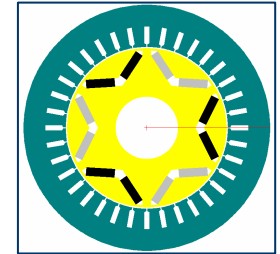


# PMBSG - Permanent Magnet Brushless Motor-Generator

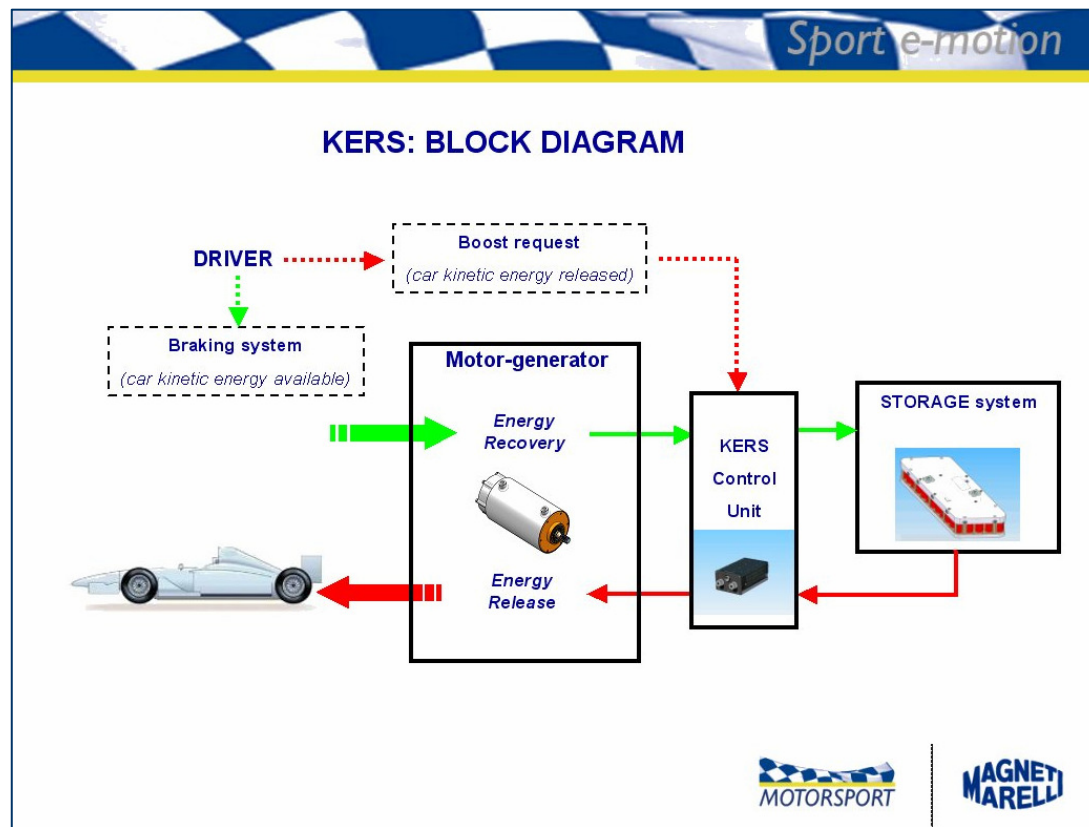
Le macchine elettriche sincrone con magneti permanenti sul rotore si stanno imponendo anche in ambito automobilistico:



- Sportivo → il K.E.R.S. utilizzato nel Campionato di F1
- Trasporto → automobili ibride quali alcuni modelli Toyota, Honda, Citroen.

# PMBSG - Permanent Magnet Brushless Motor-Generator

K.E.R.S. utilizzato nel Campionato di F1 del 2009



# PMBSG - Permanent Magnet Brushless Motor-Generator

- K.E.R.S. utilizzato nel Campionato di F1 del 2009



		
<b>MGU</b> (Motor Generator Unit)	<b>KCU</b> (KERS Control Unit)	<b>BPU</b> (Battery Pack Unit)
<ul style="list-style-type: none"><li>■ liquid cooled permanent magnets brushless motor</li><li>■ max speed: 40000 rpm</li><li>■ max current: 900 A</li><li>■ weight: &lt; 5 kg</li></ul>		

A maximum power boost of 60 kW for 6.67 sec is available in a lap (max output energy: 400 kJ/lap)

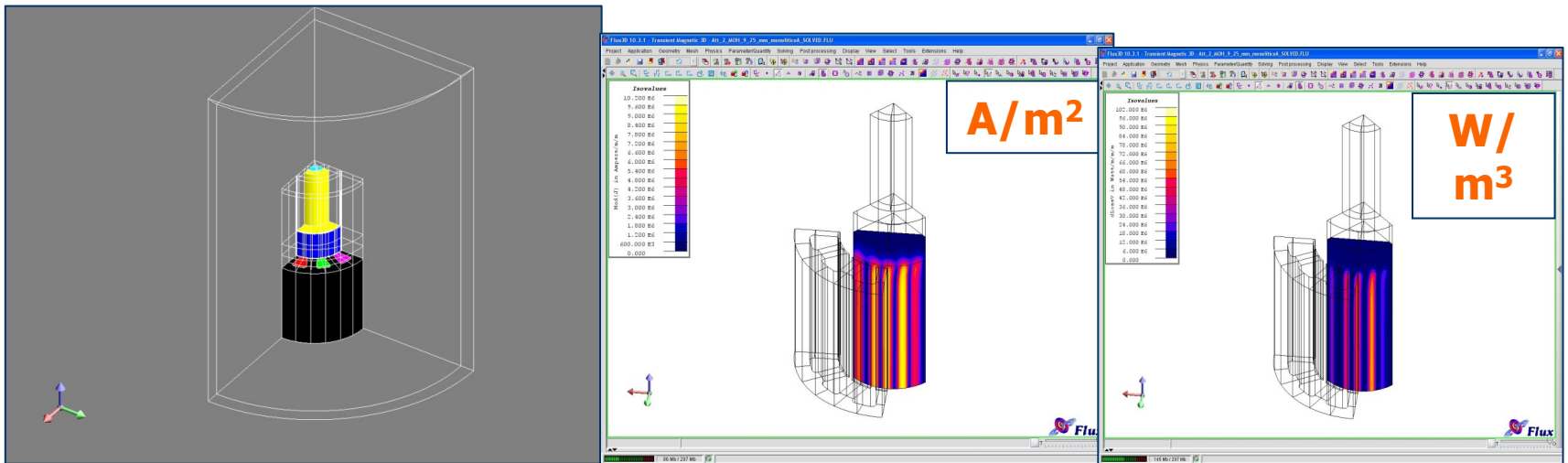
KERS total weight is about 25÷35 kg



# PMBSG - Permanent Magnet Brushless Motor-Generator

## Collaborazione con Magneti Marelli MotorSport:

- Attività di simulazione della MGU con FLUX-3D
- Calcolo delle perdite per eddy-current nei magneti permanenti



# PMBSG - Permanent Magnet Brushless Motor-Generator

## Automobili ibride

### SOFTWARE SOLUTIONS

#### Behavioural Modelling of an Hybrid Car Using the System Simulator Portunus.

Ozge Oz, Bertrand du Peloux, CEDRAT Group.

Behavioural modelling of an hybrid car shows the benefits designers can derive from using a system simulator. Using a comprehensive environment such as that provided by Portunus allows the designer to build a complete model which includes the mechanical and electrical part of the system, but also command laws, motor drives and system management thanks to block diagrams and state machines.

The Toyota Prius II is a challenging subject as it involves a complex serial/parallel hybridisation strategy designed to optimize the system in order to obtain optimal performance in terms of consumption and energy laws. This hybrid system is mainly composed of an internal combustion engine (ICE), two electrical machines - motor / generator - with different sizes and powers, all connected mechanically by a planetary gear. The two electrical machines are connected to a power battery through a power control unit which contains an inverter for DC / AC conversion and a boost

converter which can increase the voltage from the battery up to 500V to meet the system's power requirements. The hybrid system allows the vehicle to operate in different modes such as start / stop, full electrical mode, regenerative braking, sudden acceleration with maximum ICE efficiency, and normal driving where the ICE runs with an optimum torque / speed combination.

Figure 2 presents the complete model built using Portunus. The mechanical equivalent network shown on the right-hand side, using built-in models (electrical machines, reducer, mass in translation, etc...) and user-defined models for the planetary gear and the wheel (using the software's C-Interface).

On the left of each electrical machine are the block diagrams

used for speed regulation; and then the battery model which is linked to the boost converter. Below is the state machine used to manage the whole system.

Among the many simulation results that can be obtained from this model, figure 3 shows battery charge trends (in red) throughout a complete speed cycle (in blue).



5

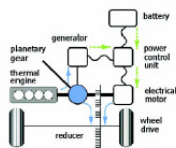


Fig. 1: Vehicle architecture (mechanical power flow according to 2D drawing, electrical power according to green arrows).

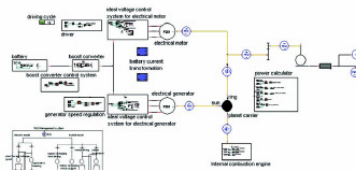


Fig. 2: Behavioural model of the Prius II car in Portunus.

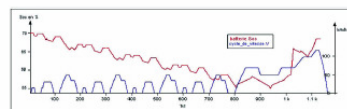


Fig. 3: Simulation results: driving cycle and battery state of charge.

Flux Solutions & Mechatronic Products - N° 57 - January 2009



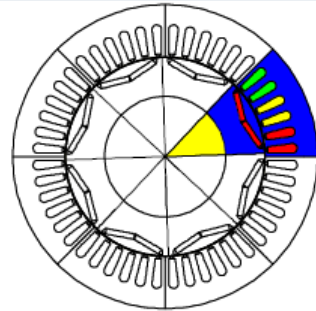
← Simulazione con PORTUNUS: l'automobile è vista come un sistema mecatronico

Lo MG (motore/generatore) può essere modellizzato anche con FLUX

Utilizzando PORTUNUS + FLUX è possibile realizzare una co-simulazione elettro-magnetica-meccanica

# PMBSG - Permanent Magnet Brushless Motor-Generator

## ■ Automobili ibride



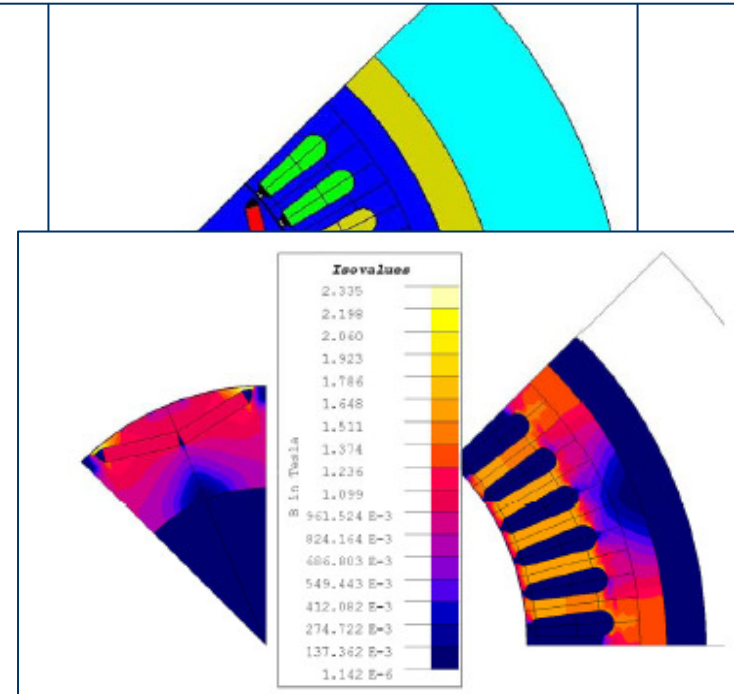
**Motor ratings:** This motor is designed for hybrid electric vehicle traction/generation with the following ratings:

- Max bus voltage: 500 V
- Peak torque: 400 N m
- Max speed: 6000 rpm
- Peak power rating: 50 kW at 1200-1500 rpm

**Motor main characteristics:** This motor has the following main characteristics

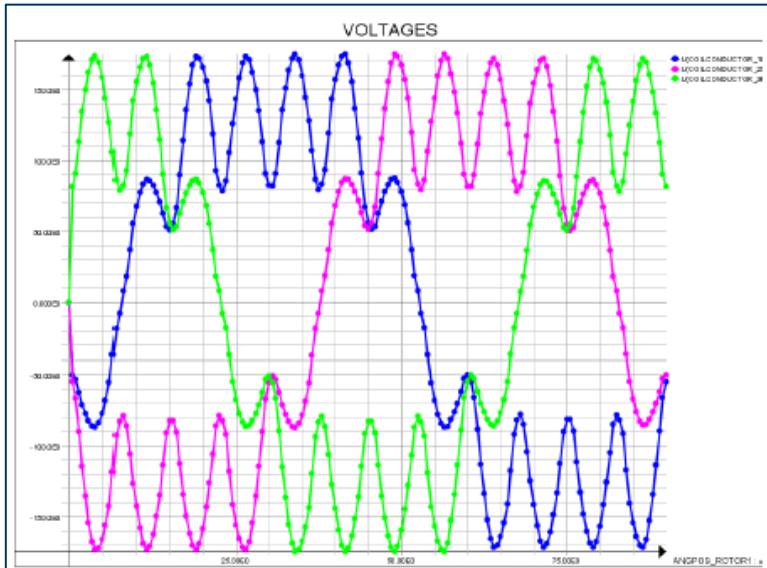
- 48 stator slots
- 3 phase wye connected
- 4 pole pairs
- NdFeB magnet
- Lamination type M270-35A
- Outer diameter: 242 mm
- Stack length: 75 mm

Lo MG (motore/generatore) può essere modellizzato anche con FLUX



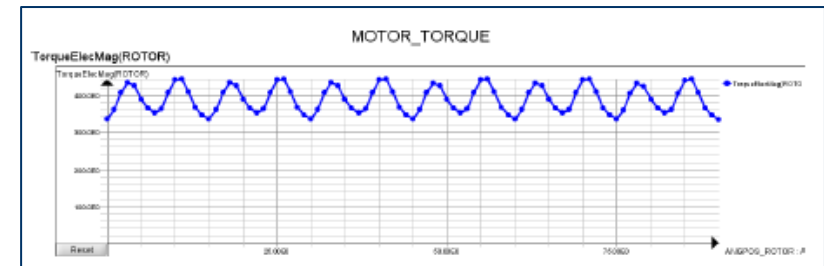
# PMBSG - Permanent Magnet Brushless Motor-Generator

Automobili ibride come la Toyota Prius

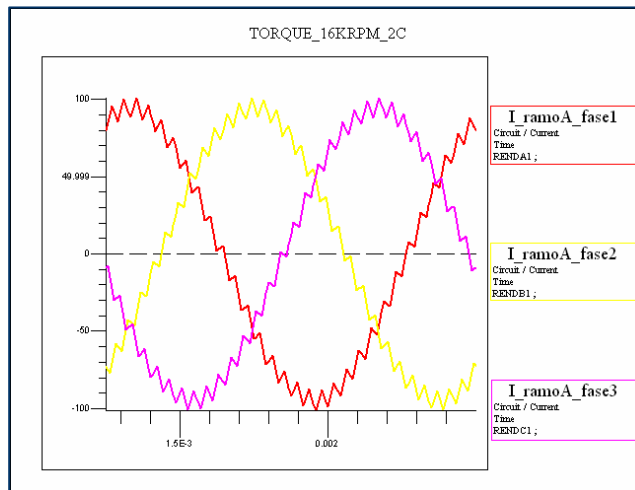
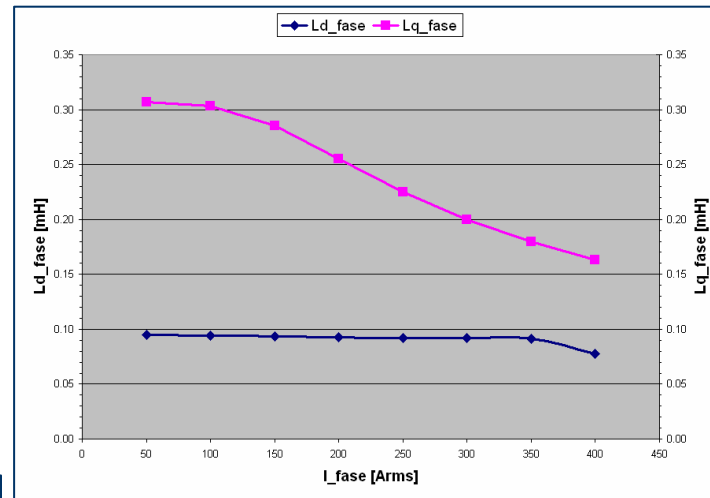
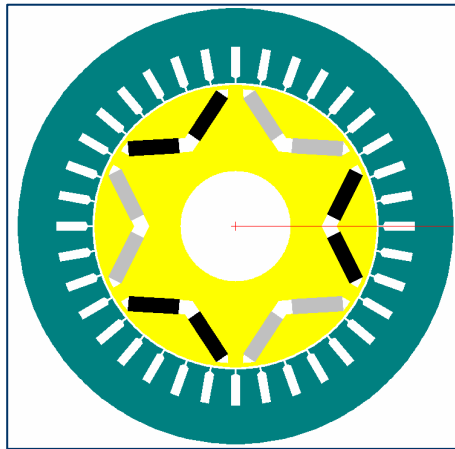


← Simulazione delle tensioni indotte a vuoto (back-emf)

Simulazione della coppia →



# Motori a Magneti Permanenti Interni



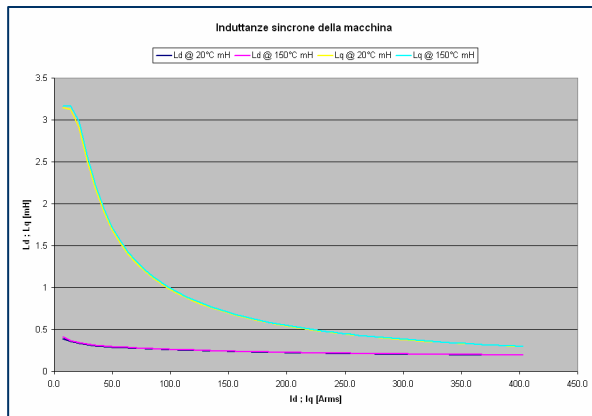
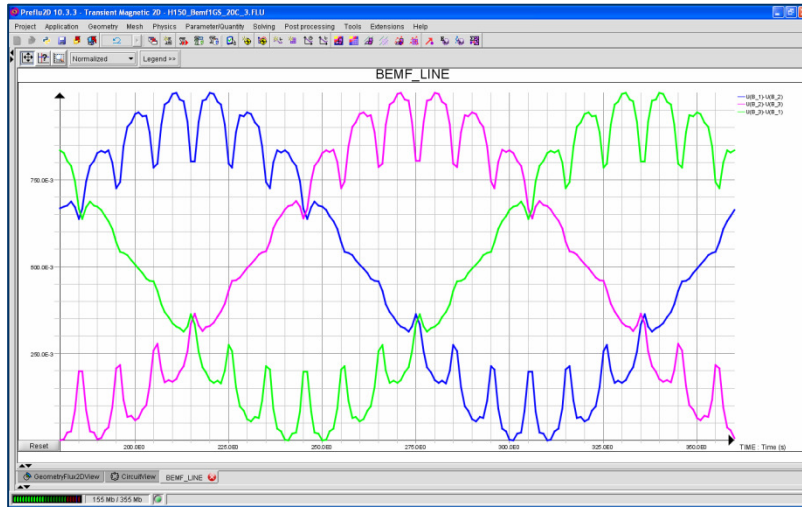
## Motore 44 kW a MP Interni

Applicazione: trazione elettrica per automobile

### Particolarità:

- contenuto armonico delle correnti di alimentazione
- calcolo delle eddy-current e dello skin-effect

# Motori a Magneti Permanenti Interni



**Motore 18 kW a MP Interni**

Applicazione: trazione elettrica

Particolarità:

- Barriera di flusso (come in un motore sincrono a riluttanza) e magneti permanenti

# Macchine elettriche sincrone con magneti permanenti sul rotore

- Configurazioni a **Flusso Radiale**
  - **con rotore interno** (utilizzati in un'ampia gamma di applicazioni, dalle basse alle alte velocità);
  - **con rotore esterno** (si vedono più spesso nelle applicazioni a bassa velocità, come elettro-ventole e generatori eolici; anche nella trazione ferroviaria).

Esistono anche:

- Configurazioni a **Flusso Assiale**
- Configurazioni a **Flusso Trasverso**

la cui analisi richiede strumenti di simulazione prettamente 3D

# Macchine elettriche sincrone con magneti permanenti sul rotore

## ■ Configurazioni a **Flusso Radiale con rotore interno**

### ■ magneti superficiali

- preferibili se è maggiore la richiesta di potenza erogata come generatore, perché l'induzione al traferro risulta solitamente più elevata ed è maggiore la tensione indotta;
- per il funzionamento alle velocità più elevate è necessario dimensionare un sistema di ritenuta dei magneti (bandaggio, anelli, ...) che va ad aumentare il traferro magnetico;
- presentano, in generale, meno ripple di coppia rispetto ai motori con magneti interni.

# Macchine elettriche sincrone con magneti permanenti sul rotore

- Configurazioni a **Flusso Radiale con rotore interno**
  - **magneti interni**
    - la minore coppia di allineamento è compensata dalla presenza delle coppia di riluttanza (praticamente assente nei motori con magneti superficiali);
    - di norma preferiti quando si vogliono raggiungere coppia e potenza rese maggiori anche alle velocità più elevate (eletto-mandrini ed automobili ibride), perché richiedono meno energia per il de-flussaggio;
    - minore corrente di corto-circuito (perché  $<$  tensione indotta e  $>$   $X_d$ )  
→ magneti meno soggetti alla smagnetizzazione;
    - i magneti interni sono anche meno soggetti alla formazione di eddy-current (causate dalla variazione di induzione innescata dalle armoniche spaziali della F.M.M., dalle armoniche di corrente dovute all'alimentazione, dal passaggio sotto le cave alle velocità più elevate).



## Applicazioni Magnetiche Srl

Via della chiesa 16 , 29011 Borgonovo Val Tidone (Piacenza)

Tel. +39 0523 997490 Fax + 39 0523 733364

[a.tassi@spinmag.it](mailto:a.tassi@spinmag.it)

ENGINEERING PROTOTIPAZIONE CORSI

programmi di progettazione per dispositivi elettromagnetici e meccatronica



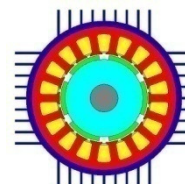
FLUX 2D - 3D



PORTUNUS



SPEED



MOTOR-CAD



INCA



www.spinmag.it

www.spinmag.it