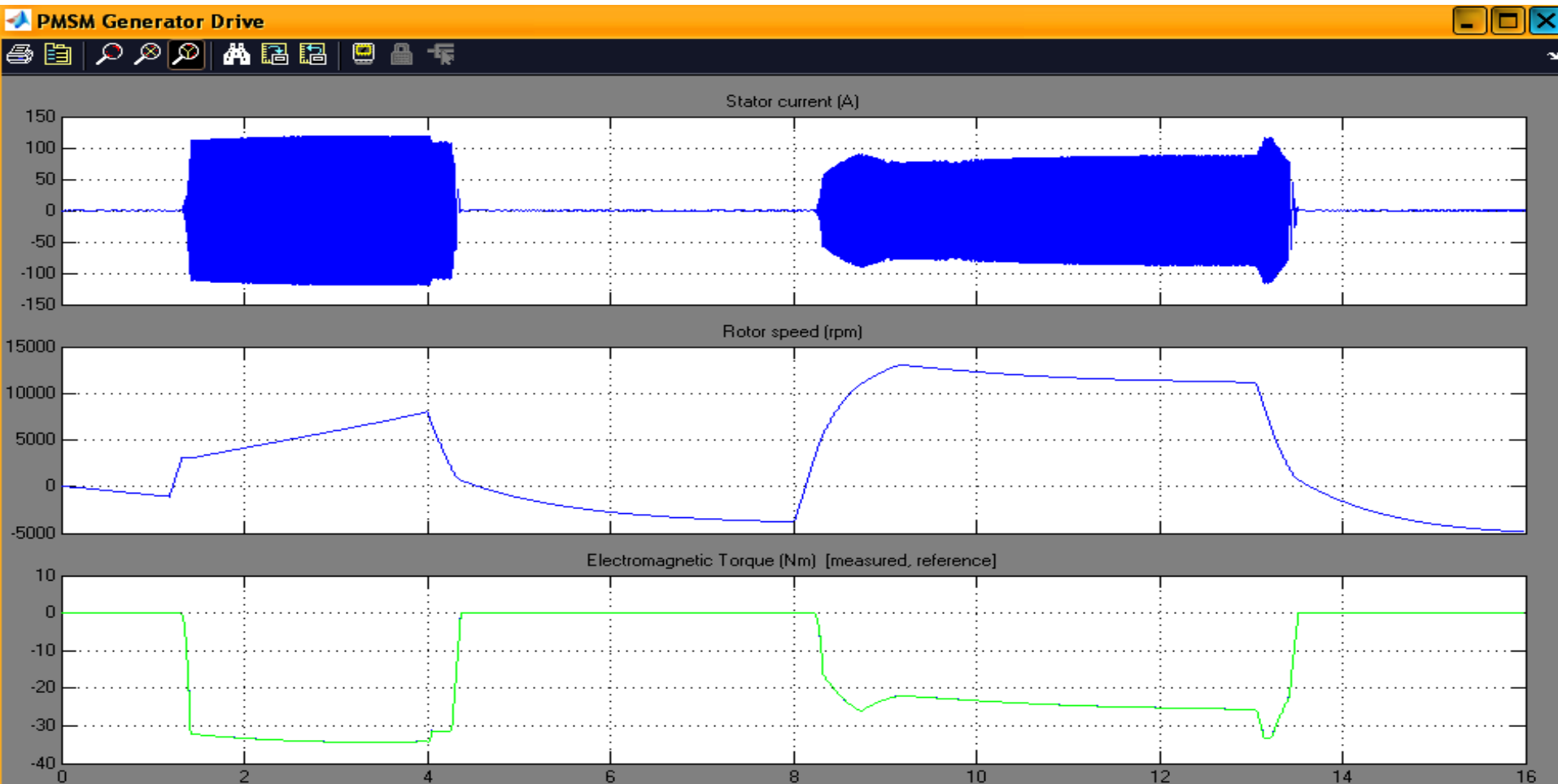
# A szinkronmotor áram-, sebesség- és nyomaték időfüggvényei



# A szinkron generátor áram-, sebesség- és nyomaték időfüggvényei

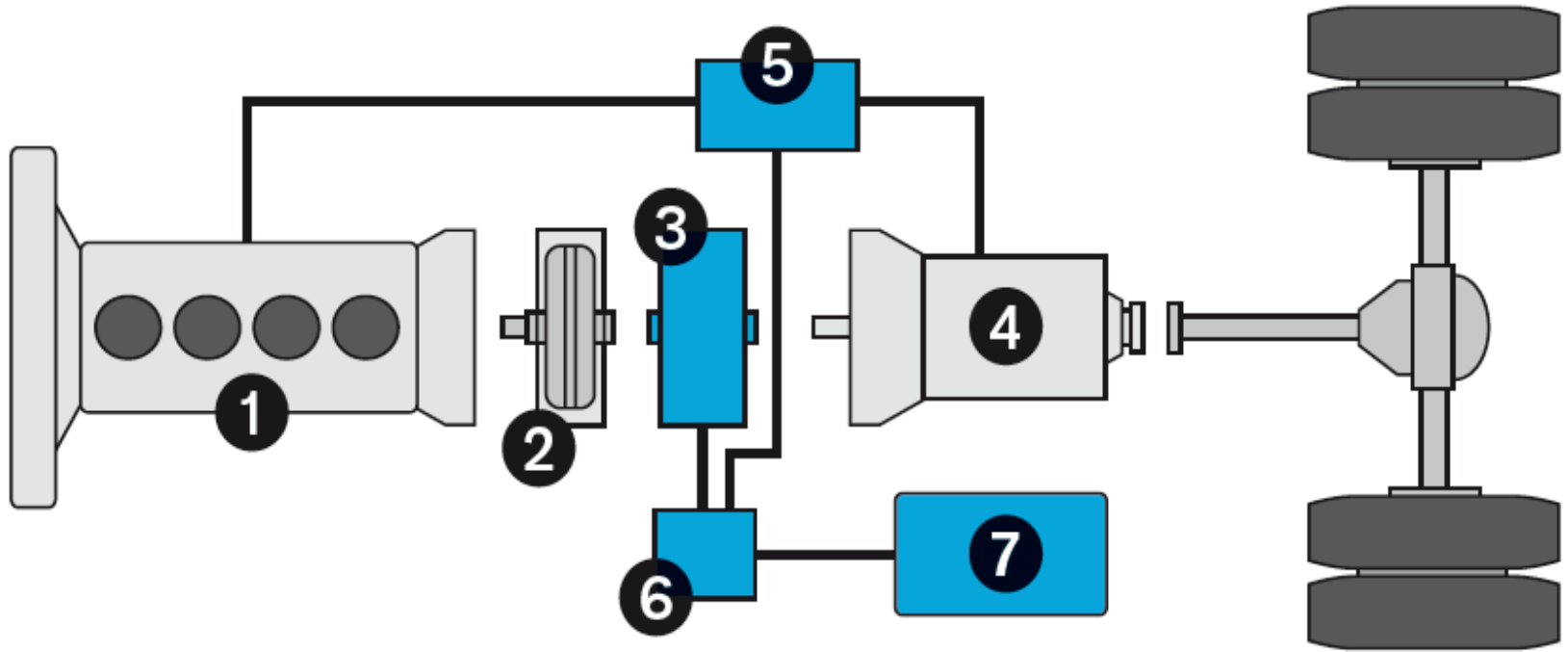
Animáció hibrid hajtásról:

<http://www.fueleconomy.gov/feg/hybridAnimation/swfs/hybridframe.html>





## A Volvo hibrid busz hajtásrendszerének elve



### The hybrid bus's main components

1. Diesel engine
2. Clutch
3. Electric motor/generator
4. Transmission
5. Electronic control unit
6. Energy converter DC/AC
7. Batteries

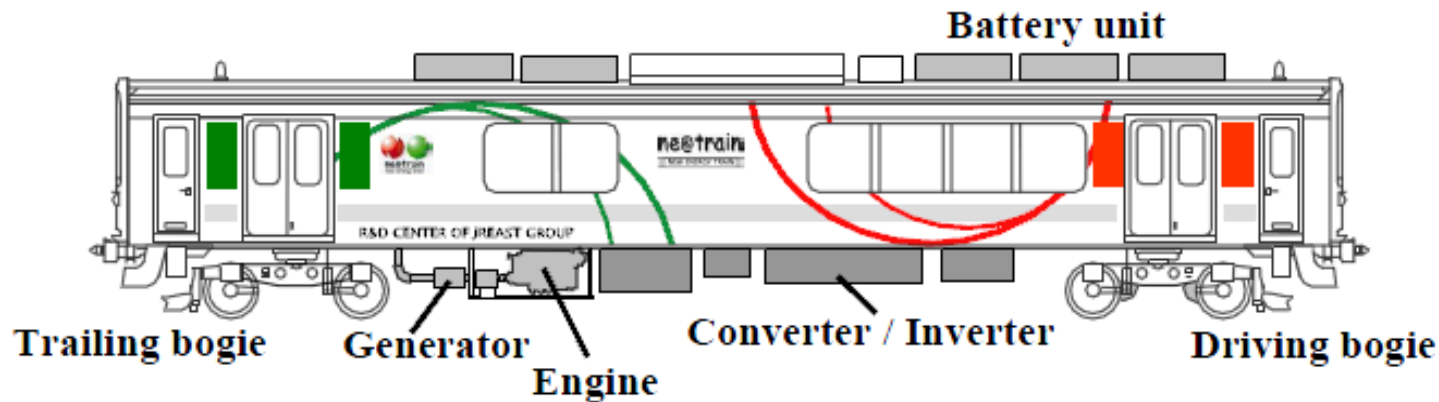
A BAE autóbusz-gyártó a tengerentúli és egyes brit városokba szállít nagy számban hibrid buszokat, az alábbi főbb adatokkal:

**System configuration and specifications**



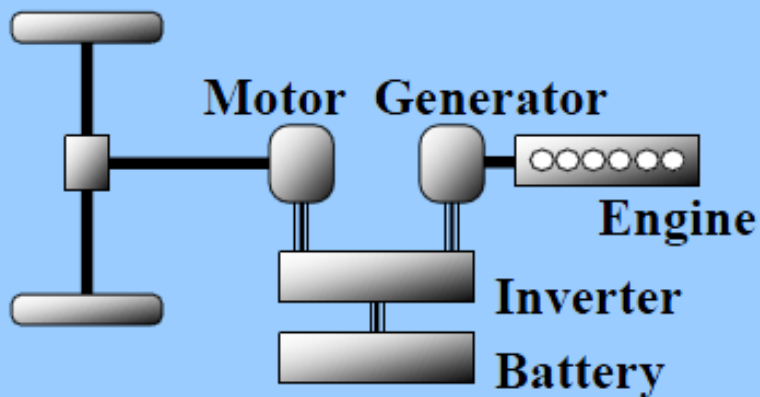
	Power	Specifications	Weight/size
<b>Energy storage system</b>	+/- 200kW peak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Breakthrough nano-phosphate-based lithium-ion technology</li> <li>• High power and charge capacity</li> <li>• Lower curb weight</li> <li>• Longer life with warranty options available</li> </ul>	340kg
<b>Propulsion control system</b>	320kW continuous	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integrated control of propulsion system</li> <li>• Customised performance for optimal fuel economy and emissions</li> <li>• Standard vehicle multiplex interface</li> <li>• On-board diagnostics</li> </ul>	75kg
<b>Motor</b>	120kW (160 hp) continuous 175kW (235 hp) peak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compact, oil-cooled, high-power-density machine design</li> <li>• Superior low-end torque: 425 Nm continuous; 650 Nm (for 4 minutes); 900 Nm peak</li> </ul>	280kg
<b>Generator (including starter)</b>	145kW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compact permanent magnet machine design</li> <li>• Optimised for low emissions</li> </ul>	135kg
<b>Engine</b>	ISBe Euro 4 185 hp	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compliant with Euro 4 emission standard</li> <li>• Selective catalytic reduction (UREA injection)</li> </ul>	4.5ltr

## ● NE Train Overview

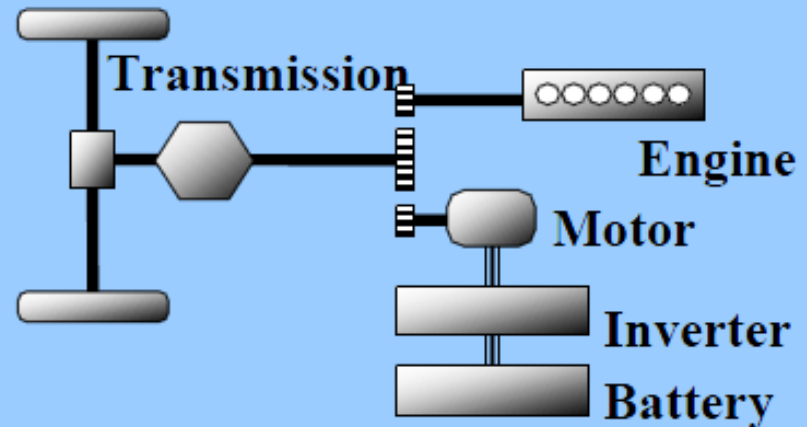


<b>Body</b>	<b>Stainless steel ( Length:20 m)</b>	
<b>Max. speed</b>	<b>100km/h</b>	
<b>Power unit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Hybrid type</b></li> <li>• <b>Main controller</b></li> <li>• <b>Main motor</b></li> <li>• <b>Main battery</b></li> <li>• <b>Main generator</b></li> <li>• <b>Engine</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Series type</b></li> <li><b>VVVF inverter (IGBT)</b></li> <li><b>Induction motor(120kW × 2)</b></li> <li><b>Lithium-ion battery (10kWh)</b></li> <li><b>Induction motor(180kW)</b></li> <li><b>Diesel engine(330kW/2100rpm)</b></li> </ul>
<b>Bogie</b>	<b>Bolsterless Bogie</b>	
<b>Brake system</b>	<b>Electric command air brake system with regenerative braking</b>	

## 2 types of hybrid system



(a) Series-hybrid system



(b) Parallel-hybrid system

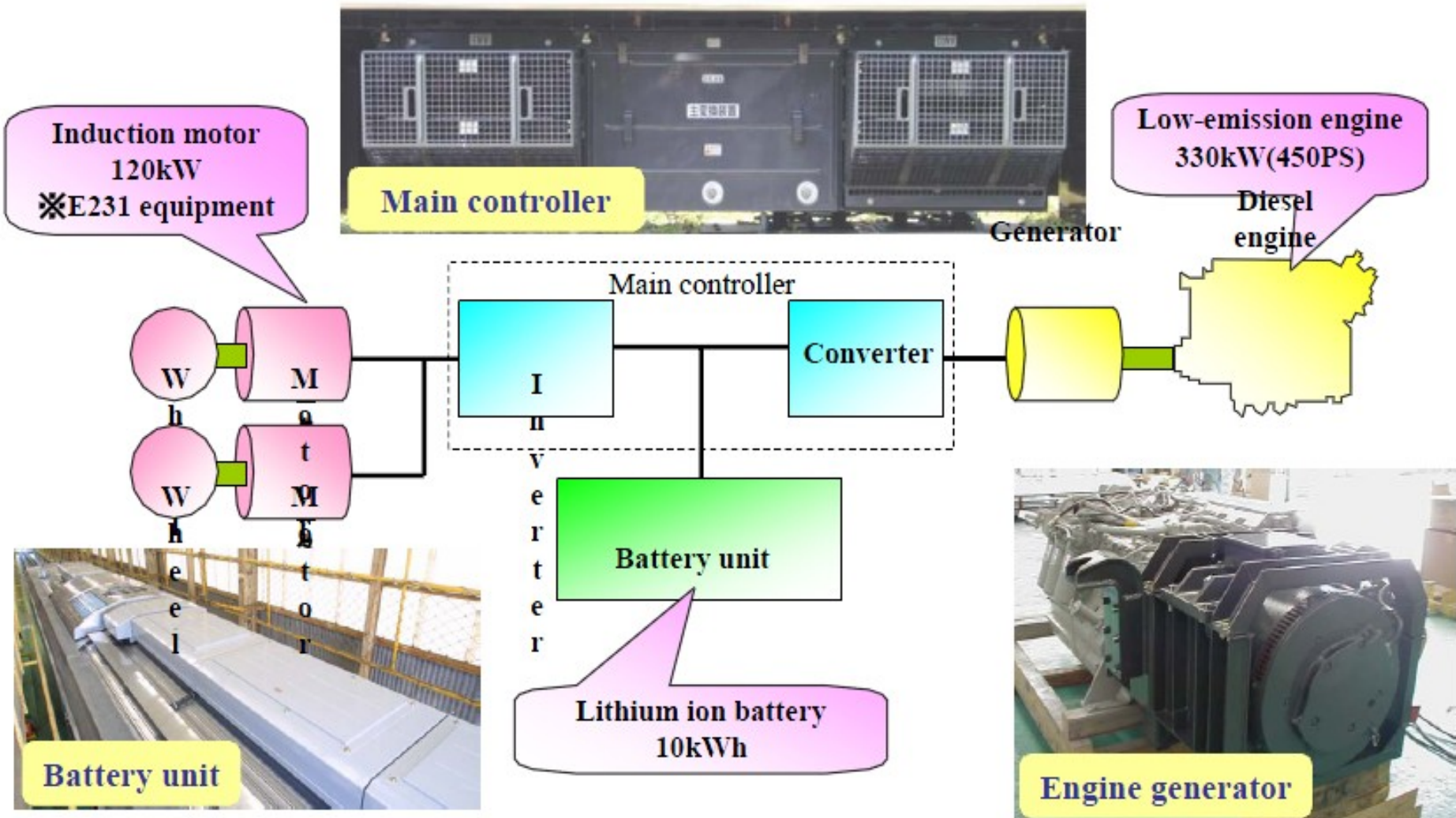
## Requirements demanded of NE Train

- Advance and sternway used equally.
- Adoption of fuel cell system in future.
- Effective use of latest EMU technology.
- Achieve high performance equivalent to EMU.



# Hybrid system Overview

- Effective use of latest EMU technology and equipments



# ● Selection of power equipment

## Main motor

60km/h on 25<sup>0</sup>/<sub>00</sub> slope (equal to EMU) 120kW x 2

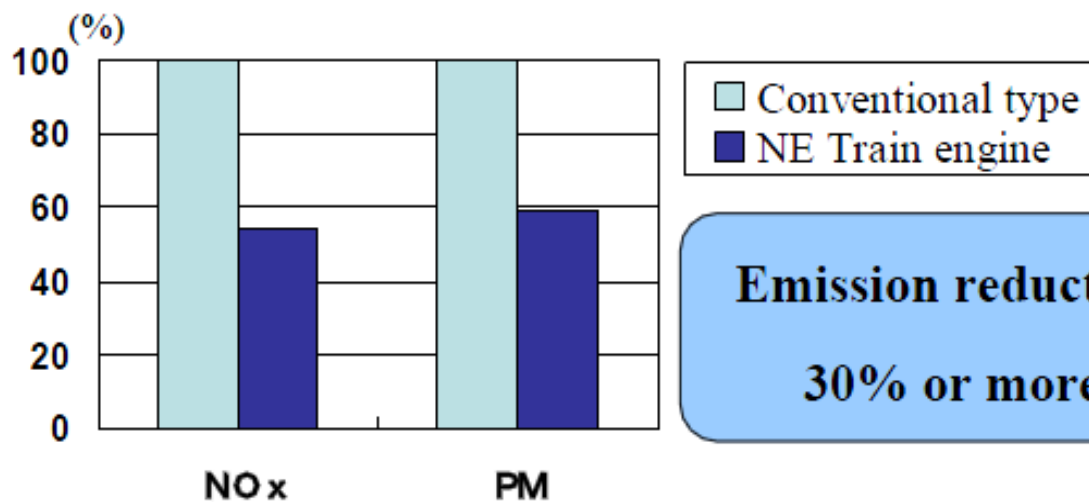
## Engine & Generator

60km/h on 25<sup>0</sup>/<sub>00</sub> slope 250kW

Power supply for service equipment  
(Air conditioner etc.) 50kW

Total 300kW or more

## Engine with reduced emissions



**Emission reduction**

**30% or more**

## ● Selection of battery unit

### Capacity

Regeneration energy per 1 stop

5km running by Battery only

Optimal operation range

1kWh

3kWh

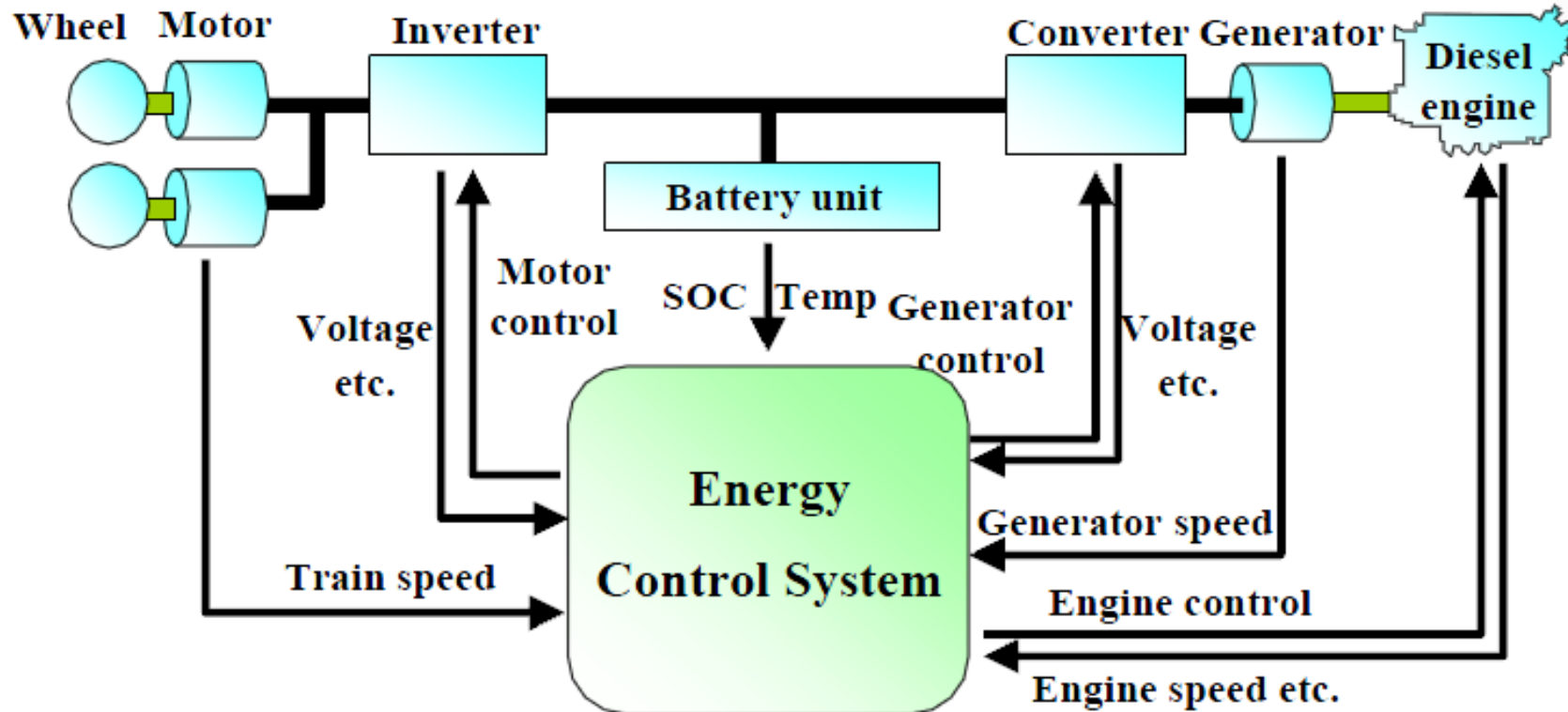
40%



10kWh

### Comparison of electricity storage equipment

	Energy density (Wh/kg)	Power density (W/kg)	Life span (cycle)	Cost
Ultra Capacitor	6	500	Infinity	High
Lead Acid Battery	40	300	500	Low
Nickel-Metal Hydride Battery	40~70	200~700	1000	Average
<b>Lithium-Ion Battery</b>	<b>30~130</b>	<b>30~1400</b>	<b>1000</b>	<b>High</b>
Flywheel	~50	1000~	Infinity	Average



## Requirements demanded of system

= Energy saving =

- Effective storage of brake generation energy
- Operation of engine at optimal rpm.

= Reduction of pollutants and noise =

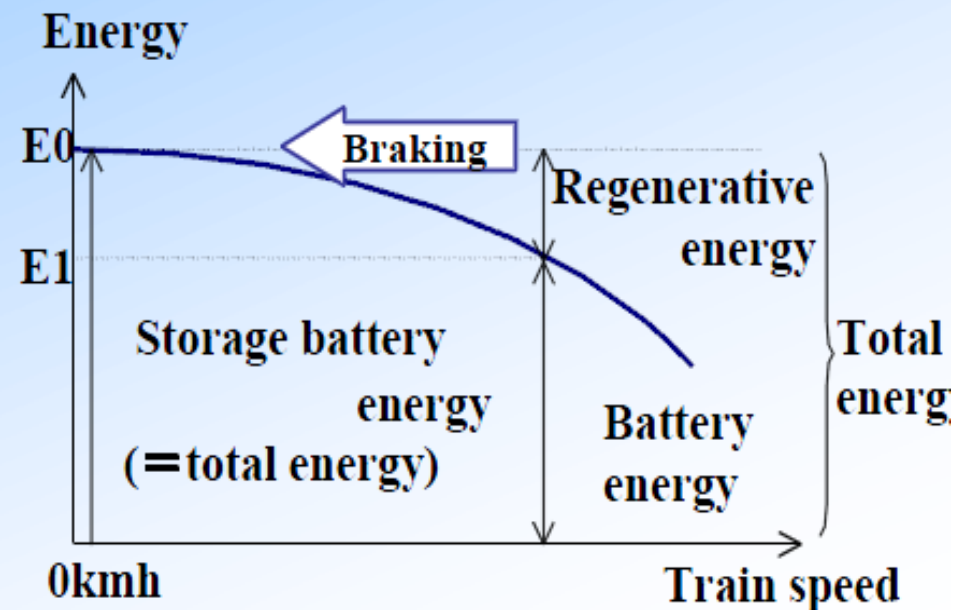
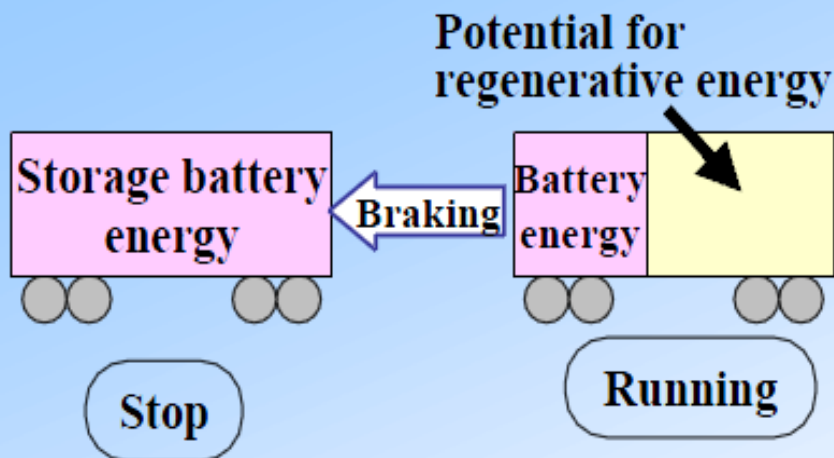
- Use of battery as power source at station



# ● Energy control system

1. Keep the sum of kinetic energy and storage battery energy.
2. Control engine for charging a battery efficiently

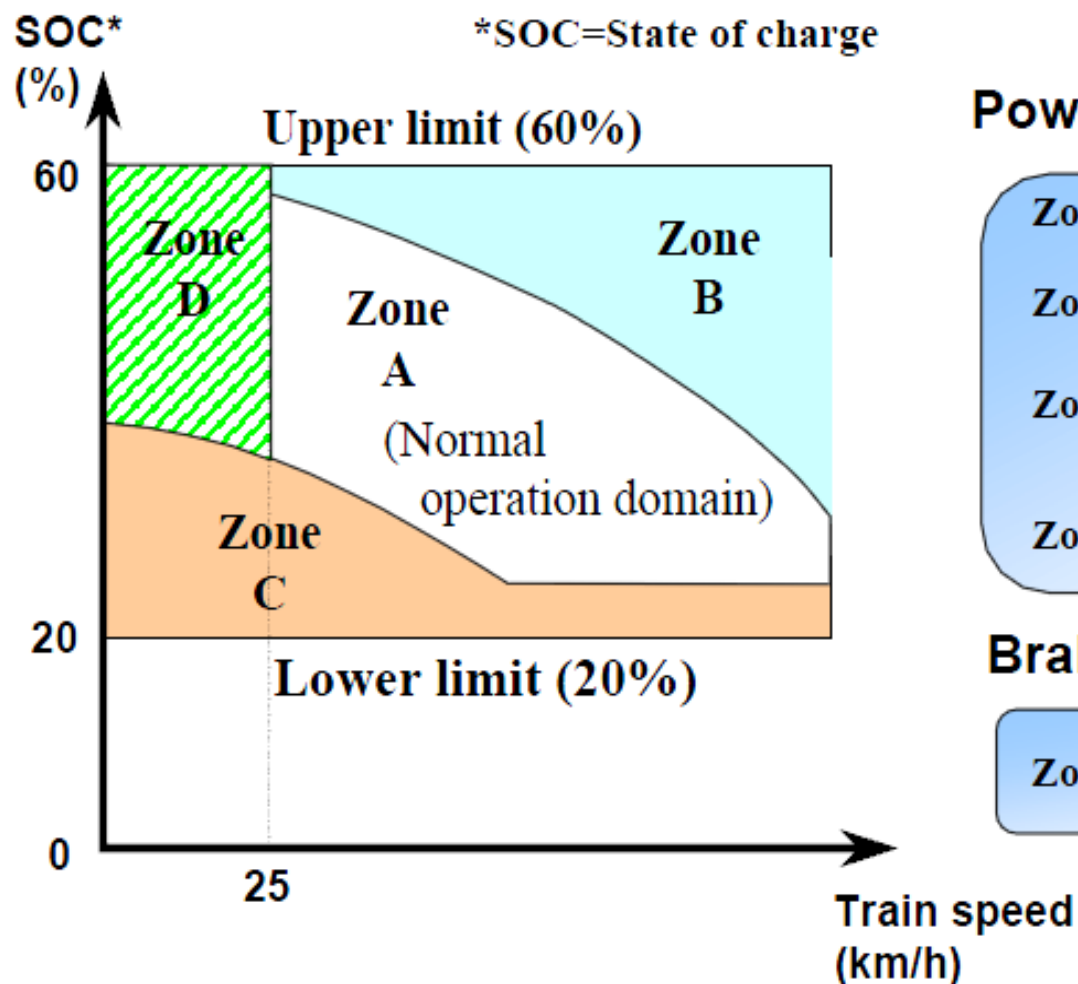
## Basic principle



# ● Energy control system

## 4 energy management zones

Engine controlled by “Train speed”, “Battery charged level SOC”



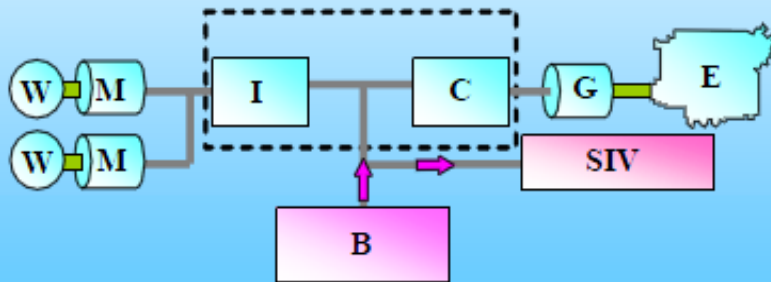
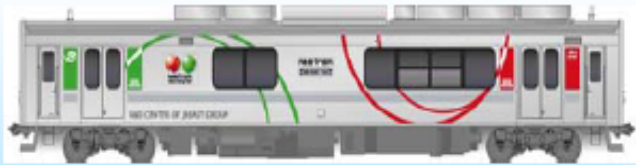
### Power running

- Zone A : Engine highest efficiency (Engine 2N:200kW)
- Zone B : Engine idling
- Zone C : Engine maximum power (Engine 3N:300kW)
- Zone D : Engine stop

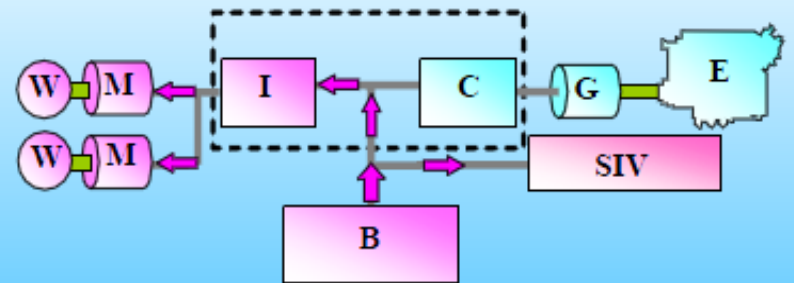
### Braking

- Zone A-D : Engine idling

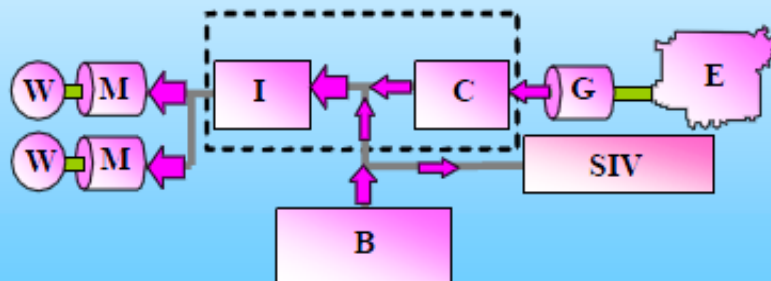
## Stop



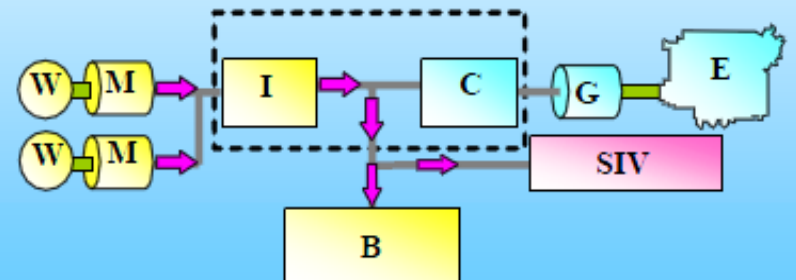
## Departure



## Power running

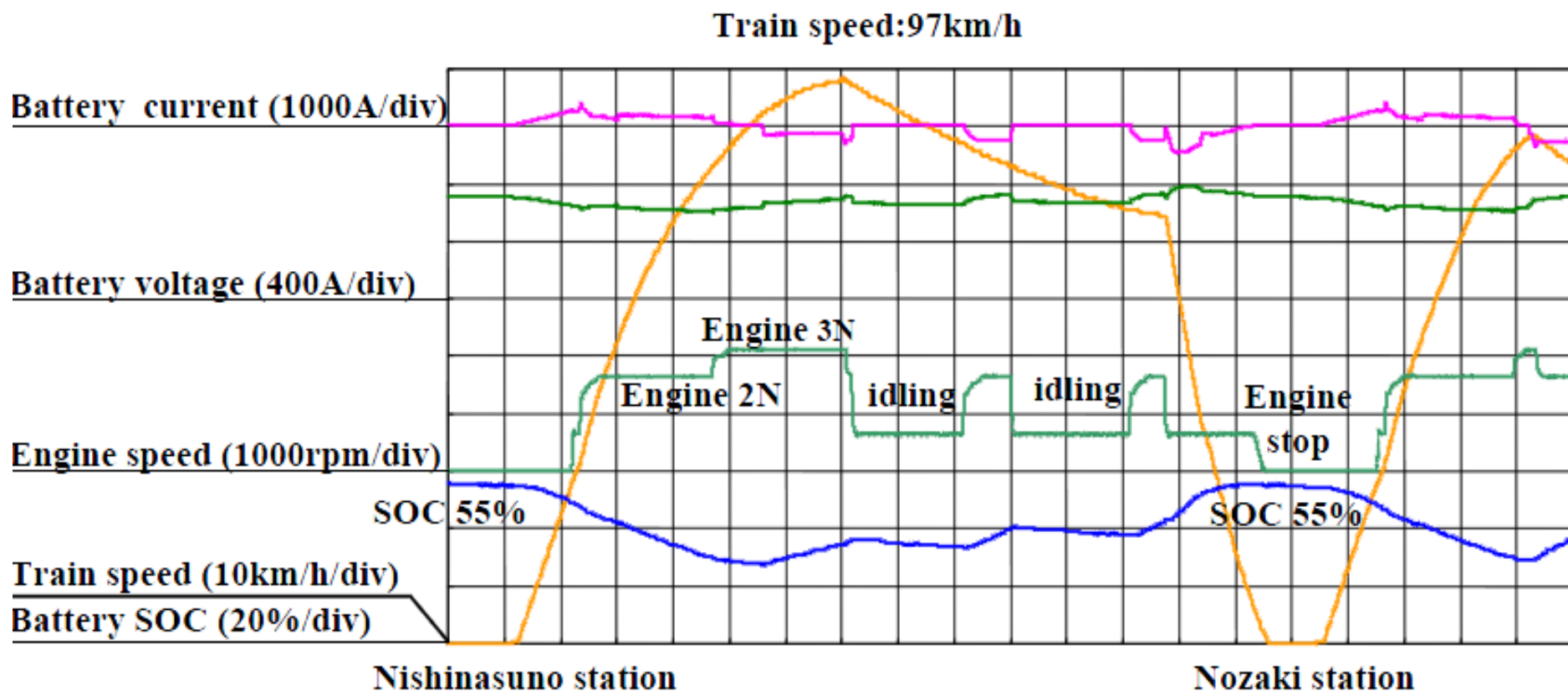


## Braking



E: Engine G: Generator C: Converter SIV: Auxiliary power supply  
I: Inverter B: Battery M: Motor W: Wheel

# Basic performance (Power running & Braking)



1. Engine stop

Train speed : 0-25km/h

2. Engine efficiency control

Engine 2N (about 0-80km/h)

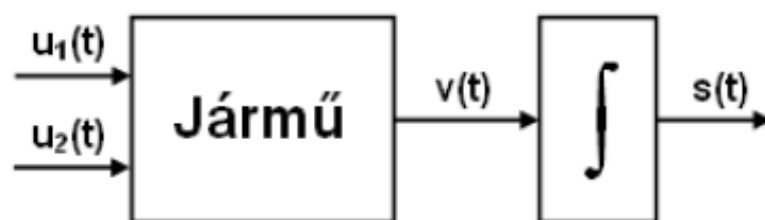
3. Regenerative energy

1.5kWh (one stop, from 60 to 0km/h)



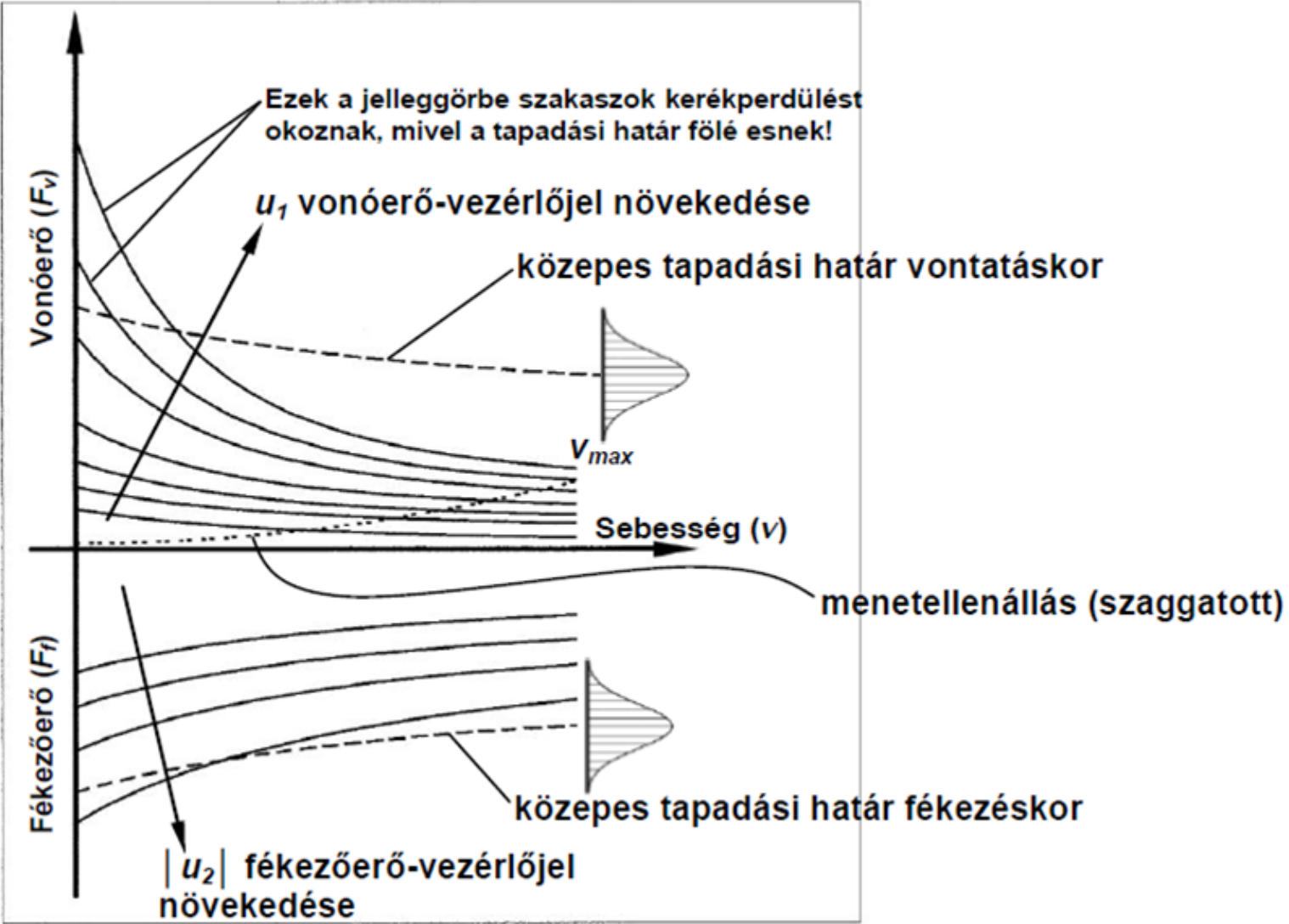
### 3. A JÁRMŰ RENDSZERMODELLJE – A HATÁSVÁZLAT

Bevezetjük a jármű időtől függő  $u_1(t)$  vonóerő vezérlőfüggvényét, amellyel a vonóerő változtatásának lehetőségét ragadjuk meg, továbbá bevezetjük jármű  $u_2(t)$  fékezőerő vezérlőfüggvényét, amellyel a járműre ható fékezőerő konkrét lefutásának jellemezhetőségét teremtyük meg. Ezen vezérlőfüggvények konkrét időbeli alakulását a jármű vezetője határozza meg, figyelembe véve a jármű sebességének alakulását abból a szempontból, hogy a sebesség változása megfelel-e a menet során tervezett/szándékolt sebesség alakulásnak. A vonóerő-kifejtés  $u_1(t)$  vezérlőfüggvényét *hajtásvezérlésnek*, a fékezőerő-kifejtés  $u_2(t)$  vezérlőfüggvényét *fékvezérlésnek* is mondjuk. A jármű egyszerűsített blokkdiagramját a 7. ábrán mutatjuk be. Itt érzékelhető, hogy a vezérlések mint bemenő jellemzők megválasztása szerint jelentkeznek a (mozgásegyenlet megoldásaként) a jármű sebességlefutását megadó  $v(t)$  függvény, amelyből a jármű által befutott út  $s(t)$  időfüggvényét a  $v(t)$  sebességfüggvény idő szerinti integrálásával nyerjük.



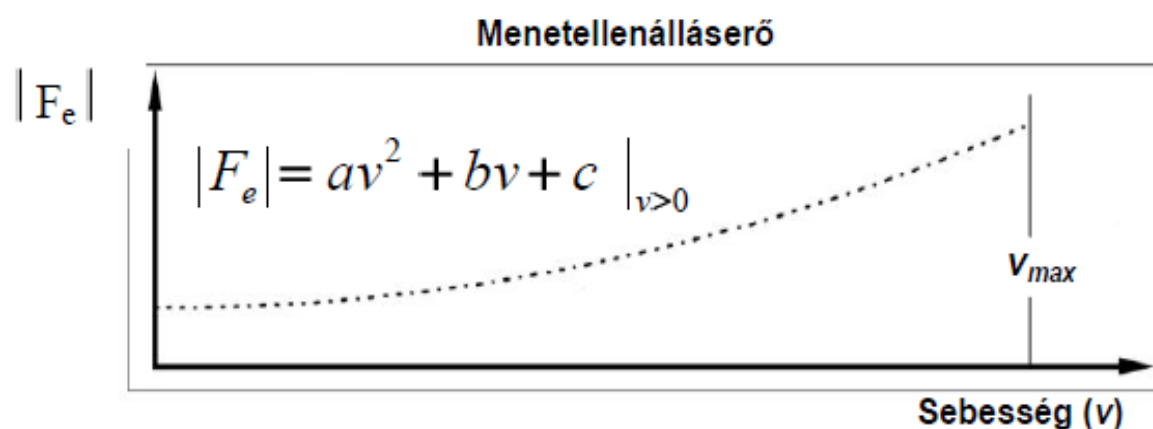
7. ábra. A jármű egyszerűsített blokkdiagramja

A 8. ábrán egy egyenáramú hajtású jármű vonó- és fékezőerő karakterisztikáit rajzoltuk fel. A vonóerő-diagramok sorozatának elemeit a diszkrét  $u_1$  hajtásvezérlő értékek azonosítják.



8. ábra. A jármű vonó- és fékezőerő karakterisztikái

műnek van felvéve. Tekintettel azonban arra, hogy az adott hajtásvezérlési érték alkalmazása mellett kialakuló egyensúlyi sebesség az adott vezérlési értékhez tartozó vonóerőgörbének és a menetellenállás erő abszolút értékeként felrakott görbének a metszésponti abszcisszájaként egyszerűen kiadódik, helyes az a gyakorlat amely a menetellenállás-erő alakulását abszolút értékének a sebesség függvényében való változásával jellemzi. Az ellenállás-erő értéke nemzéró sebességek mellett másodfokú parabolával jól közelíthető. A jelleggörbét leíró másodfokú parabola  $a$ ,  $b$ , és  $c$  együtthatóit a különböző sebességekhez mérésel meghatározott alapellenállás-erő értékek ismeretében a legkisebb négyzetek módszerével lehet meghatározni.



9. ábra. Az alapellenállás-erő abszolút értékének alakulása a sebesség függvényében

Hasonlóképpen, a negatívnak tekintett  $u_2$  fékvezérlő-függvény értékei azonosítják a járműre ható fékezőerő függvények sorozatának egyes elemeit. A diagramba berajzoltuk a jármű menetellenállás görbáját és a tapadási határgörbét mind hajtás mind fékezés esetére.

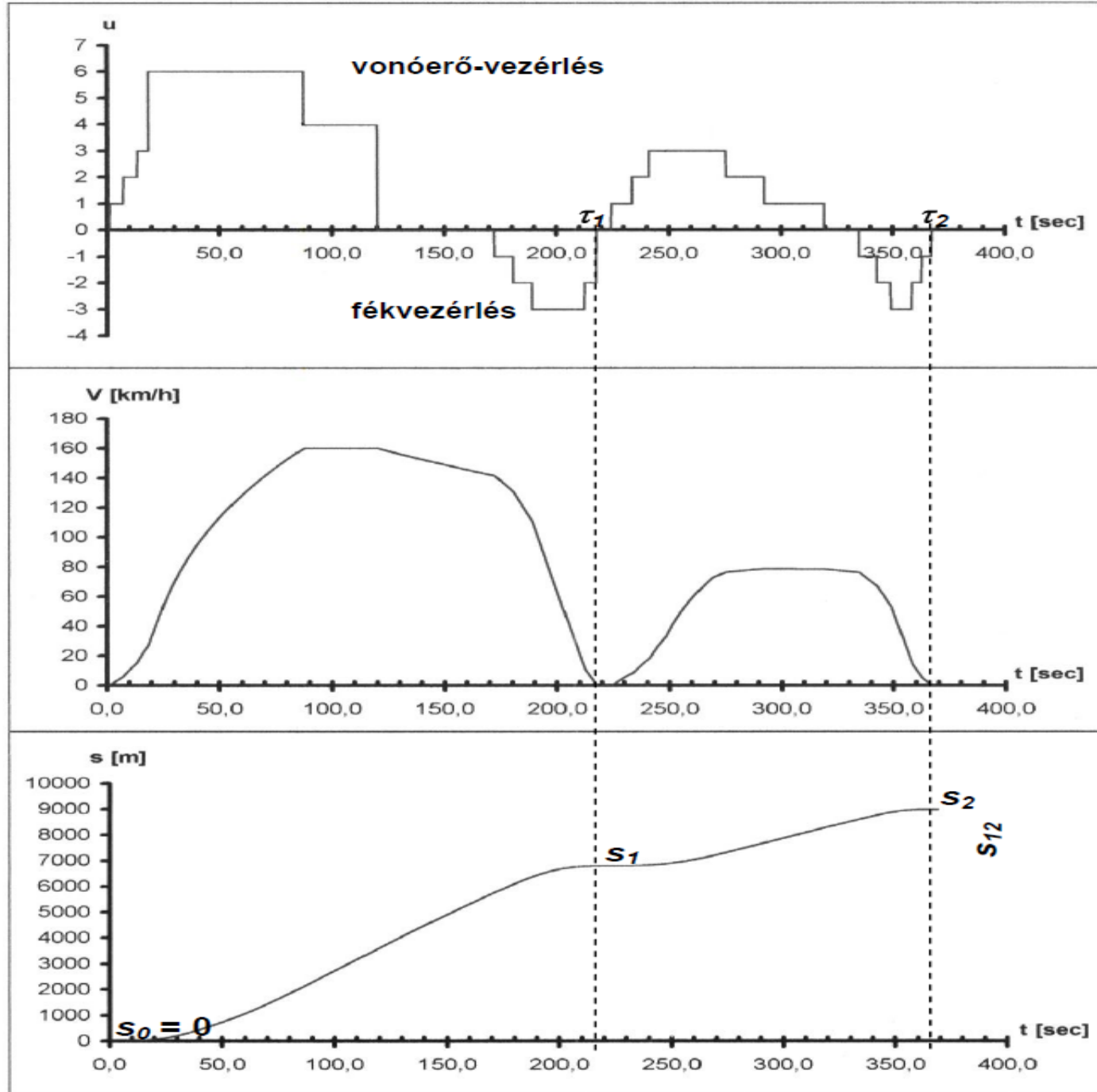
A 8. ábrával kapcsolatban megjegyezzük, hogy egy villamos hajtású vontatójárműnek 20-nál több hajtásvezérlési fokozata is lehet. Az ábránkon csak hét vezérlési fokozathoz tartozó vonóerő jelleggörbét ábrázoltunk. Belátható, hogy ha valamely sebességtartományban a jelleggörbék egy szakasza a tapadási határ fölé esik (pl. az ábrában a két legnagyobb vezérlési fokozathoz tartozó jelleggörbék kis sebességekhez tartozó értékei), akkor ott normál üzemet az csak kisebb hajtásfokozatok kivezérlésével lehet megvalósítani, ugyanis a nagyobb fokozatoknál bekövetkezne a kerékperdülés.

A jármű sík egyenes mozgáspályán szélcsendben érvényesülő  $F_e$  menetellenállás-erejét „alapellenállás-erőnek” nevezzük. A 9. ábrán bemutatjuk alapellenállás-erő abszolút értékének alakulását a jármű haladási sebességének függvényében. Az alapellenállás-erő előjelét tekintve negatív, ha a mozgásjellemzők leírásához választott egységvektor a mozgás sebességvektorával azonos értelműnek van felvéve. Tekintettel azonban arra, hogy az adott hajtásvezérlési érték alkalmazása mel-



Az alapellenállás-erő abszolút értékét a sebesség függvényében megadó parabolát a 8. ábrában is feltüntettük. Ott közvetlenül azonosíthatók a különböző  $u_1$  hajtásvezérlési értékekkel elérhető egyensúlyi sebességek a vonóerőgörbék és az ellenállás-parabola metszésponti abszcisszáiként. A diagram alapján az is érzékelhető, hogy ha valamely hajtásvezérléshez tartozó vonóerő jelleggörbe a vizsgált sebességértéknél az ellenállás-parabola alá kerül, akkor annál a sebességnél a jármű lassulni fog, mivel a menetellenállás abszolút értéke ott nagyobb, mint a kifejtett vonóerő, ezért a járműre ható előjeles gyorsító erő negatív lesz – hiszen az ellenálláserő igazából negatív – és ez Newton 2. axiómája szerint negatív gyorsulást (azaz a jármű lassulását) vonja maga után. Az is kiviláglik, hogy a jármű a  $v_{\max}$  végsebességét csak meghatározott hajtásvezérlési fokozatot meghaladó  $u_1$  vezérlések mellett érhető el. A 8. ábrán vázolt esetben a végsebesség eléréséhez szükséges vezérlés fokozat a szereplő legmagasabb vezérlési fokozat.

A 10. ábrán felül a közös diagramban megrajzolt  $u_1(t) \geq 0$  hajtásvezérlő, és  $u_2(t) \leq 0$  fékvezérlő függvények láthatók jármű két mozgásciklusára vonatkozóan. Az alattuk lévő diagram a bemutatott vezérlőfüggvényeknek megfelelően jelölt  $v(t)$  sebességfüggvényt mutatja. A



10. ábra. A vezérlőfüggvényeknek megfelelő mozgásjellemző időfüggvények

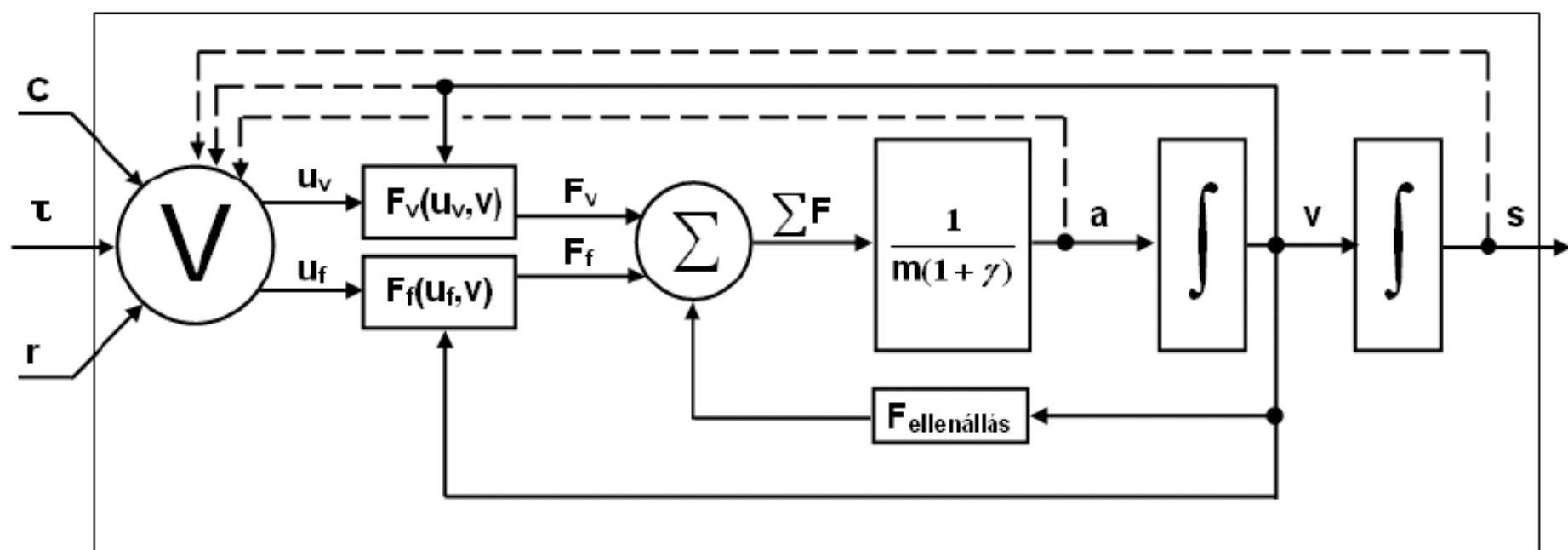
A 10. ábrán bemutatott diagram-rendszerrel kapcsolatban megjegyezzük, hogy az első mozgásciklus során a  $\tau_1$  időpontig befutott utat  $v(t)$  sebességfüggvény 0-tól  $\tau_1$ -ig történő integrálásával kapjuk míg a  $\tau_1$  időponttól a  $\tau_2$  időpontig befutott  $s_{12}$  utat a  $v(t)$  sebességfüggvény  $\tau_1$ -tól  $\tau_2$ -ig történő integrálásával kapjuk az alábbi képlet-pár szerint:

$$s_1 = \int_0^{\tau_1} v(t) dt, \quad s_{12} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} v(t) dt. \quad (3.1)$$

Az előzőekben tárgyaltak alapján összeállítható olyan rendszertechnikai modell, amely hatásvázlat (blokk-diagram) formájában szemléltetni tudja valamely jármű működését meghatározó részrendszerek és folyamatok kapcsolatát. A 11. ábra szerinti hatásvázlat a sík, egyenes mozgáspályán haladó járműre vonatkozik. Ebben az esetben a jármű vezetőjére (a körtartományban elhelyezett nagy  $v$ -betű azonosítja) három külső bemenő hatás és három belső statisztikus visszacsatolásként azonosított hatás működik. A bemenő hatásokra a vezető kialakítja az  $u_1 = u_v$  vonóerőkifejtés-vezérlést (hajtásvezérlés) és az  $u_2 = u_f$  fékezőerőkifejtés-vezérlést (fékvezérlést). A  $c$ -vel jelölt bemenő hatás a jármű mozgását meghatározó külső, esetleg több dimenziós irányítóhatást (control) jelképezi (pl. forgalmi lámpák adta jelzések). A  $\tau$ -bemenet a jármű tervezett menetidejének a ténylegesen kialakult időfelhasználáshoz való viszonyát ragadja meg (pl. van-e „késés” a tervezett menetteljesítményhez képest, és az mekkora). A harmadik,  $r$ -rel jelölt bemenet a jármű haladását befolyásoló véletlen (random) forgalmi események felmerülését ragadja meg (pl. nem várt módon állat jelenik meg a vezető látómezejében).



zón részrendszerek és folyamatok kapcsolatát. A 11. ábra szerinti hatásvázlat a sík, egyenes mozgáspályán haladó járműre vonatkozik. Ebben az esetben a jármű vezetőjére (a körtartományban elhelyezett nagy  $v$ -betű azonosítja) három külső bemenő hatás és három belső statisztikus visszacsatolásként azonosított hatás működik. A bemenő hatásokra a vezető kialakítja az  $u_1 = u_v$  vonóerőkifejtés-vezérlést (hajtásvezérlés) és az  $u_2 = u_f$  fékezőerőkifejtés-vezérlést (fékvezérlés). A  $c$ -vel jelölt bemenő hatás a jármű mozgását meghatározó külső, esetleg több dimenziós irányítóhatást (control) jelképezi (pl. forgalmi lámpák adta jelzések). A  $\tau$ -bemenet a jármű tervezett menetidejének a ténylegesen kialakult időfelhasználáshoz való viszonyát ragadja meg (pl. van-e „késés” a tervezet menetteljesítményhez képest, és az mekkora). A harmadik,  $r$ -rel jelölt bemenet a jármű haladását befolyásoló véletlen (random) forgalmi események felmerülését ragadja meg (pl. nem várt módon állat jelenik meg a vezető látómezejében).



11. ábra. A jármű egyszerűsített hatásvázlata (sík, egyenes mozgáspályán)



A vezető által kiadott  $u_v$  és  $u_f$  vezérlések – melyek normális működésmód esetén sohasem lehetnek egyszerre zérustól különböző értékek – a jármű ismert  $F_v = F_v(u_v, v) \geq 0$  vonóerő-karakterisztikái és  $F_f = F_f(u_f, v) \leq 0$  fékezőerő-karakterisztikái alapján a pillanatnyilag fennálló  $v$  járműsebességtől függően kiadják az aktuális vezérlési állapotban érvényesülő vonó, ill. fékezőerőt. Az utóbbi két erőt a nagy görög szigmával ( $\Sigma$ ) jelzett összegző blokkba (műveleti blokk) vezetjük, mely blokk további bemenetként fogadja az előjeles (negatív)  $F_e < 0$  menetellenállás-erőt. A  $\Sigma$ -jelű műveleti blokk kimenetén a megjelenik járműre ható  $\Sigma F$  (a gyorsító erő). Newton II. axiómája alapján a  $\Sigma F$  eredő ismeretében meghatározható a jármű gyorsulása az

$$a = \frac{1}{m(1 + \gamma)} \Sigma F$$

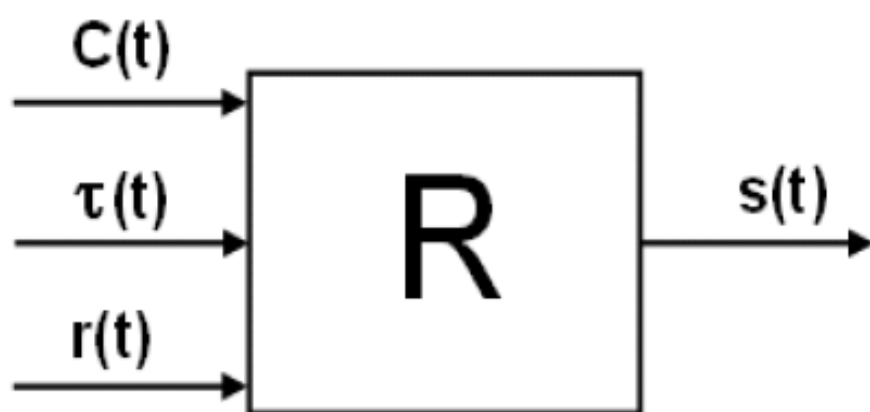
képlet szerint, ahol  $m$  a jármű mérlegelhető tömegét,  $\gamma$  pedig a járműkerék szögsebességével arányos szögsebességgel forgó tömegek járműkerék kerületi futókörére redukált  $m_r$  tömegének és a mérlegelhető  $m$  tömegnek a hányadosát jelöli, azaz  $\gamma = m_r/m$ . Az  $(1 + \gamma)$  szorzó azt veszi figyelembe, hogy a jármű változó sebességű mozgása során nem csupán a mérlegelhető  $m$  tömeget kell gyorsítani, hanem a forgó tömegeket is. A jelzett összefüggés szerint ezt úgy vesszük figyelembe, hogy a Newton II. axiómájában a mérlegelhető tömeghez hozzáadjuk a kerületre redukált tömeget és a megnövelt  $m + m_r = m(1 + \gamma)$  tömeggel mint csupán haladó mozgást végző tömeggel számolunk. A  $\Sigma F$  eredő erőt fogadó „mozgásegyenlet blokk” kime-

mozgást végző tömeggel számolunk. A  $\Sigma F$  eredő erőt fogadó „mozgásegyenlet blokk” kimenetén a jármű  $a(t)$  gyorsulás időfüggvénye jelentkezik. Az  $a(t)$  gyorsulásfüggvényből idő szerinti integrálást megvalósító blokk szolgáltatja a jármű  $v(t)$  sebességfüggvényét, a sebességfüggvény idő szerinti integrálását megvalósító blokk pedig már a jármű által befutott út  $s(t)$  időfüggvényét adja. Természeteszerű, hogy a hatásvázlatban visszacsatoló ágak is szerepet kapnak. Egyrészt a vonóerő és a fékezőerő sebességtől való direkt függését a  $v$  sebesség ezen erőgeneráló blokkokra való visszacsatolásával érvényesítjük. Az  $F_e$  a menetellenállás-erő direkt sebességfüggését a  $v$  sebességnek a menetellenállás-erőt generáló blokk bementére történő visszacsatolással érvényesítjük. A visszacsatolások másik csoportját a hatásvázlatban szaggatott vonallal jelöltük. Ezek a  $V$  blokkhoz (a jármű vezetőjéhez) a jármű pillanatnyi gyorsulásáról, sebességéről és a befutott útról befutó visszacsatolások *bizonytalansággal terheltek*, a vezető pillanatnyi figyelme, mentális állapota, érzékszervi működése függvényében kerülnek teljes vagy csupán csak részleges mértékben figyelembe vételre az  $u_v$  vonóerő-kivezérlés és az  $u_f$  fékezőerő-kivezérlés megválasztásakor.

A teljes hatásvázlat lényegét úgy is megfogalmazhatjuk, hogy itt a jármű és a vezető együttese alkotta „ember + gép” rendszer belső mechanizmusa (függvényszerű meghatározottságok és bizonytalanságok együttese) abban tükröződik, hogy a járművezetőre ható külső hatások, a külső irányítás, az menetteljesítmény idejével való elégedettség és a véletlen forgalmi helyzet időben jelentkező  $c(t)$ ,  $\tau(t)$  és  $r(t)$  *bemeneti időfüggvény-hármas*t a vezető és a jármű alkotta R „ember + gép” rendszer átranzformálja a jármű által befutott út  $s(t)$  időfüggvényébe, mint rendszerválaszba. A most mondottak szerinti 3 bemeneti és 1 kimeneti jellemzőt a 12. ábra összevont, „lényegkiemelő” blokkdiagramja szemlélteti. Ezzel egyben a „rendszer szemlélet” egy lényegi vonása is érzékeltethető, nevezetesen, ha ismert a rendszer átviteli tulajdonsága, akkor a rendszer „viselkedését” a be- és kimenőjelek közötti átalakítás tulajdonsága teljesen



jellemzi, és a rendszer belső felépítésének részletes ismerete, amely a be és kimenő jellemzők tényleges „fizikai” átalakításának folyamatát megvalósítja, ebben az aspektusban háttérben marad.

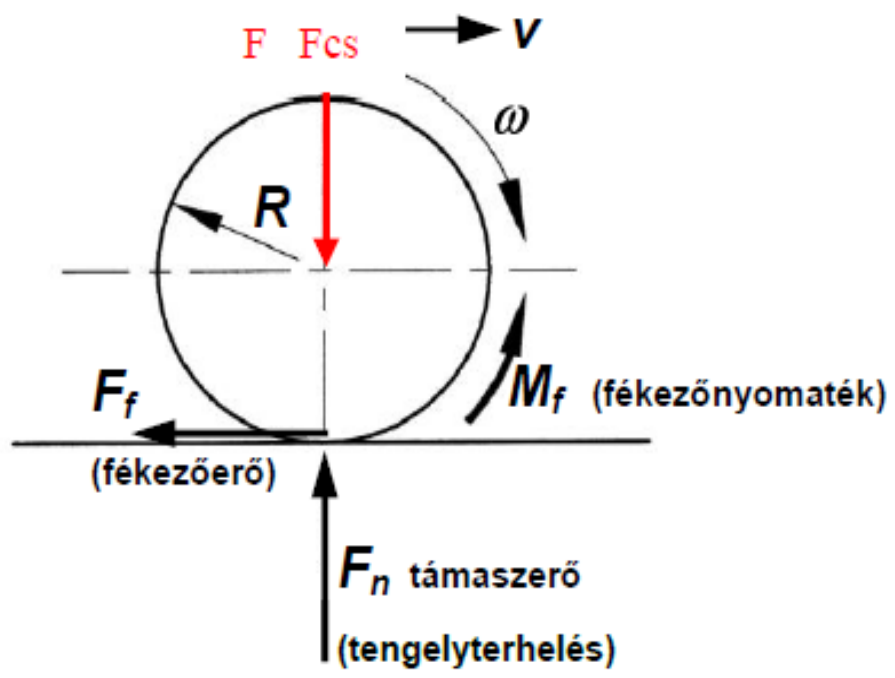


- $C$ : a külső vezérlések vektora (pl. forgalmi lámpák, jelzők stb.)
- $\tau$ : a vezető által szándékolt elérési idő (menetrend) és a tényleges mozgással töltött idő különbsége
- $r$ : véletlen forgalmi zavaró tényezők
- $s$ : a jármű által befutott út

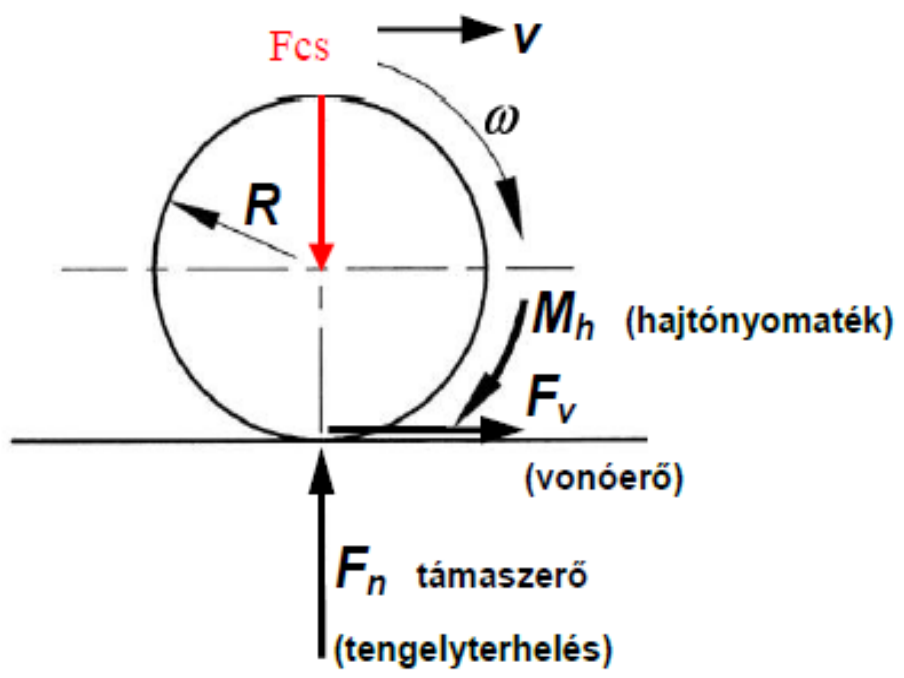
12. ábra. A jármű összevont, „lényegkiemelő” blokkdiagramja

mozgását ellenálláserőként gátolni igyekeznek. Vontatójárműveknél a kerék-sín kapcsolati helyen átadódó kerületi erő nyomatéka a hajtó nyomatékokat ellensúlyozza, így hatása forgást gátolni, azonban a hajtott kerék haladó mozgását elősegíteni igyekeznek. Az 50. ábrán egymás mellett rajzoltuk fel a fékezett és a hajtott kerékpárt a rájuk működő erőhatások és nyomatékok feltüntetésével, jeleztük továbbá a kialakuló haladó és forgómozgás irányát.

**Fékezett kerékpár:**



**Hajtott kerékpár:**



Két alapvető megállapítás tehető meg a gördülő mozgást végző kerékpár dinamikájával kapcsolatban:

1. A kerékpárt függőlegesen az  $F_{cs}$  csapágyerő terheli, ezt az  $F_n$  támasztóerő egyensúlyozza.
2. A kerékre működő  $M_f$  fékezőnyomatékkal a kerék/sín érintkezési felületen (a kontaktfelületen) átvitt  $F_f$  fékezőerő  $F_f R$  nyomatéka ellensúlyozza, és a kerékre működő  $M_h$  hajtónyomatékkal a kerék/sín érintkezési felületen átvitt  $F_v$  fékezőerő  $F_v R$  nyomatéka ellensúlyozza.

Mind a kerék/sín kapcsolatban a kerékre átvitt  $F$  tangenciális erő jellemzésére célszerű bevezetni a kis görög „mü”-vel jelölt *erőkapcsolati tényezőt* a következő értelmezéssel:

$$\boxed{\mu = \frac{F}{F_n}}. \quad (4.12)$$

Az erőkapcsolati tényező tehát az *átvitt  $F$  tangenciális erő és a gördülőkapcsolatban fellépő  $F_n$  támasztóerő (normálerő) hányadosaként* van értelmezve.

Mivel a különböző üzemállapotokban más és más lehet az a kerékpárra átvitt tangenciális erő, ezért az utóbbi mozgásállapot-függését is meg kell adni. A gördülő kerék mozgásállapotának jellemzésére bevezetjük a kerék szögsebességét és haladási sebességét magába olvasztó kis görög „ $\nu$ ”-vel jelölt *hosszirányú kúszás* (longitudinal creepage) fogalmát:

$$\nu = \frac{\overset{\text{def}}{R\omega - v}}{v} \Big|_{v \neq 0} . \quad (4.13)$$

A bevezetett két új mennyiség – a kúszás és az erőkapcsolati tényező – összefüggését az 51. ábrán felrajzolt diagrammal szemléltetjük. A megjelenített diagramba foglalt összefüggések széleskörű elméleti és kísérleti (méréses) elemzések alapján kerültek rögzítésre. Először is megállapítható, hogy adott  $\nu$  kúszási abszcisszához erőkapcsolati tényező több lehetséges kimeneteli értéke van hozzárendelve (a  $\mu$  valószínűségi változó), mely kimeneteli értékek körülbelül Gauss-eloszlás szerint szóródnak és bizonytalansági sávot alkotnak. A lehetséges erőkapcsolati tényező értékek *középtértékét jeleníti meg a sáv közepén haladó folytonos vonal.*



erőkapcsolati tényező ( $\mu$ )

A tapadási határ valószínűség eloszlása: az erőkapcsolati tényező „sáv-szerűségét” jellemzi

$R\omega - v < 0 \Rightarrow v < 0$   
fékezőerő átvitel

$\mu_0$

kerékperdülés

blokkolás

$-v_0$

0

$v_0$

kúszás ( $v$ )

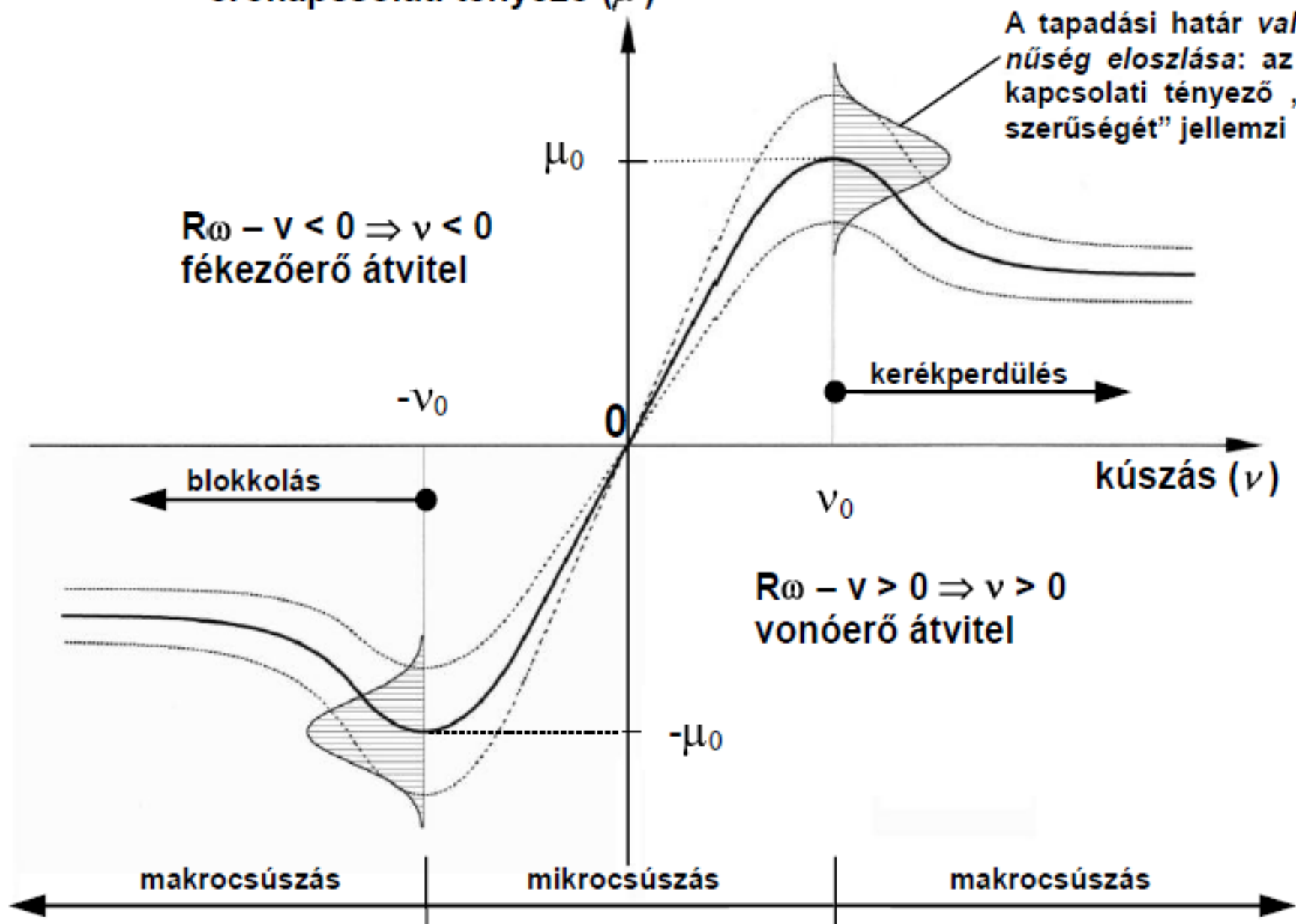
$R\omega - v > 0 \Rightarrow v > 0$   
vonóerő átvitel

$-\mu_0$

makrocúszás

mikrocúszás

makrocúszás



Hangsúlyozni kell az ábrából leolvasható tény: **zéró kúszás, zéró tangenciális erő!** Ez azt jelenti, hogy vonó- vagy fékezőerő megjelenéséhez a kerék kerületi sebességének ha kismértékben is de el kell térnie a kerék haladási sebességétől. Pozitív haladási sebesség esetén a vonóerő megjelenéséhez az  $R\omega - v > 0$  feltételnek kell teljesülnie, míg fékezőerő kifejtésnél az  $R\omega - v < 0$  feltételnek kell fennállnia. A diagram azt is mutatja, hogy az erőkapcsolati tényező abszolút értéke a zérusból kimozduló kúszás abszolút értékének növekedésével egy darabig növekszik, egy bizonyos  $|v| = \mu(v_0) = \mu_0$  kúszási értéknél lokális szélsőértéket ér el, majd ha  $|v| > v_0$ , akkor pozitív kúszás esetén (vonóerőkifejtés) megindul kerék perdüléshez vezető csúszása, ill. negatív kúszás esetén (fékezőerőkifejtés) megindul kerék blokkoláshoz vezető csúszása. Az erőkapcsolati tényező pozitív szélsőértékét  $\mu_0$  jelöli, neve: *tapadási határ* (adhéziós határ). A bevezetett jelölések alapján érvényes, hogy  $\mu(v_0) = \mu_0$ , illetve  $\mu(-v_0) = -\mu_0$ . A

jármű normális üzemében a kúszás értéke a  $(-v_0, v_0)$  intervallumban van, az ábrán jelzett „mikrocsúszási” tartományban. Ha  $|v| > v_0$ , akkor a kúszás belép a nem kívánatos csúszó-súrlódással (megnövekedett kopás) megvalósuló és lecsökkent abszolút értékű erőkapcsolati tényező értékekhez vezető (kisebb vonóerő, vagy fékezőerő kifejtés) „makrocsúszás” tartományába. Összefoglalva: a kúszásos erőzárással jellemzett gördülőkapcsolatban átvitt vonó- és fékezőerőkifejtés számítására az előzőek alapján a következő képletpár szolgál:

$$\text{vonóerő } F_v = \mu \nu \cdot F_n, \nu > 0, \text{ fékezőerő } F_f = \mu \nu \cdot F_n, \nu < 0 \quad (4.14)$$

#### 4.3.6 A vasúti járművek hajtásrendszere

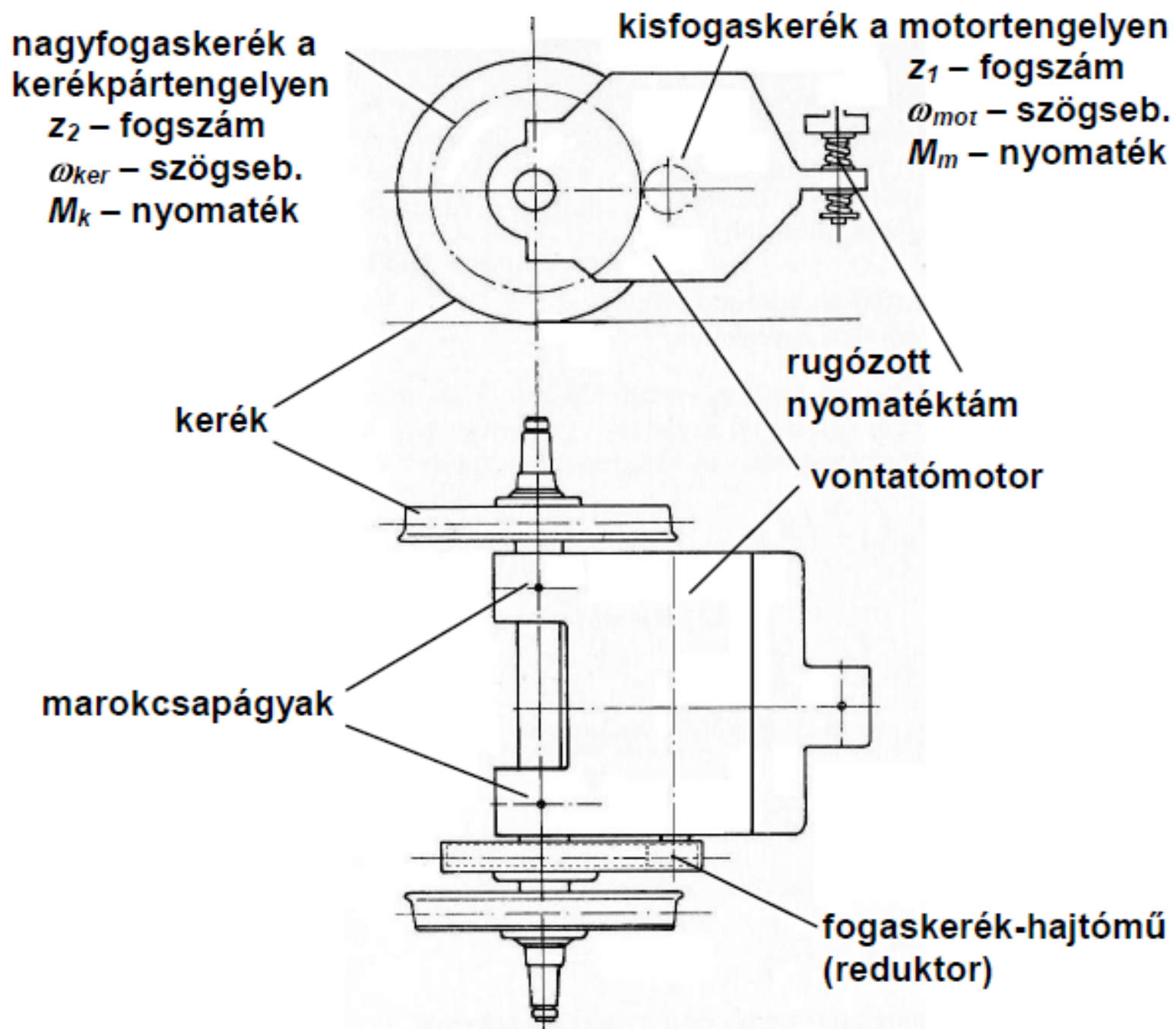
A hajtásrendszer *hajtó erőgépből és erőátviteli rendszerből* áll. Az erőgép (pl. dízelmotor, vagy villamos motor) létrehozza a jármű hajtásához szükséges nyomatékot és forgómozgást, az erőátviteli rendszer pedig a szükséges átalakításokat (módosításokat) végrehajtva eljuttatja a hajtó erőgép forgását és nyomatékát a vontatójármű (mozdony vagy vontató-motorkocsi) hajtott kerékpárjaihoz. Mivel a nyomatékátvitel ( $M$ ) forgás jelenlétében ( $\omega$ ) valósul meg és ezért energiaáram (teljesítmény:  $P = M \cdot \omega$ ) átvitel is lezajlik a hajtásrendszerben az erőgéptől a jármű hajtott kerekéig. A legegyszerűbb esetet a villamos motorokkal fogaskerék-kapcsolatokon át hajtott kerékpárok esete jelenti. Elsőnek a villamos motorral hajtott járműveknél gyakori *marokcsapágyas* hajtásrendszert mutatjuk be. Ez után a dízelmotoros járművek erőátviteli rendszereiben található mechanikus *vég-hajtóművekkel* foglalkozunk, megjegyezve, hogy



a sebességváltó és a kardánhajtás kérdéskörét a motoros járművekkel foglalkozó fejezetben fejtjük ki részletesen.

### **a.) Marokcsapágyas, homlokfogaskerekes tengelyhajtás**

A marokcsapágyas hajtás villamos vontatójárműveknél (villamos mozdony, villamos motor-kocsi) vagy villamos erőátvitelű dízelmozdonyoknál (lásd később). A hajtásrendszer oldalnézeti és felülnézeti képét a 60. ábrán vázoltuk fel. A vontatómotor tengelycsonkjára  $z_1$  fogszámú homlokfogazatú kisfogaskerék van szilárd illesztésű kötéssel vagy reteszkötéssel van felerősítve. A jármű hajtott kerékpárjának tengelyének tengelytörzsére kovácsolt tárcsához csavarkötéssel van felszerelve a  $z_2$  fogszámú ugyancsak homlokfogazatú, a kisfogaskerékkel azonos modulusú nagyfogaskerék. A vontatómotor marokcsapágyai két helyen fogják körül a tengelytörzs két megmunkált felületét. A motortest marokcsapágyakkal ellentétes oldalán helyezkedik el a rugókon feltámaszkodó nyomatéktám, melynek funkciója a motor nyomaték kifejtés közben szögelfordulásának behatárolása  $\pm 0,5 \dots 1^\circ$  értékben. Mivel a motortest elfordulása behatárolt, a kisfogaskerék a kerékpára szerelt nagyfogaskereket „kénytelen” forgásba hozni.



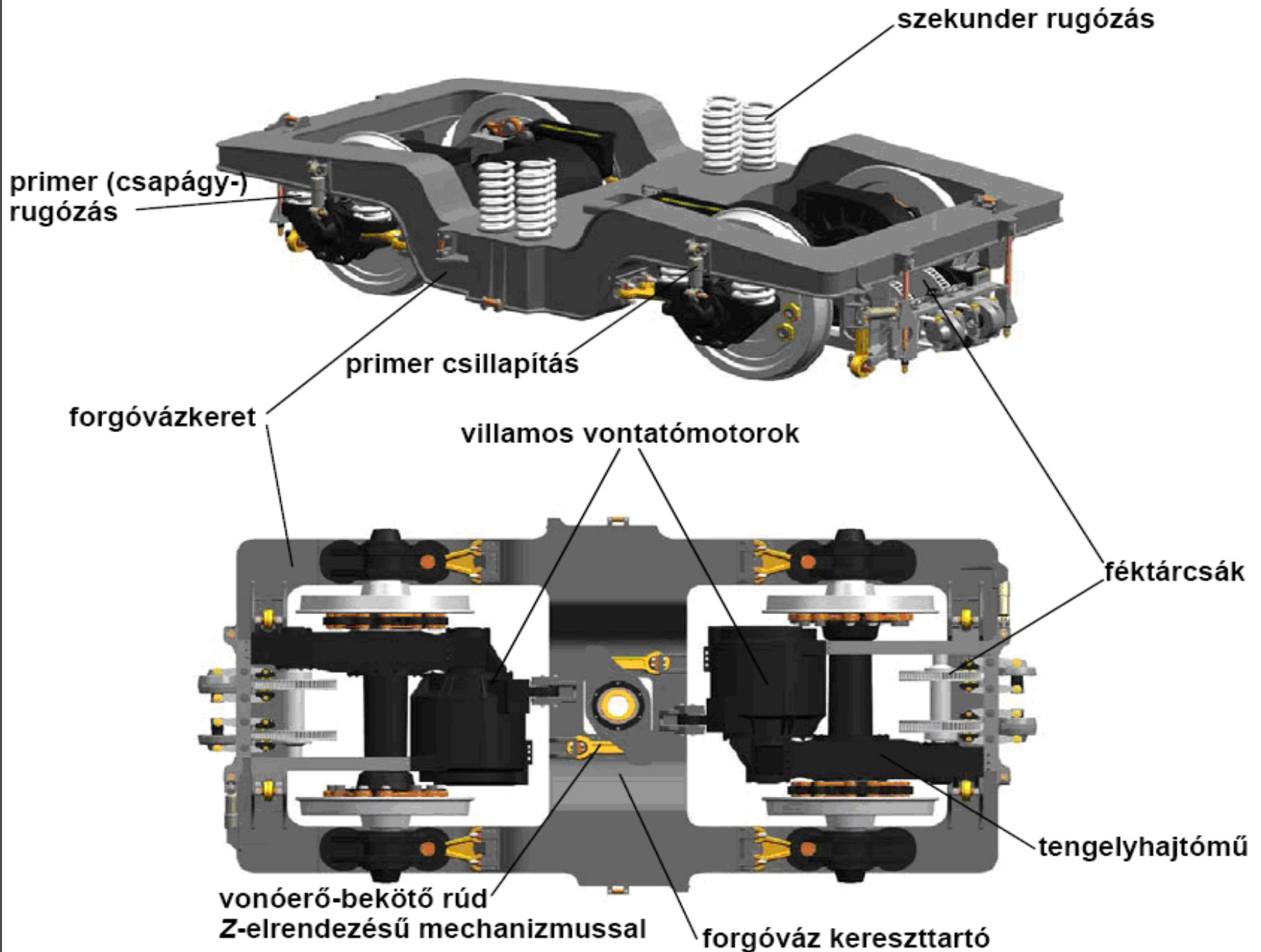
$$i_{th} = \frac{\omega_{ker}}{\omega_{mot}} = \frac{z_1}{z_2}, \quad k_{th} = \frac{M_k}{M_m}, \quad \eta_{th} = \frac{P_k}{P_m}. \quad (4.30)$$

A három fenti mennyiség között természetesen érvényes az ismert  $\eta_{th} = k_{th} \cdot i_{th}$  összefüggés.

A jármű kerékpárjáról leszerelt marokcsapágyas villamos vontatómotort hajtócsonkján a kisfogaskerékkel a 61. ábrán fényképen mutatjuk be. Jól látható a marokcsapágy osztási síkja, mert a fedélrögzítő csavarok most lazák.



# Villamos mozdony forgóváza:

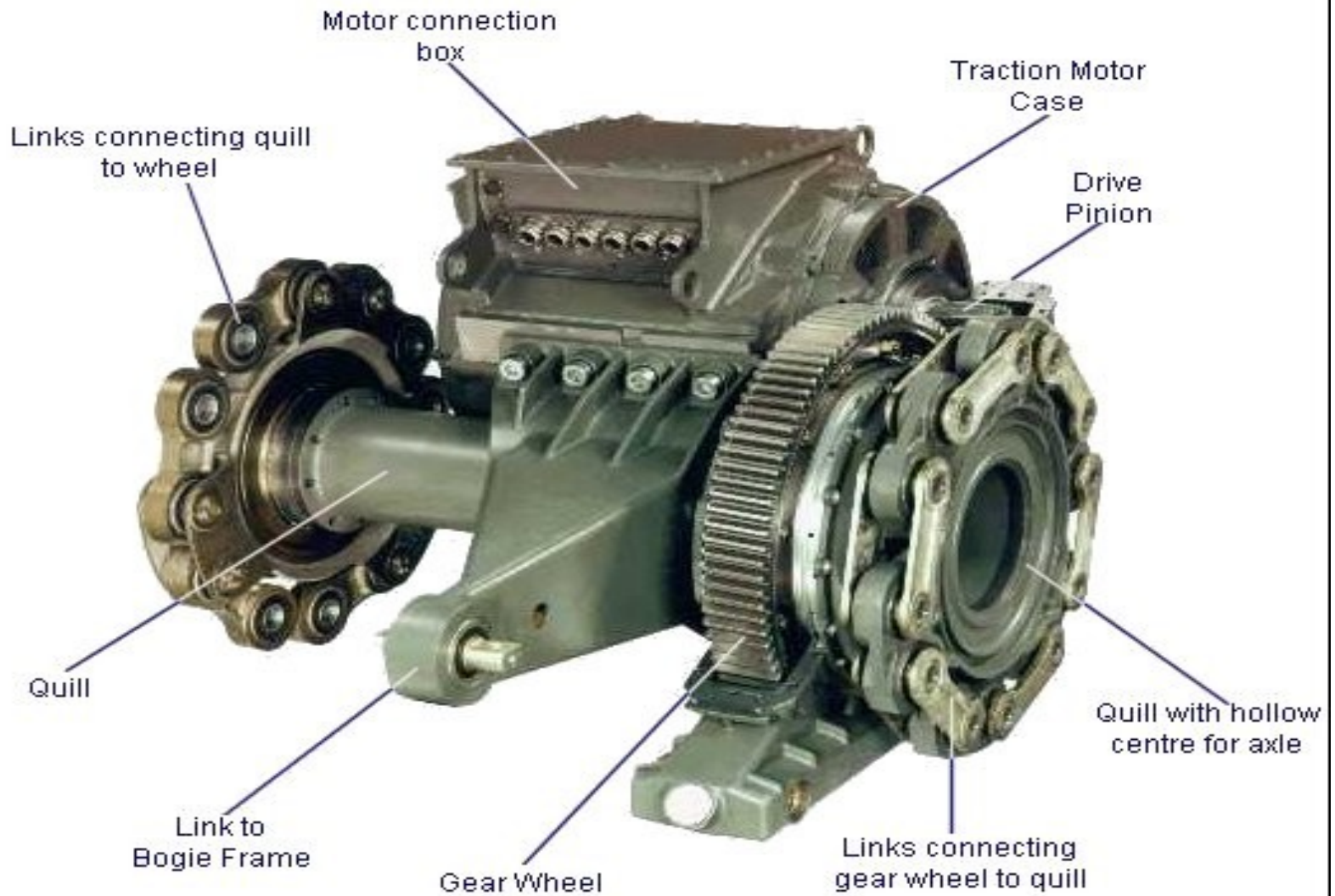




# A Taurus forgóváza

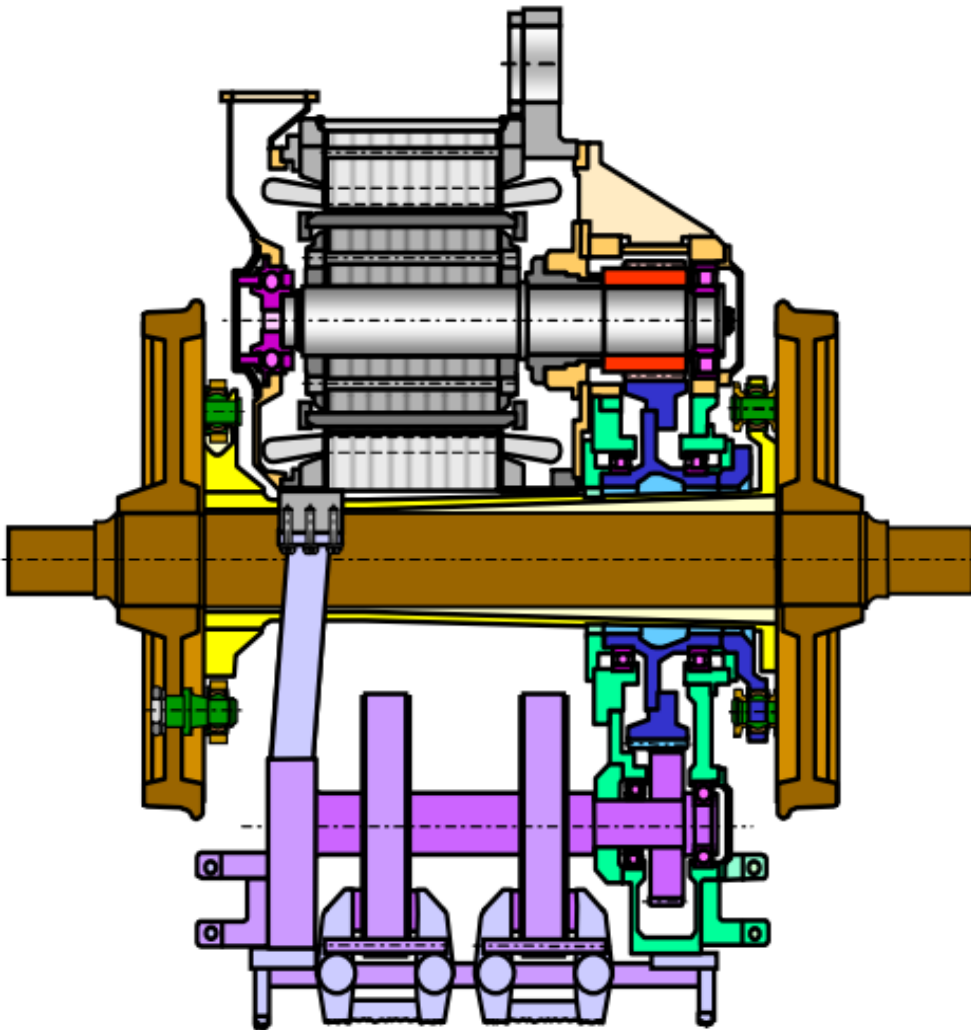


# Teljesen rugózott (egyedi) hajtások: csőtengelyes



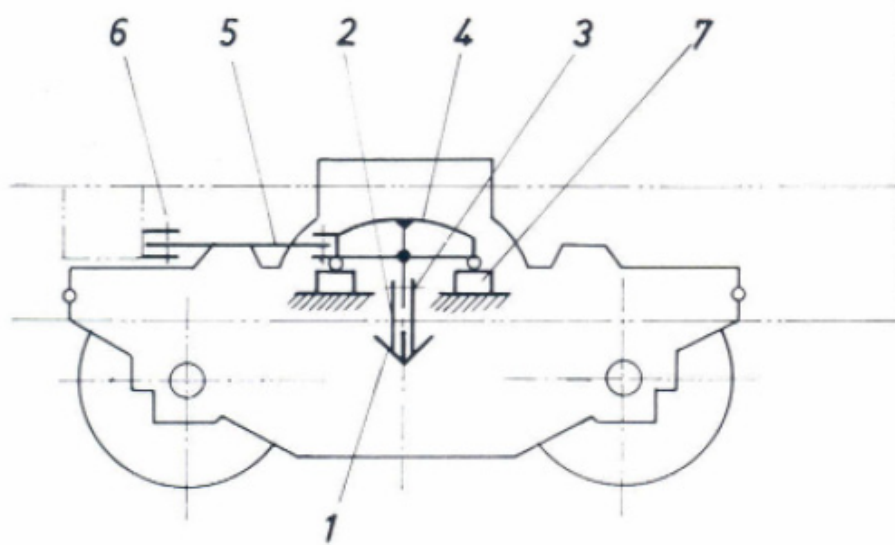
**Adtranz Quill Drive System for Austrian Locomotive**

# Fék-előtét tengellyel kiegészítve



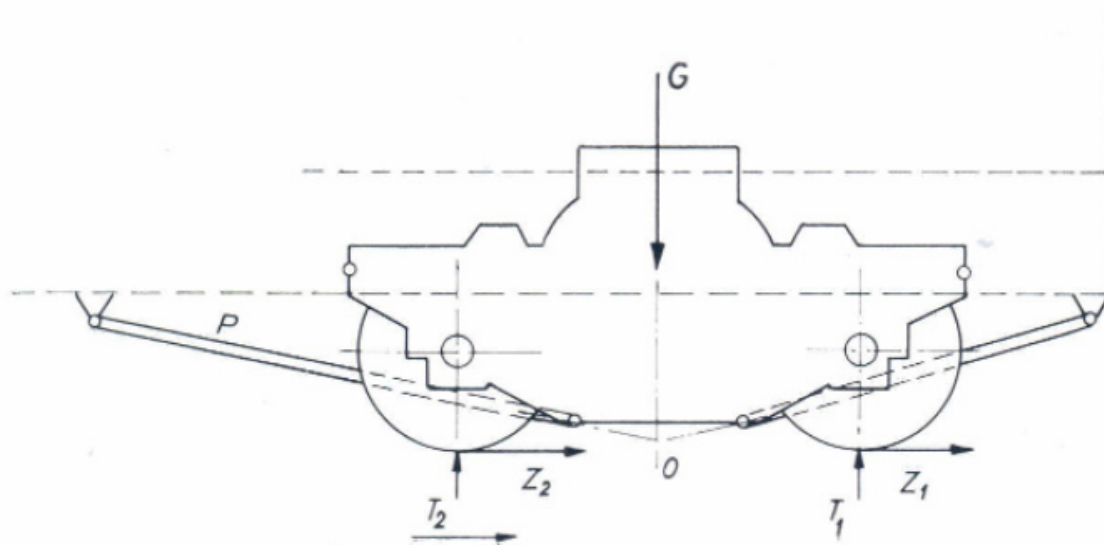


# Jaquemin-fváz erőátadása



4. ábra. A szekrényfelfüggesztés

1 – csukló a szekrényen, 2 – lengő rúd, 3 – csukló a himbán, 4 – himba, 5 – rúd, 6 – csukló a szekrényen, 7 – csúszótám

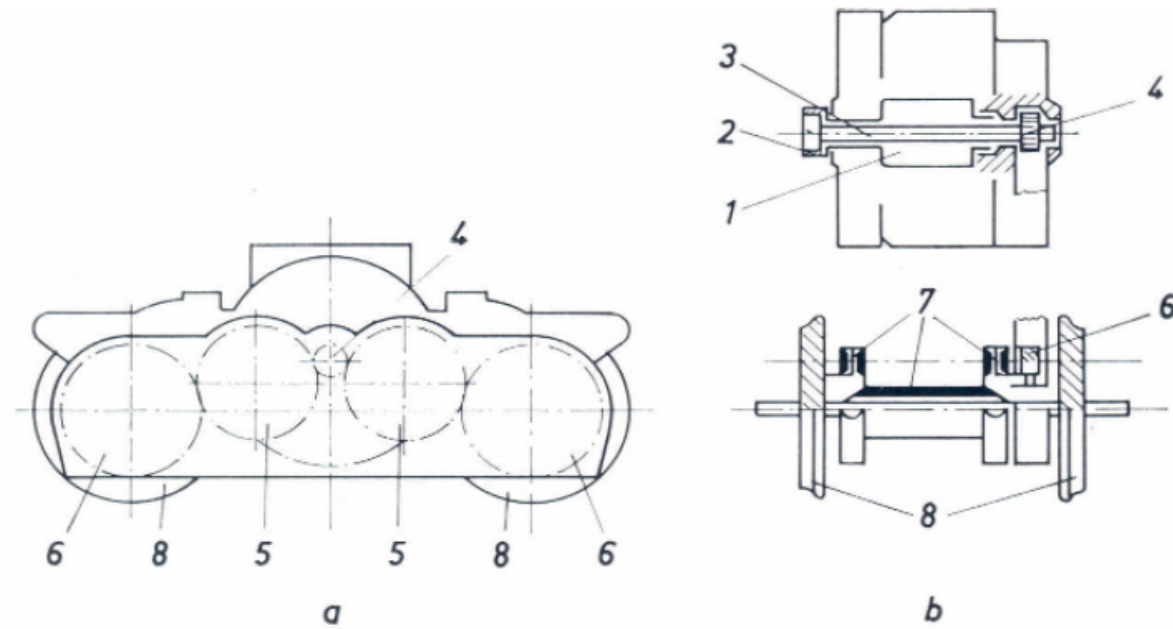


5. ábra. A vonóerőt átvivő rudazat

$G$  mozdónysúly része,  $Z_1$   $Z_2$  vonóerő tengelyenként,  $T_1$ ,  $T_2$  = tengelynyomások,  $\rightarrow$  a mozdony haladási iránya

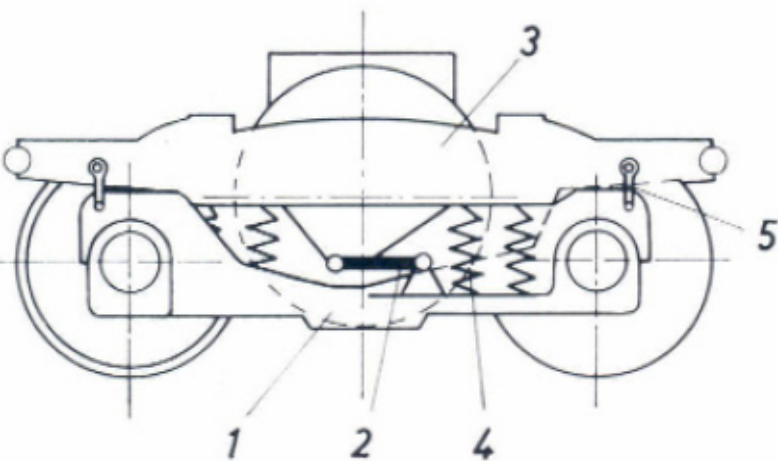


# Jaquemin-fváz



2. ábra. Az egymotoros forgóváz felépítése a nyomatékátvitel szempontjából

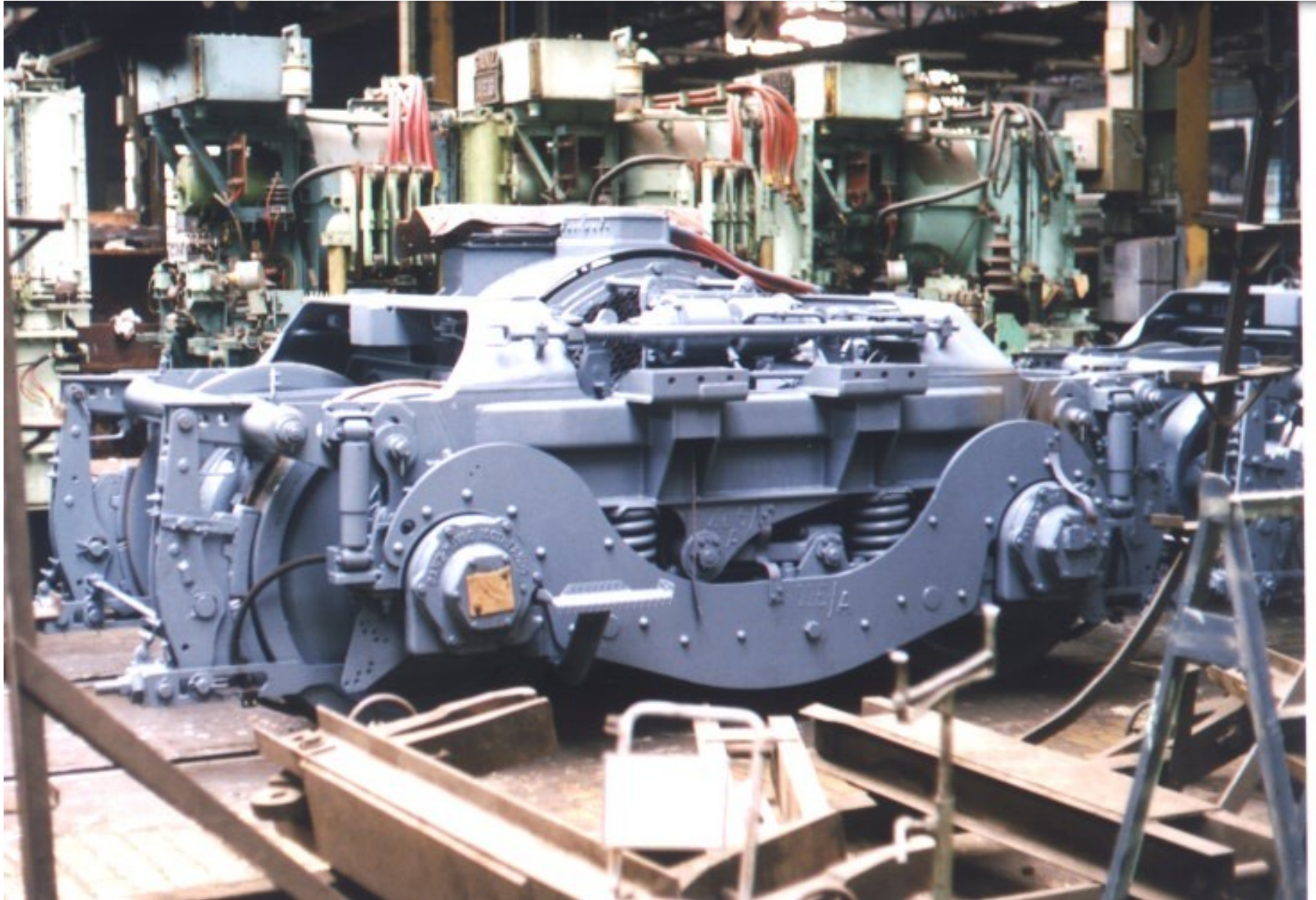
a – k oldalnézet, b – előlnézet felemelt motorral, közvetítő fogaskerék nélkül,  
1 – motortengely, 2 – torziós rugózás, 3 – tengely, 4 – kisfogaskerék, 5 – közvetítő fogaskerék, 6 – hajtott fogaskoszorú, 7 – üreges tengely a kardáncsuklókkal, 8 – kerékpár



3. ábra. A forgóváz rugózása

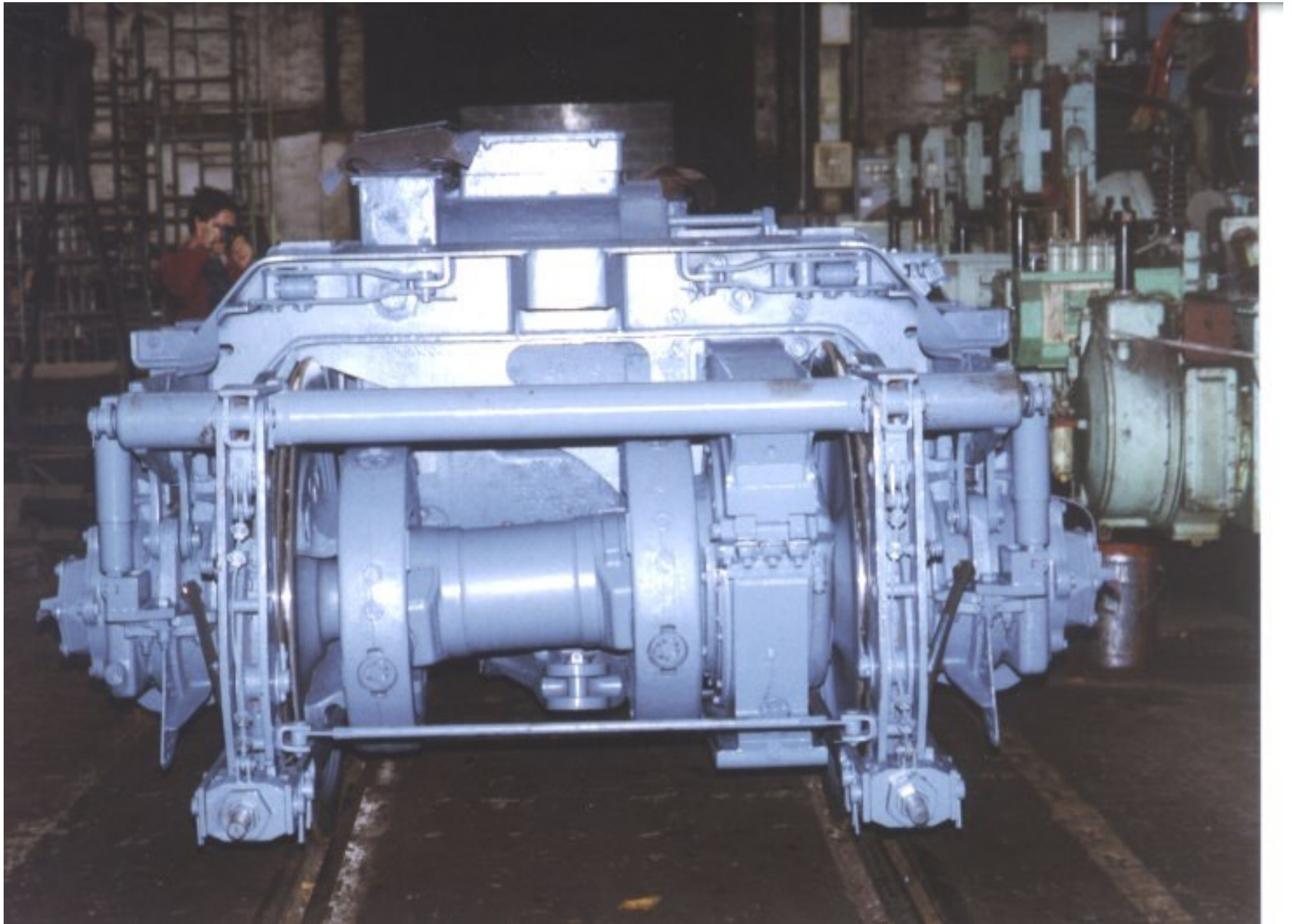
1 – kerékpár a himbával, 2 – összekötő rudak, 3 – motor a tartószerkezettel, 4 – rugók, 5 – lengéscsillapítók

# Jaquemin-fváz

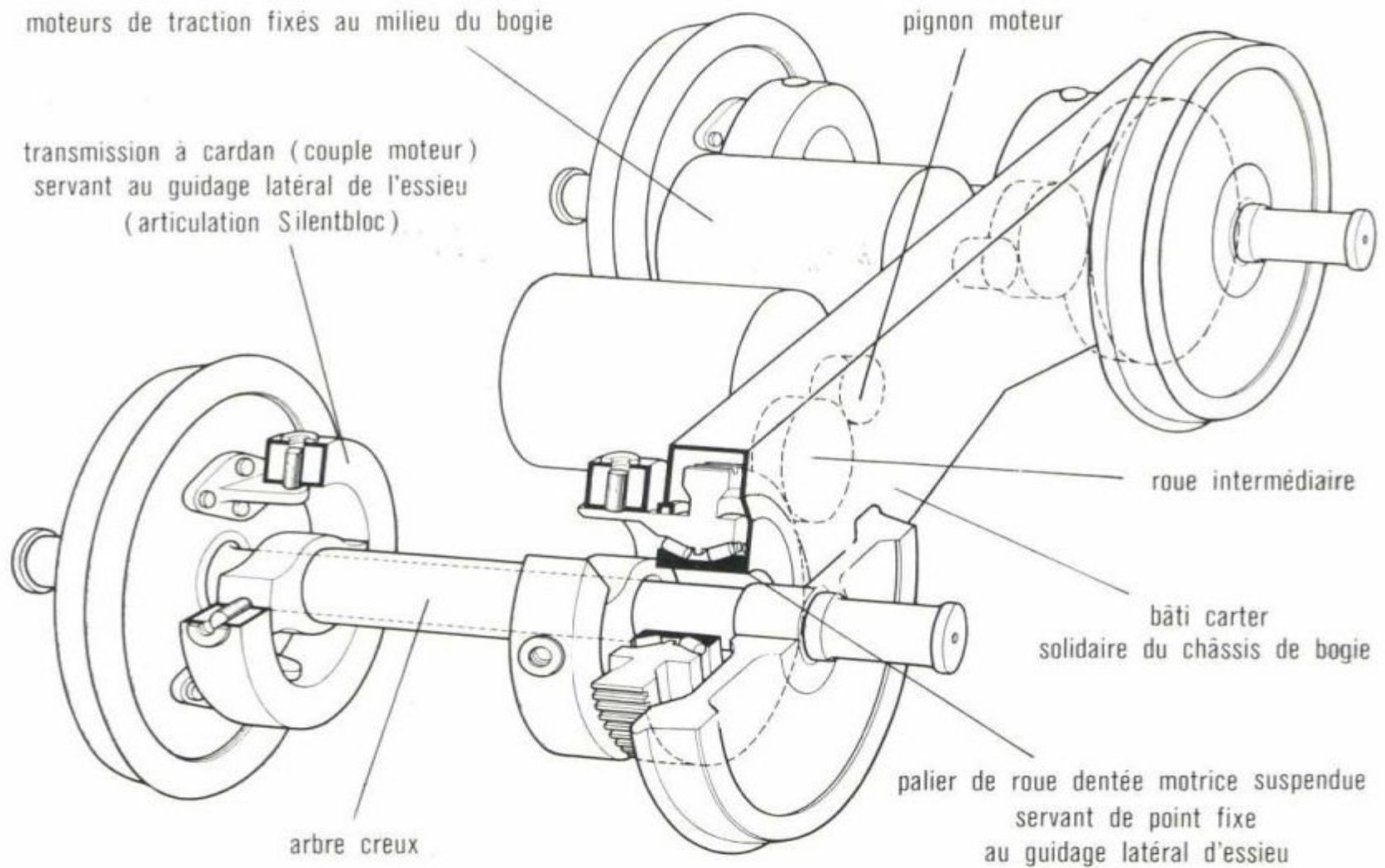




# Jaquemin-fváz

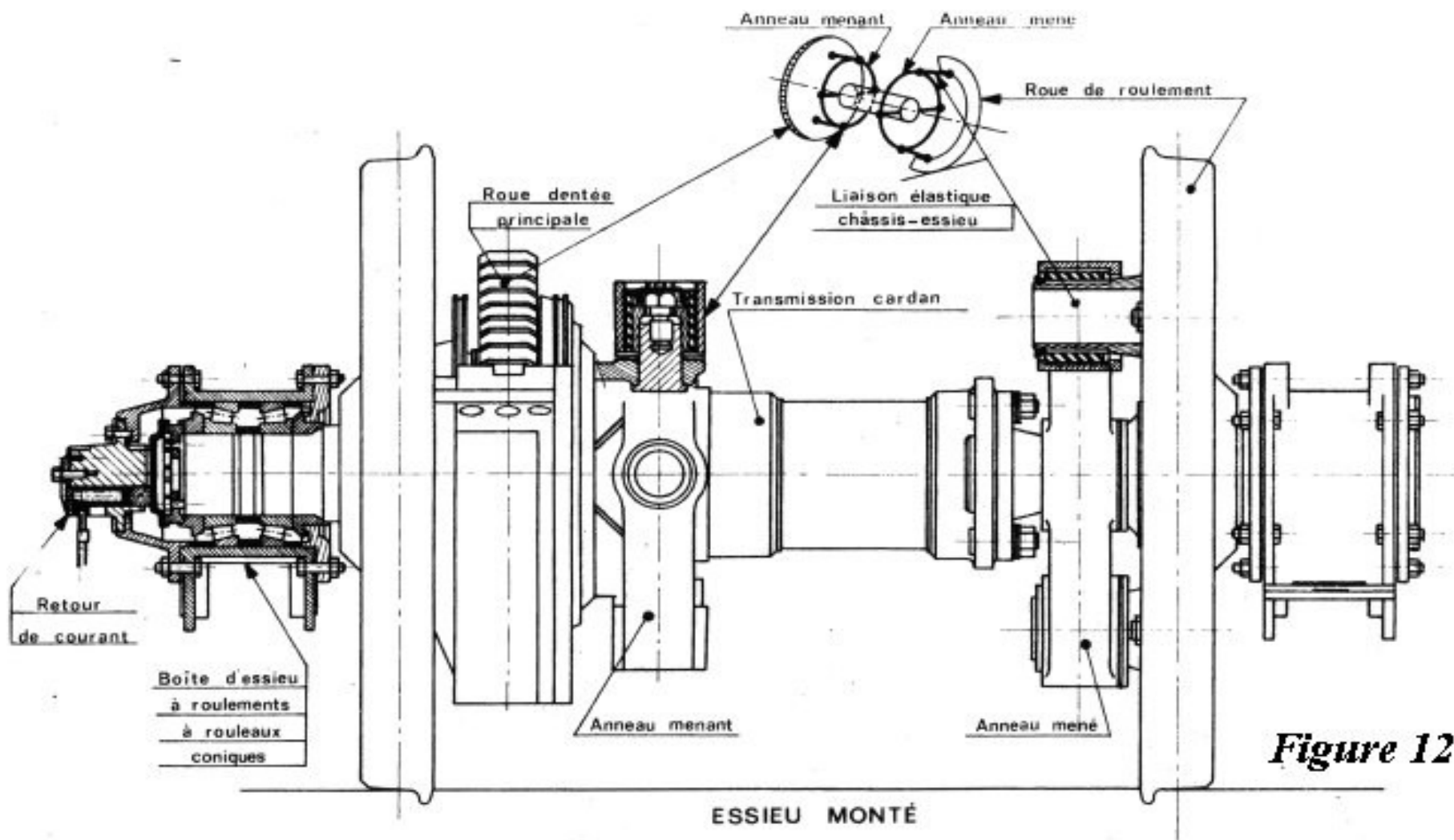


# Teljesen rugózott **csoport**hajtás: Jaquemin-fváz

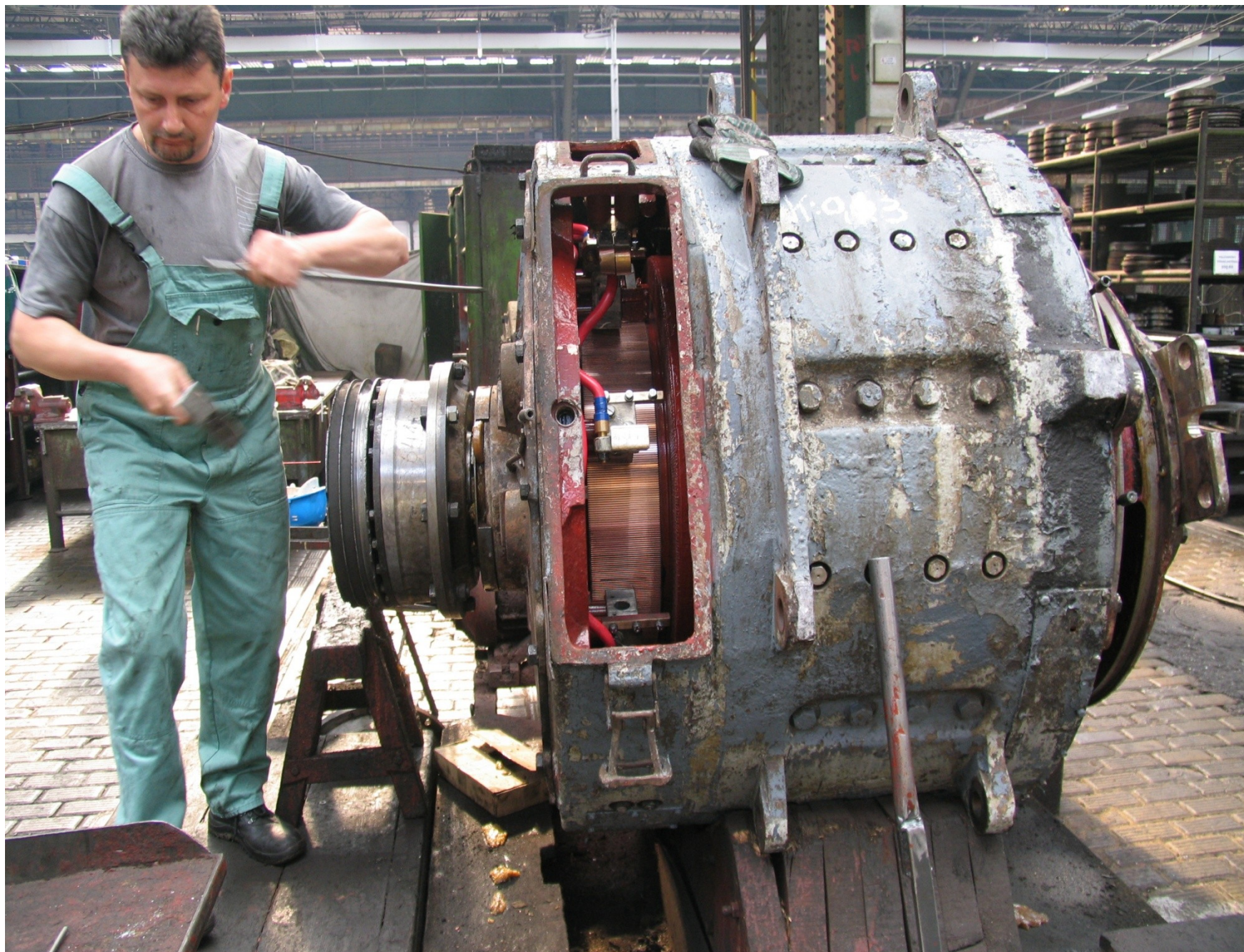




# Teljesen rugózott (csoportthajtás): Jaquemin-fváz, a kardántengely



# SW motor



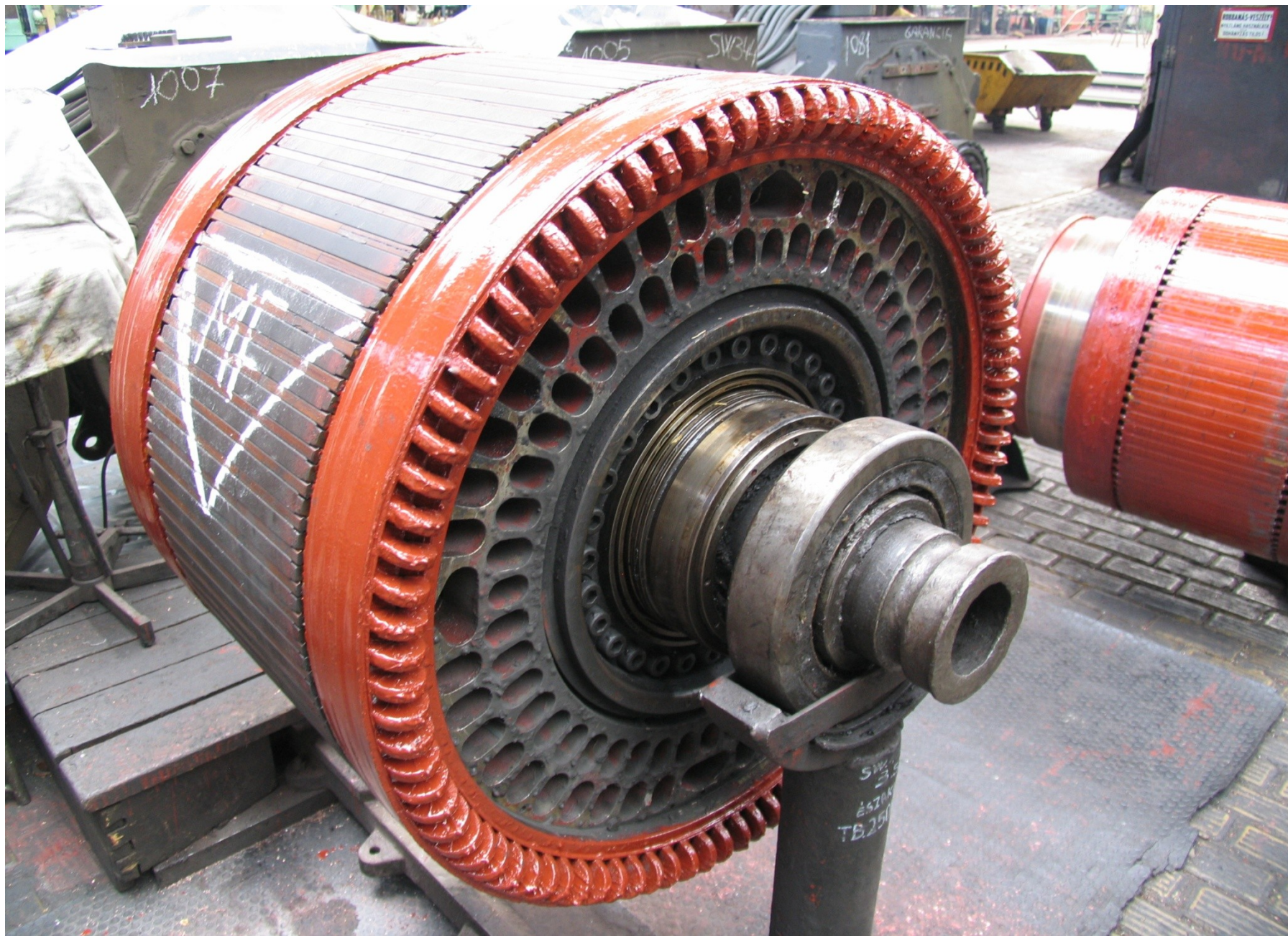


# SW motor kihajtó tengelye



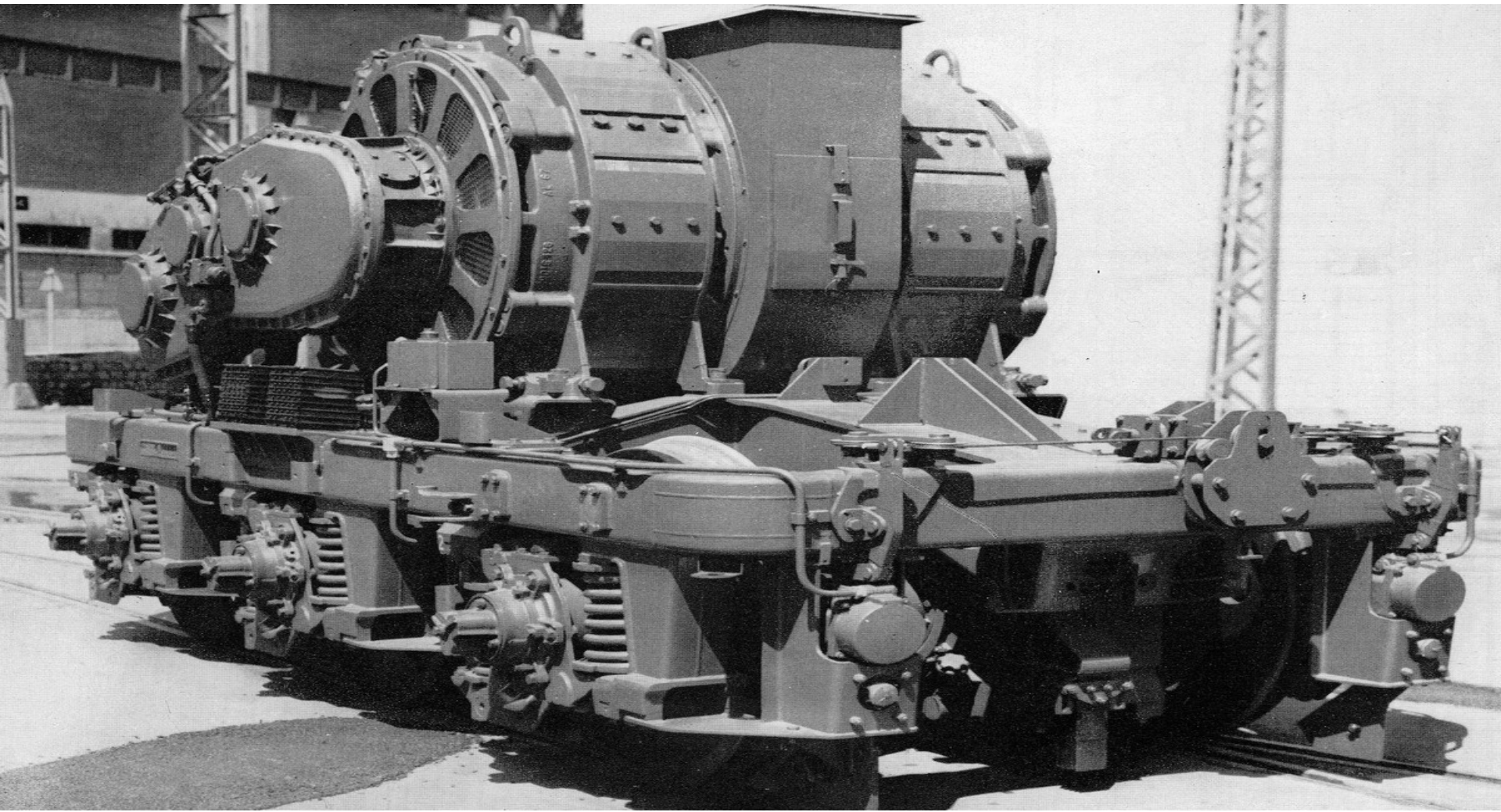


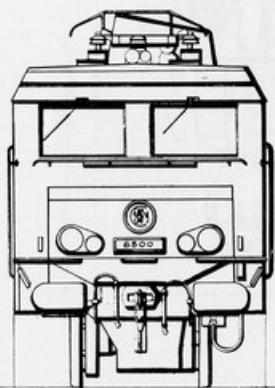
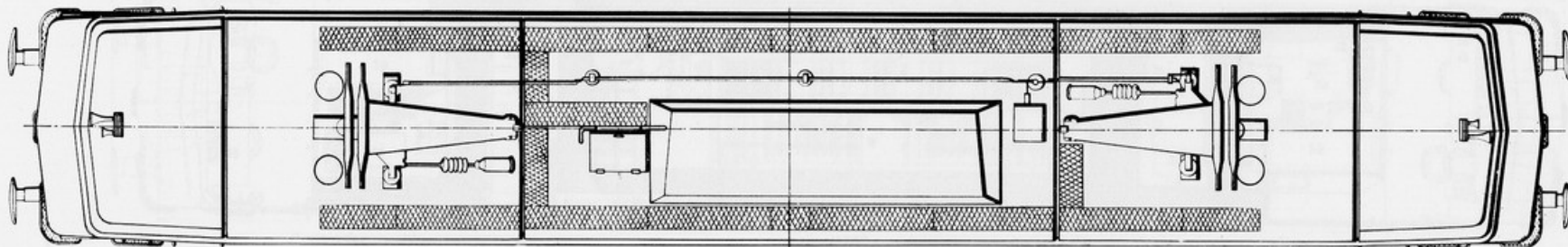
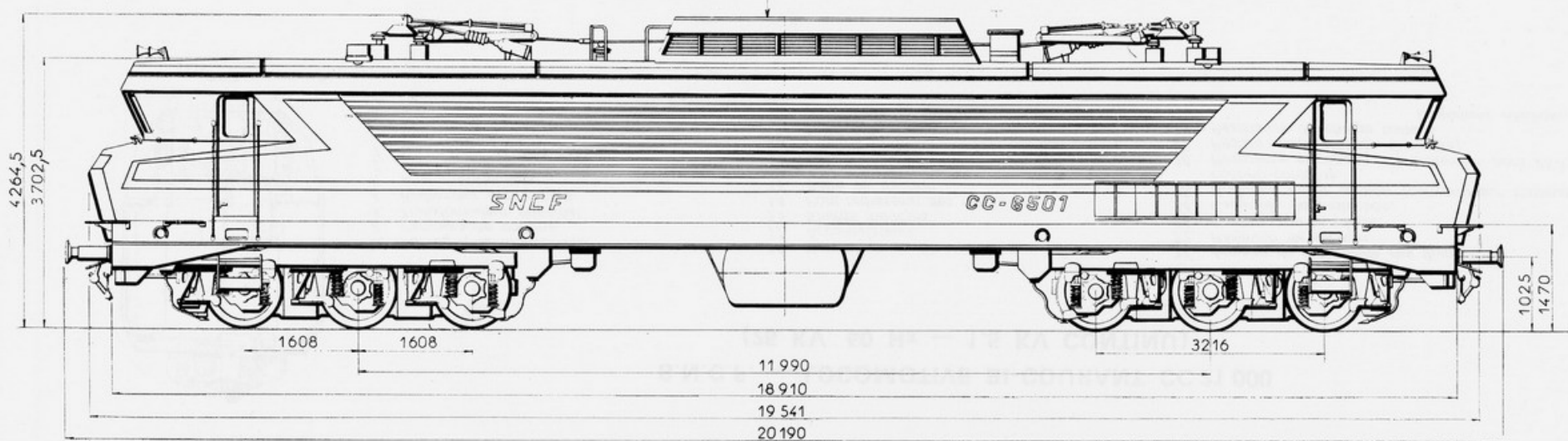
# SW motor forgórész





# Háromtengelyű csoportajtás, iker DC motorokkal





2952

3002 hors persiennes

## LOCOMOTIVE CC 6 500

*Au-dessus : Vue en élévation.*

*Au milieu : Vue par en dessus.*

*A gauche : Vue de la face avant de la locomotive.*

*On notera que cette planche représente une des locomotives CC 6501 et CC 6502, la position des bandes orange et leur forme différant à partir de la CC 6503. Voir les planches des pages 110 e 111.*

*Document Alsthom.*

Kerekenkénti, részben rugózott hajtás, alacsony padlóhoz





# Dízel-villamos mozdonyok

New diesel locomotive Siemens Vectron DE with MTU traction system for EU IIIB emission stage



**Who:** Siemens AG, German rail vehicle manufacturer

**What:** EU IIIB-certified diesel engine of type 16V 4000 R84 for driving the new diesel locomotive Vectron DE

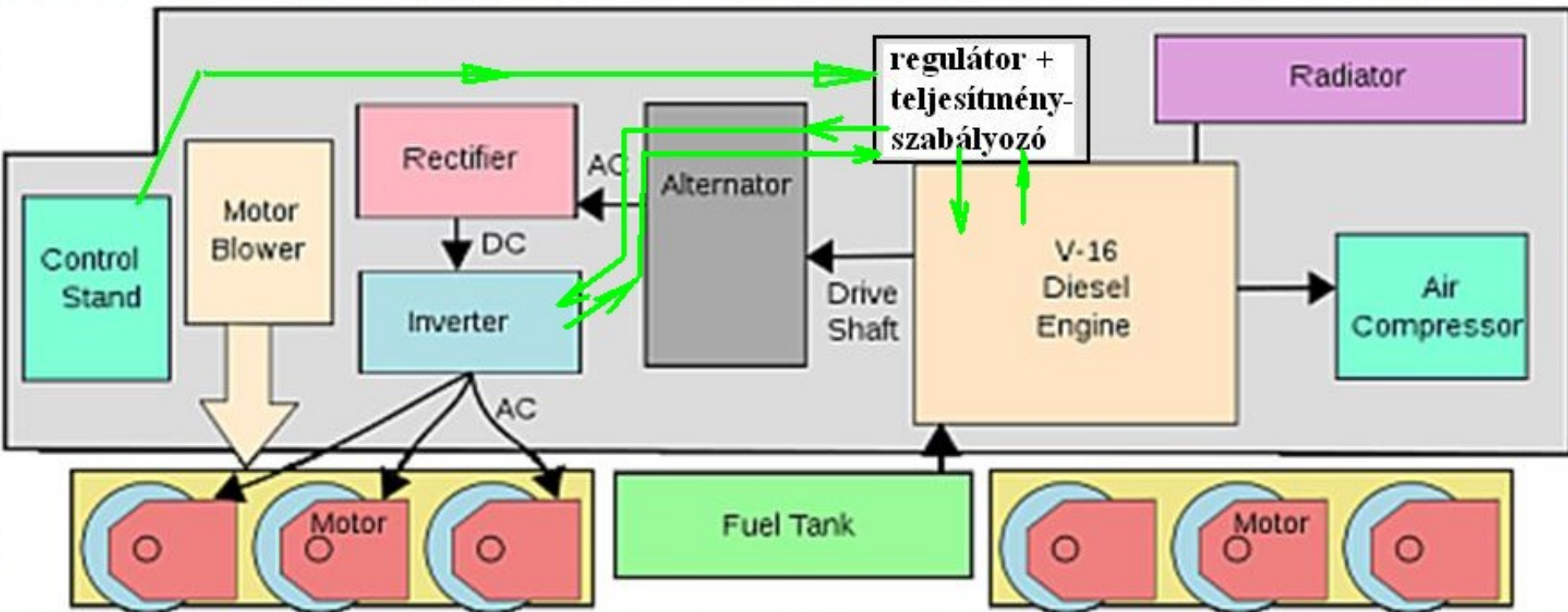
**Why:** Compact, powerful and reliable drive

**Where:** Munich, Bavaria, Germany





# Dízel-villamos mozdonyok elvi felépítése, tömbvázlata



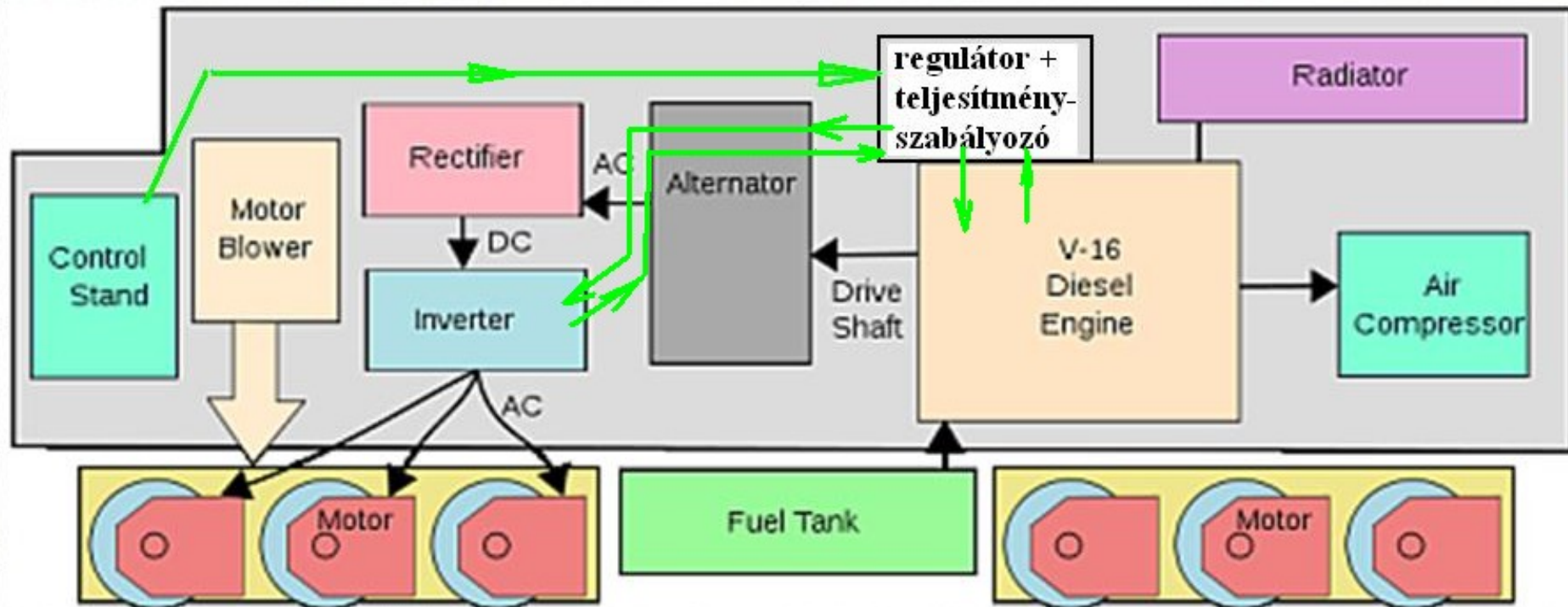
# Dízel-villamos mozdonyok korszerű irányítási elvének alapjai

A vezérkontroller (egyetlen kezelőeszköz) irányító jelei :

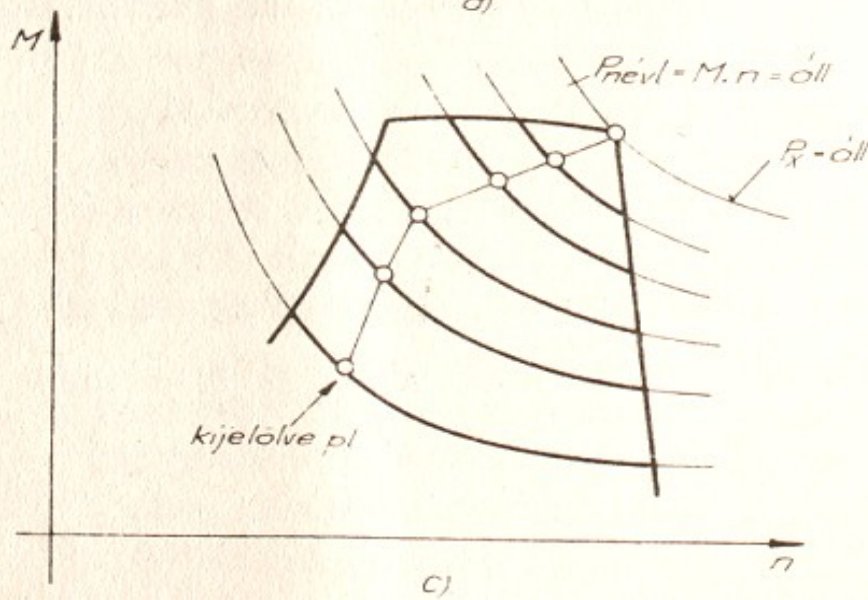
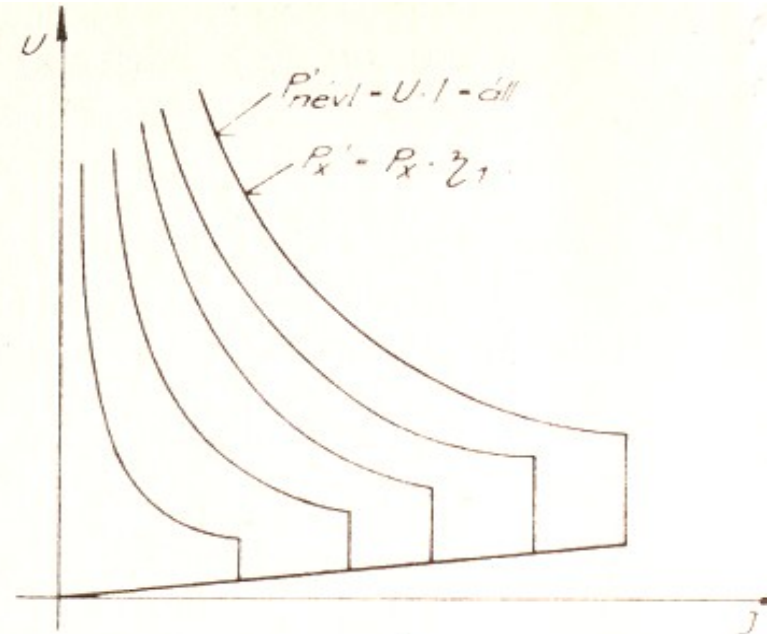
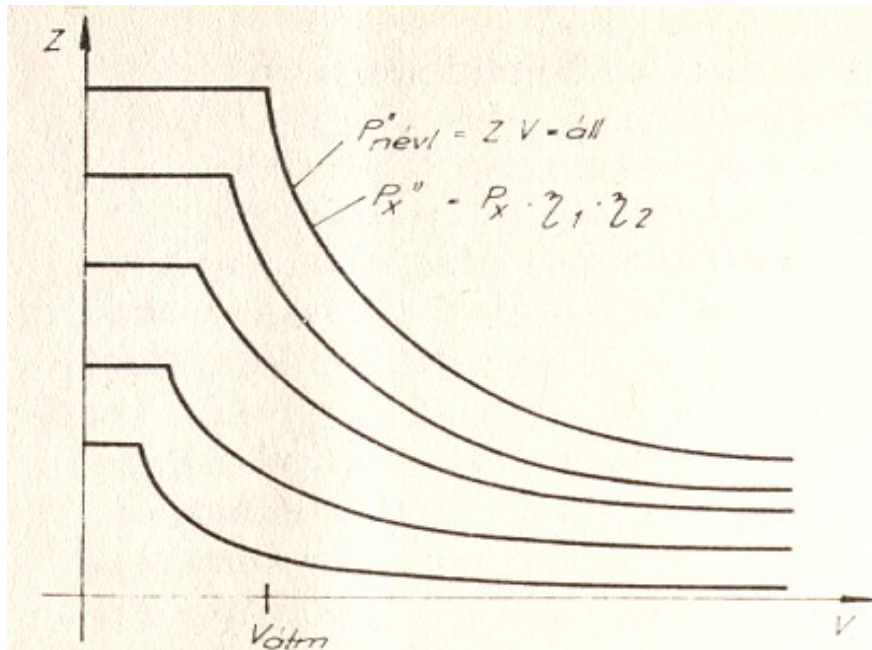
- **vontatási teljesítmény-alapjel**, diszkrét vagy folytonos  $P_{vont}$  (kW) értékekkel,
- *a  $P_{vont}$ -hoz illesztve a dízelmotor fordulatszám-alapjele*, diszkrét értékekkel,
- **indító vonóerő-alapjel**, kN, folyamatos jelleggel .

Ezeket a **regulátor+teljesítményszabályozó**, „governor”, fogadja és a szabályozó körökkel végrehajtatja. Adott  $P_{vont}$ -ból változó sebességen  $Z=P/v$  hiperbola lesz.

Továbbá: a mozdony gyártmányától függő vezérlési feladatok kiadása.



# A Dm-, a generátor- és a vontatási részteljesítmények kapcsolata, vezérkontroller-fokozatonként

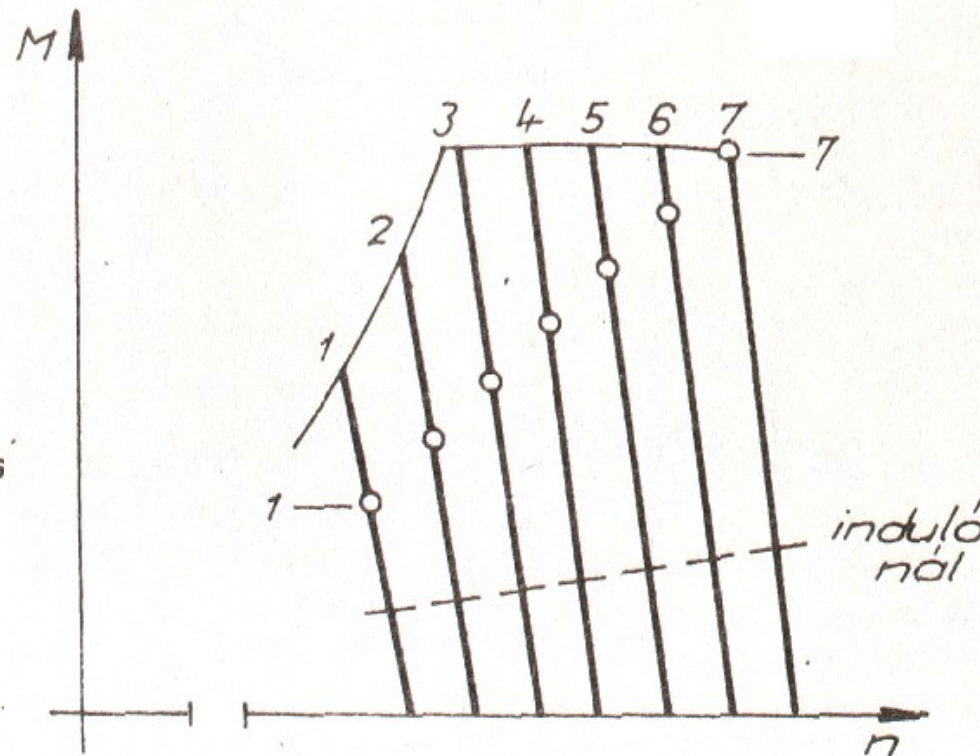
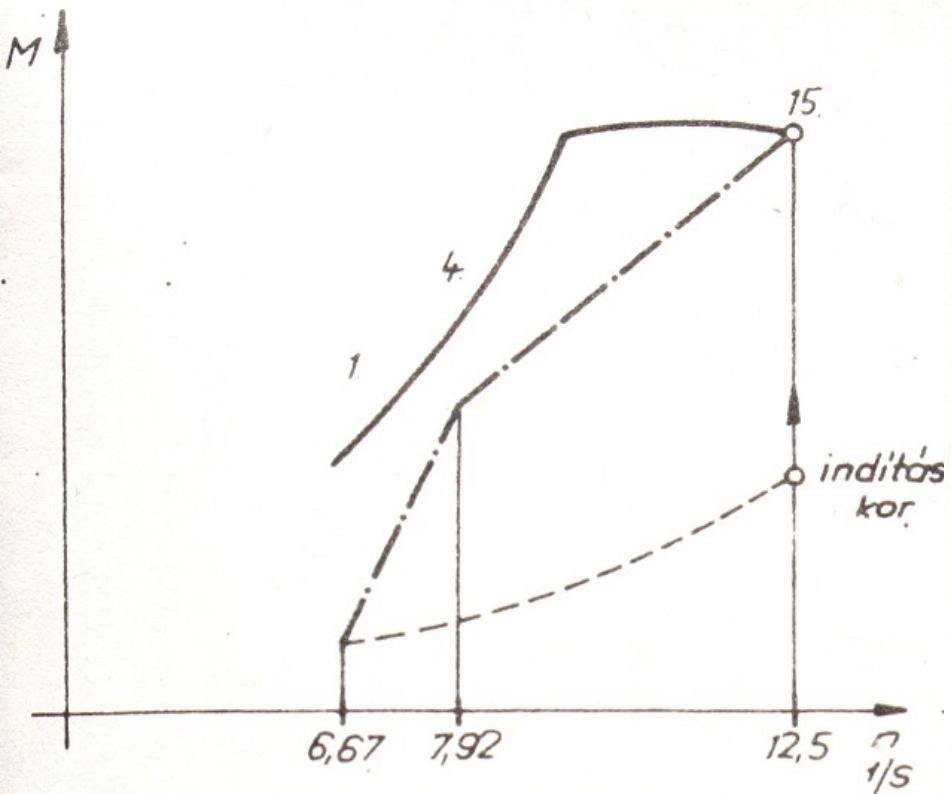


Bármely Dm munkaponthoz Dm-teljesítmény tartozik, ez pedig egy vonóerőgörbét jelent.

A generátor  $U$ - $I$  mezejében a  $P=U \cdot I$  szorzat hiperbola, kivéve az  $U=IR$  egyenest, és a rövid  $I=\text{áll}$  szakaszokat. Ezek a  $Z=\text{áll}$  szakaszoknak felelnek meg.

$Z_{\max}$ -hoz  $n_{\max}$ -t rendelnek, ha a hűtőventillátorok hajtása mechanikus.

# Teljesítménykiosztás az M61, M62 és az M40 mozdonyokban (M61: hasonló, de a $Dm$ $n$ értékei kisebbek)





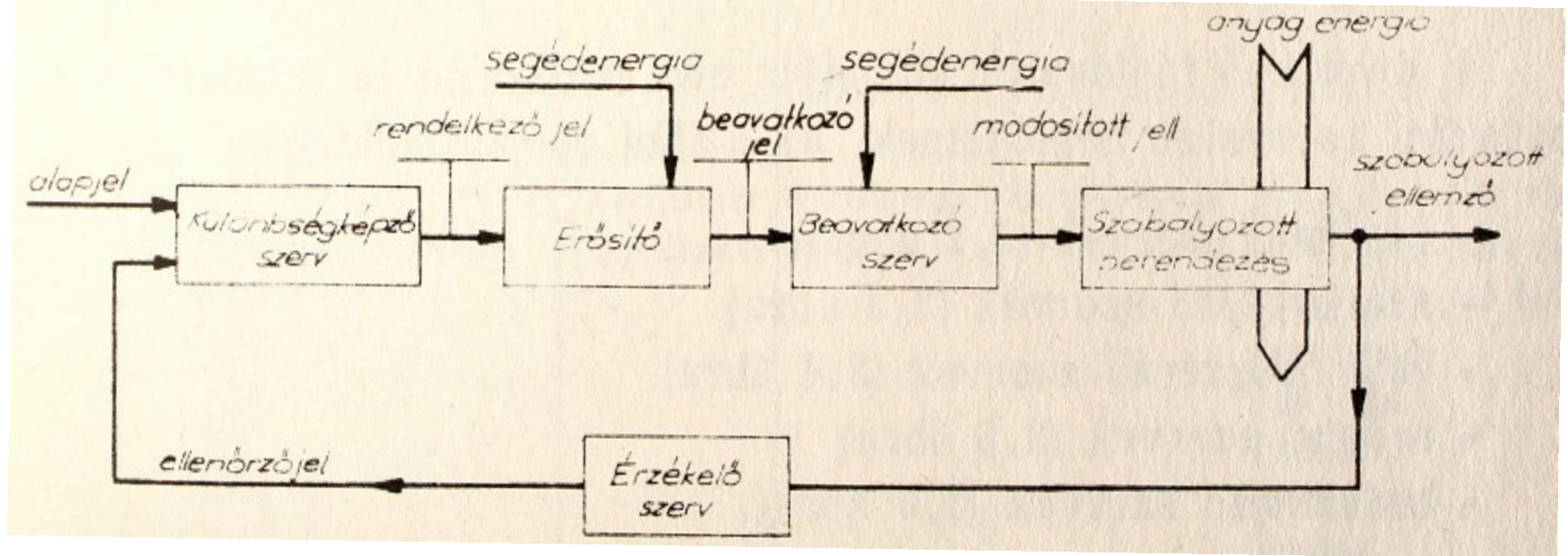
## A regulátor+teljesítményszabályozó feladata

- *Fogadja az alapjeleket (**P**, **n**, **Z**) a vezérkontrollerrel előírva, annak pozíciója szerint.*
- *Beállítja az pozícióhoz tartozó  $D_m$ –fordulatszámot, és azt szabályozással – a töltést változtatva - fenntartja.*
- *Álló, és induló mozdonynál a **Z** értékét a pozícióval előírtra szabályozza, áramszabályozással. Ehhez az alacsony villamos teljesítmény kiadódik, közben az **n** értéke a kontroller pozíciótól függ.*
- *Menetben: a  $D_m$  **n** értéke a kontrollertől függ. A  $P_v$ ont villamos teljesítményt is jelent, amelyet a generátor sarkain mérve állapít meg, és gerjesztést változtatva szabályoz az előírtra.*  
*A  $D_m$  töltését a regulátor az **n** szabályozásához változtatja, ezzel biztosítja a terhelés változása ellenére az **n** előírt értékét. Ez a funkció mindig fennáll, védelmi okok miatt is.*

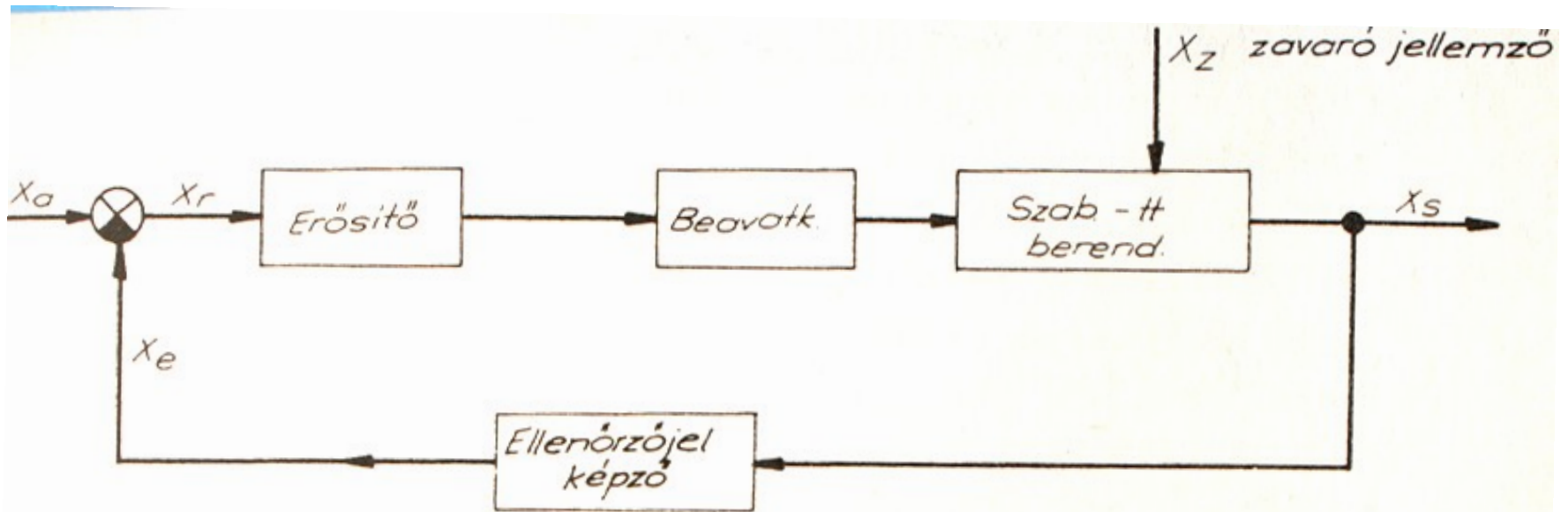
## A szabályozás működésének elve:

- **A tervezéskor** a **P** és **n** növekvő értékeit az **M-n** mezőben rendelték össze, írták elő egy **P=f(n)** függvénnyel, amelyből *ma szoftveresen*, *régen beépített mechanizmussal* jelölték ki **n**-hez a **P** és a szükséges töltés összetartozó értékeit, ld ábra.
  - **Ma** a szabályozás a **P** előírt értékét a hiperbolikus szakaszon *villamosan kikényszeríti*, és a töltés lesz kiadódó, az **n** tartásához épp szükséges értéken, de 100% alatt. Ez az újabb elv, az M63 stb. alkalmazza.
- Ha az előírt*, illetve a névleges *töltést túllépné* motorhiba stb. miatt, a *regulátor ezt észleli*, és a **P** előírt értékét villamos beavatkozással addig csökkenti, míg az előírt töltés értéket fentről csökkentve vissza nem nyeri,
- tehát *egy előírt töltés-szintre szabályozási feladat is működik* az M40, M61, M62-ben. Ezek az ún. *regulátoros szabályozási rendszerű* mozdonyok, kb. 1945-től (Woodward Ltd.) Finom töltés-érzékelési mechanizmussal épültek, s a töltés előírt értékéhez rendelték a tolattyú zárt helyzetét.

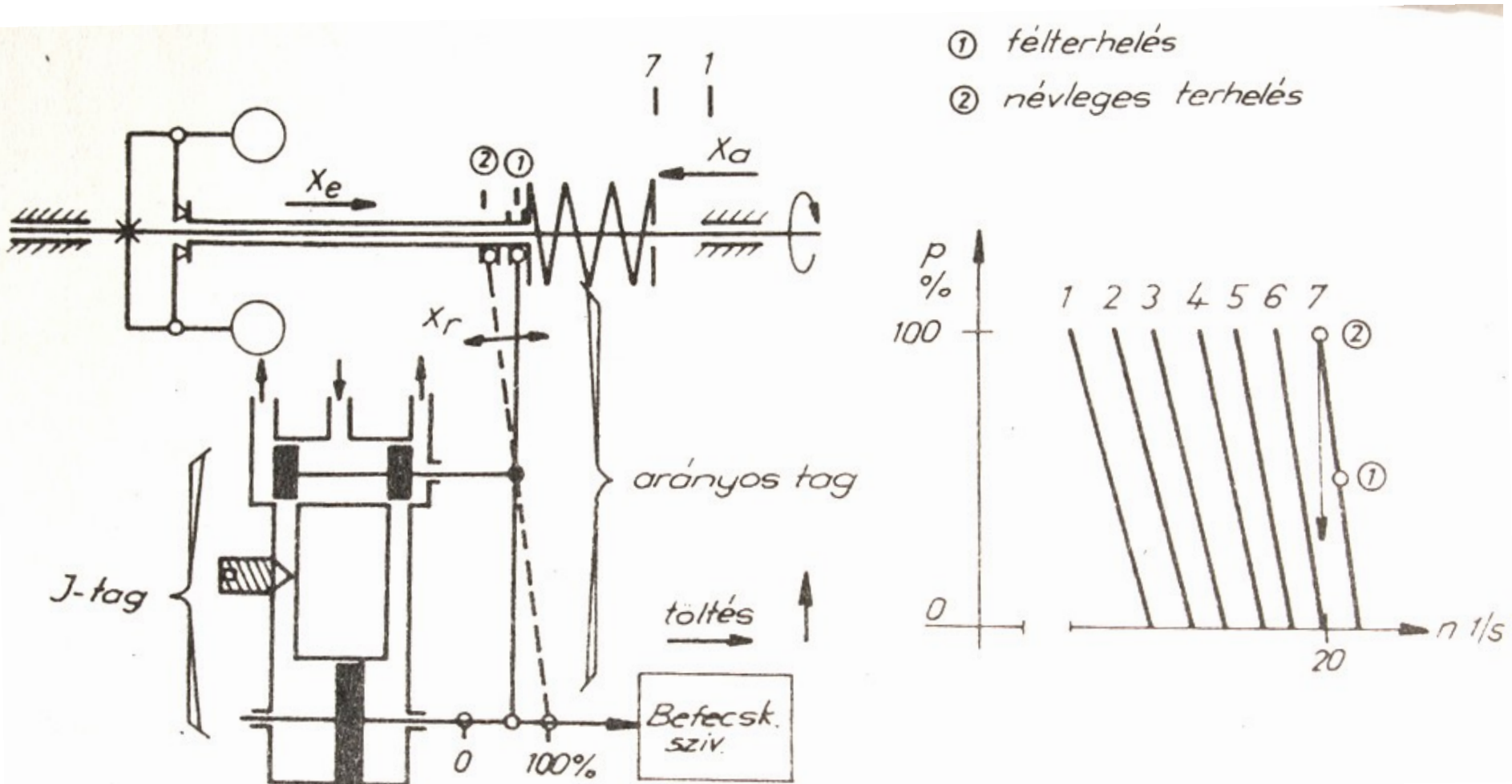
# Egyszerű ábrázolású szabályozási kör



• és hatásvázlata:

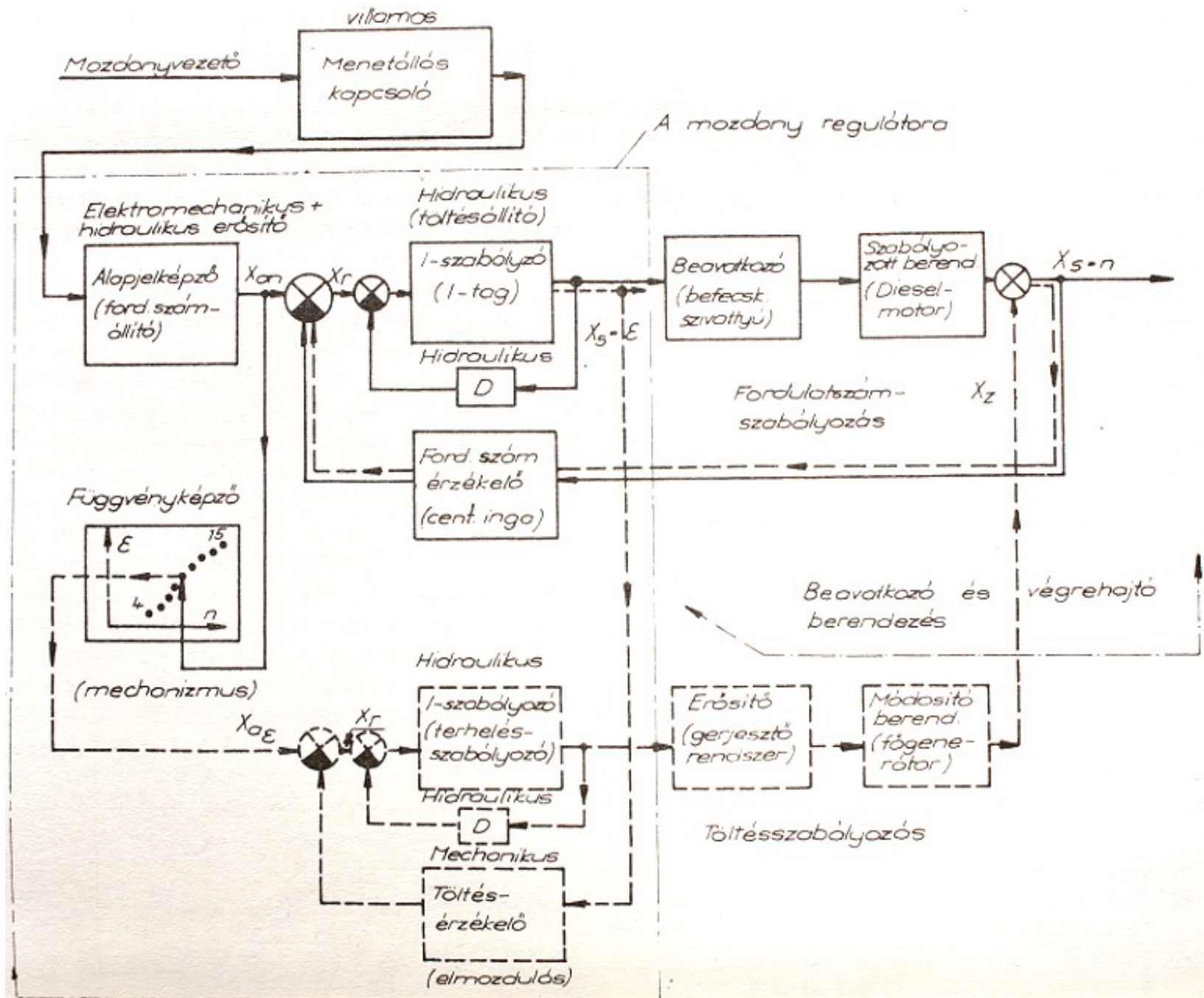


# Hidraulikus erősítő regulátor elve az M40 mozdonyban, 7 n-fokozattal

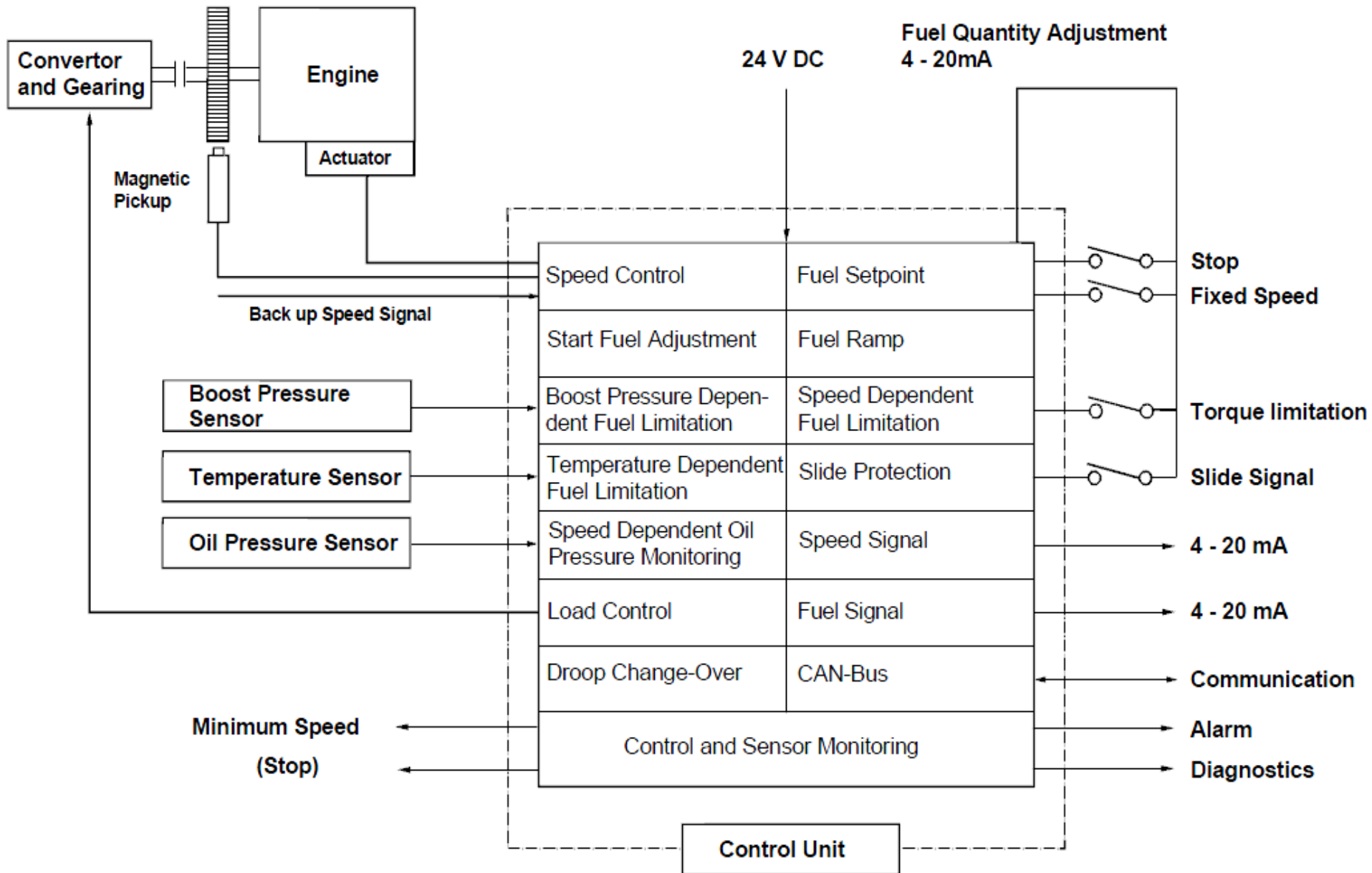




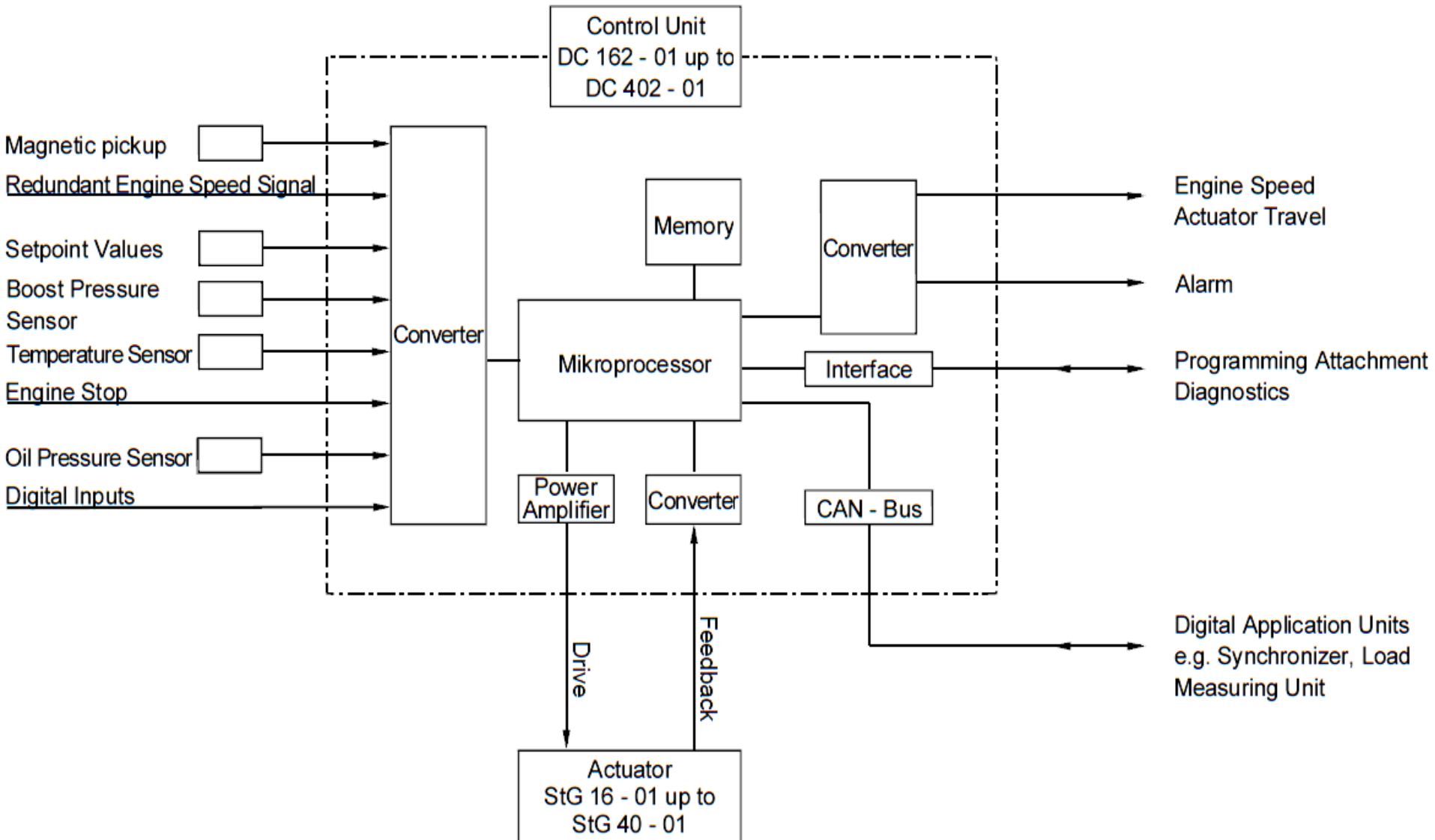
# Az M61, M62 mozdonyok regulátoros fordulatszám- és teljesítmény-szabályozásának elve



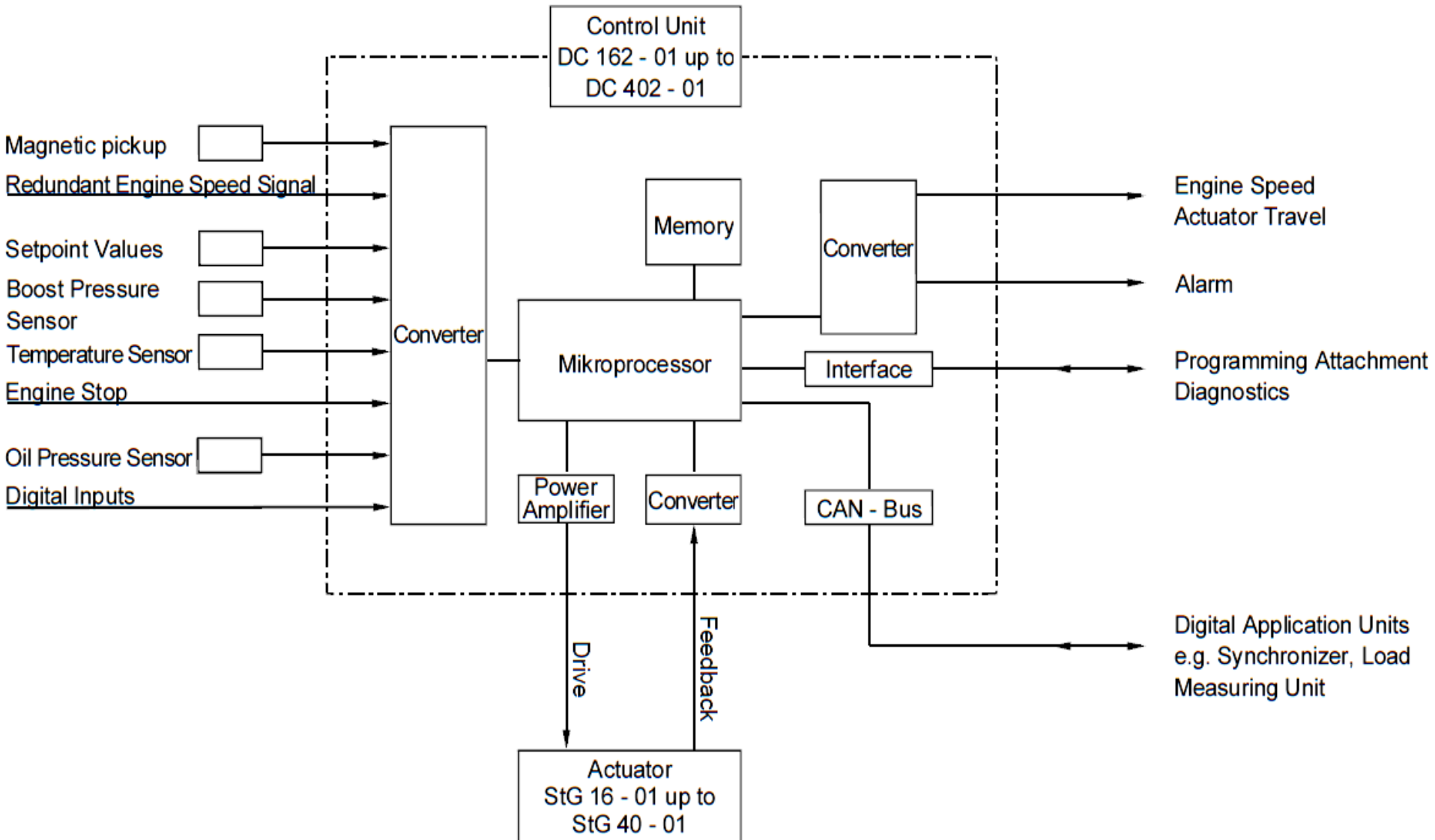
# Elektronikus regulátor D-hidr. mozdonyhoz



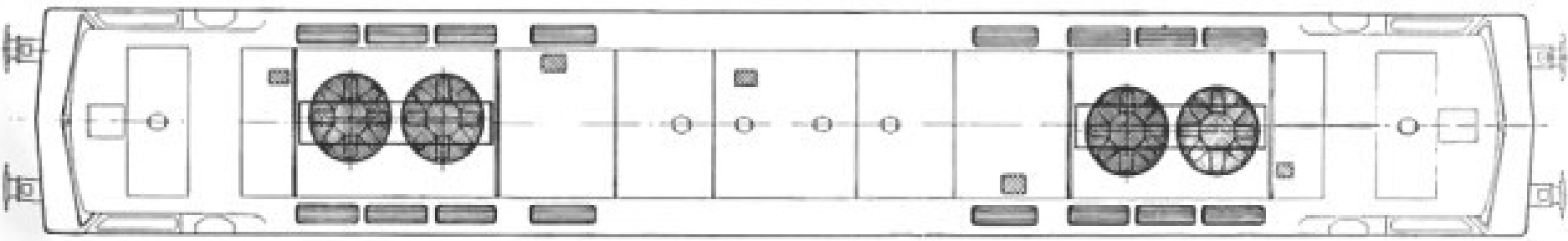
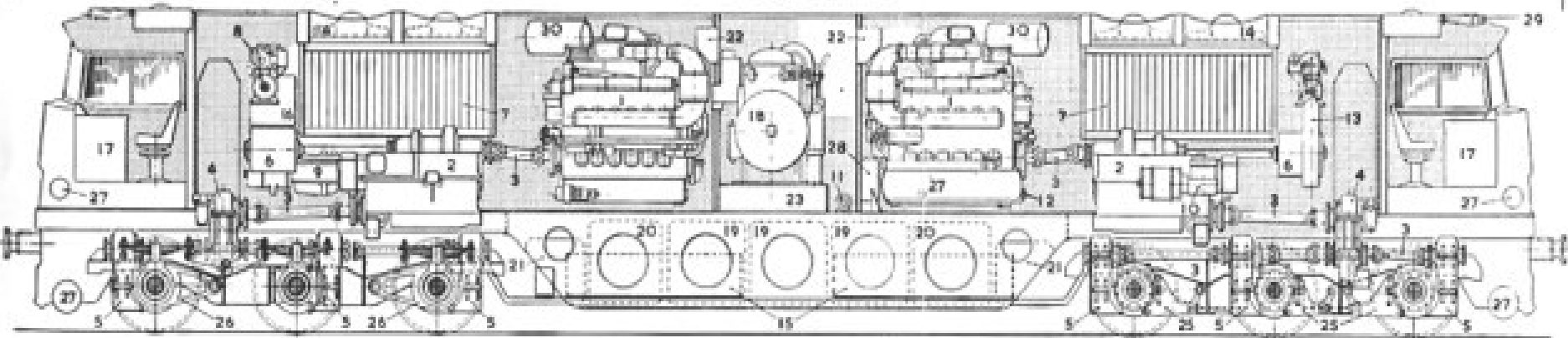
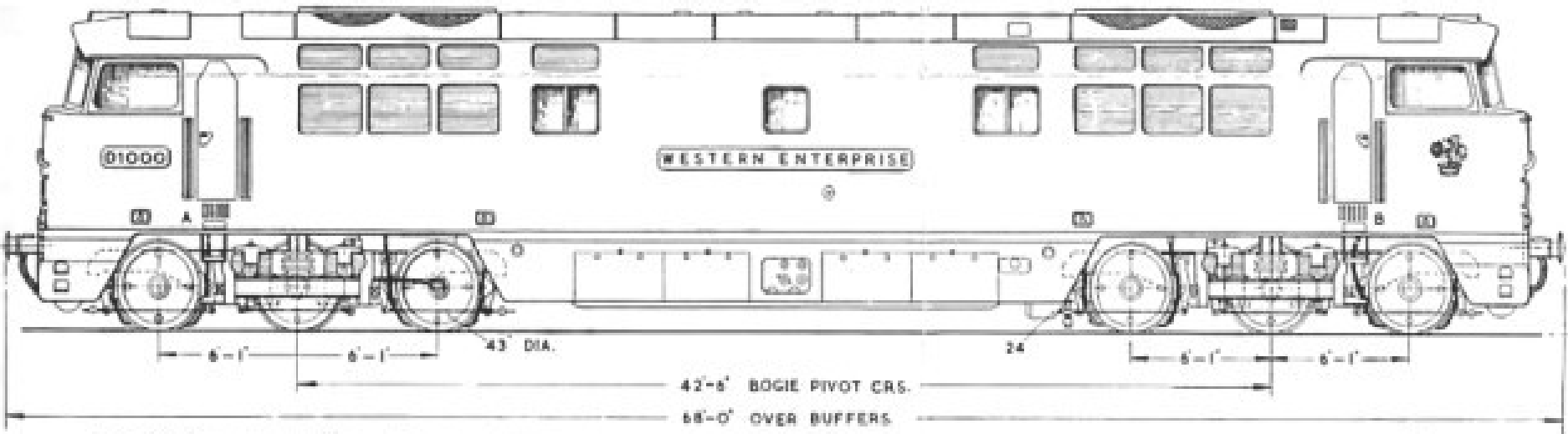
# Elektronikus regulátor tömbvázlata (Heinzmann)



# Elektronikus regulátor tömbvázlata (Heinzmann)









# Villamos erőátvitelű óriás dömper, 220 t raksúllyal

Water Cooling Pump

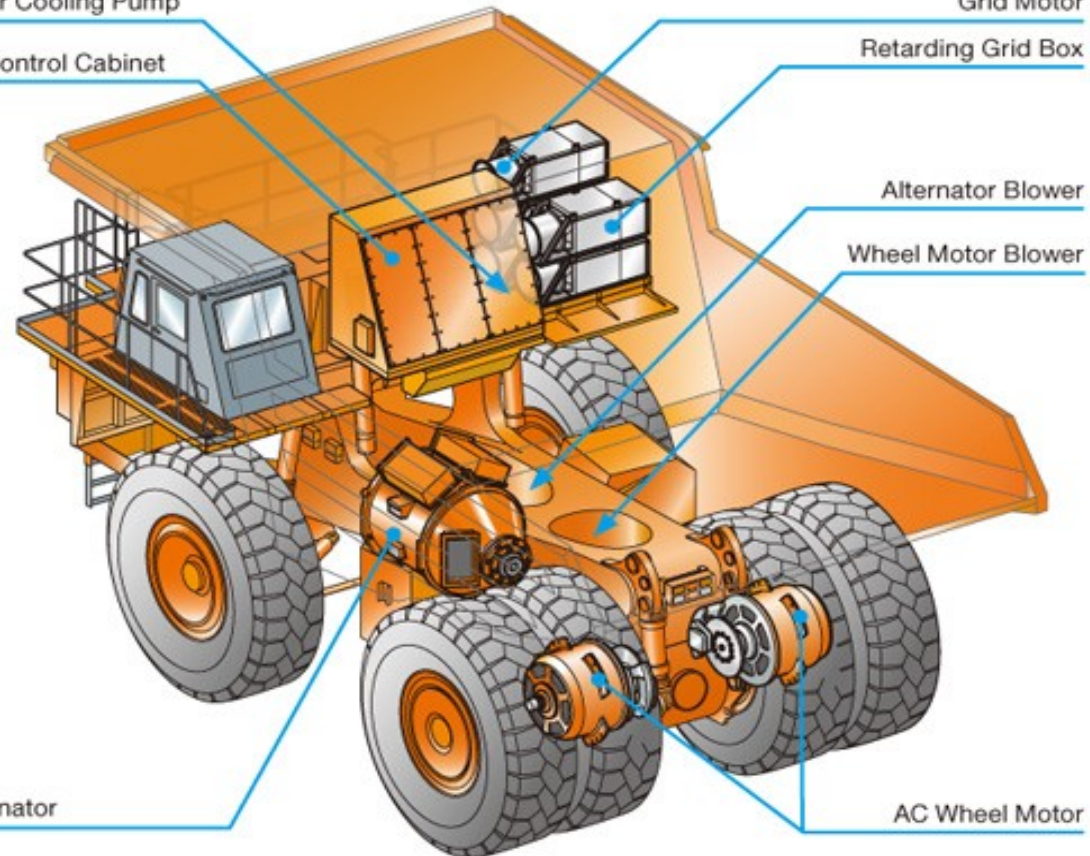
AC Control Cabinet

Grid Motor

Retarding Grid Box

Alternator Blower

Wheel Motor Blower



Alternator

AC Wheel Motor

## Features & Specs

<b>Target Gross Machine Operating Weight (TGMOW)</b>	846,575 lb. (384 000 kg)
<b>Net Machine Weight</b>	359,353 lb. (163 000 kg)
<b>Nominal Payload</b>	243.6 tons (221 tonnes)
<b>Tires</b>	46/90R57
<b>Engine</b>	Cummins QSKTA60-CE (Optional: MTU 16V4000 C21)
<b>Power</b>	2,500 hp (1864 kW)
<b>Drive</b>	Hitachi Advanced AC-Drive System, IGBT













# Dízel-villamos hajtásrendszerű szállítómű



[Saturn IB](#) and [Saturn V](#) rockets  
[Space Shuttle](#) from 1981 to 2011. The  
turn to the pad to take the platform

nts designed and built by [Rockwell](#)  
ecame the largest self-powered land  
[cable excavators](#) like [Big Muskie](#)  
ces.

---

in each corner.<sup>[1]</sup> Each track has 57  
oy 114 ft). The height from ground  
and lowered independently of the  
[Inch Platform](#) level within 10  
the launch site.<sup>[4]</sup> A separate laser  
platform are positioned in the VAB or  
e.<sup>[6]</sup>

o the Motor Control Center, which  
major systems on board, a new

## Crawler-transporter



### Overview

**Manufacturer** [Marion Power Shovel](#)

**Model years** 1965

### Powertrain

**Engine** 2 × 2,050 kW (2,750 hp) V16 [ALCO 251C diesel engines](#)  
2 × 750 kW (1,006 hp) generators, driven by two 794 kW (1,065 hp) engines, are used for jacking, steering, lighting, and ventilating.

**Transmission** 16 × traction motors, powered by four 1,000 kW (1,341 hp) generators

### Dimensions

**Length** 40 m (131 ft)

**Width** 35 m (114 ft)

**Height** Adjustable, 6 to 8 m (20 to 26 ft)

**Curb weight** 2,721 t (6,000,000 lb)<sup>[1]</sup>



# Aszinkron motoros ( 2x10 MW) hajóhajtás forgatható motor-felfüggesztéssel









