



UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DELL'AQUILA

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia



Gruppo di Ricerca sui Convertitori, Macchine e Azionamenti Elettrici di UnivAQ-DIIE

Andrea Credo, Lino Di Leonardo, Giuseppe Fabri, Antonio Ometto,

Francesco Parasiliti Collazzo, Marco Tursini, Marco Villani

Attività del Gruppo

Applicazioni automotive e aeronautiche

Progettazione elettromeccanica, modelli dinamici, strategie di controllo, simulazione.

- 1) Motori di trazione di tipo sincrono a riluttanza e asincrono con gabbia in rame e avvolgimento in piattina;
- 2) Motori a magneti permanenti ad alta densità di coppia per applicazioni "Motorsport";
- 3) Motori multifase "fault-tolerant" a magneti permanenti e Switched Reluctance per applicazioni aeronautiche;
- 4) Riduttori magnetici coassiali e riduttori magnetici integrati con motore elettrico (PDD) per applicazioni aeronautiche;
- 5) Volani ad alta velocità con macchina sincrona a riluttanza (Flywheel Based Energy Storage System - FBESS);
- 6) Attuatori brushless per controlli di volo primari e secondari (Smart Actuators).
- 7) Powertrain e veicoli elettrici

Progetti europei

- 1) Progetto CleanSky - HyPerMAC "Hyper Performance Motor Air-Cooled" (7th Framework Programme 2014-2016). Partners del progetto: Umbra Group di Foligno, Università di Picardie (Francia) e Airbus Helicopters (Francia).

Il progetto aveva come obiettivo il dimensionamento e la realizzazione di un motore BLAC multifase "fault-tolerant" per le pale di coda dell'elicottero "Fenestron", in modo da eliminare il lungo albero di trasmissione collegato con il rotore principale.

- 2) Progetto europeo H2020 - Call GV-2016-2017 Green Vehicles – Progetto RefreeDrive (Rare Earth Free e-Drives featuring low cost manufacturing). Il consorzio è costituito da 13 partners tra cui Jaguar Land Rover.

Nell'ambito di questo progetto sono state studiate nuove soluzioni di motori per veicoli elettrici, senza l'utilizzo di magneti permanenti a "terre rare", con l'obiettivo di contenere i costi di produzione. Sono stati realizzati e testati diversi prototipi di motori di tipo asincrono con gabbia in rame, sincrono a riluttanza e sincroni a riluttanza con magneti in ferrite.

Sito web: <http://www.refreedrive.eu/>



UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DELL'AQUILA

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia



Principali collaborazioni con aziende

Automotive

- Denso Manufacturing (Vasto – Chieti)
- EuroCopper (Belgio)
- Eurogroup (Milano)
- Jaguar- Land Rover (Inghilterra)
- IFP Energies Nouvelles (Francia)
- MAVEL (Aosta)
- Motor Design Ltd (Inghilterra)
- Nissan Italia
- Privè (Perugia)
- Tecnomatic (Corropoli – Teramo)
- Polo Automotive Regione Abruzzo
- Centro interdipartimentale Trasporti e Mobilità sostenibile CITRAMS (L'Aquila).

Aeronautico

- Airbus Helicopters (Francia)
- OMA, Officine Meccaniche Aeronautiche (Foligno – Terni)
- UmbraGroup (Foligno – Terni).

Pubblicazioni degli ultimi 5 anni relative alla mobilità elettrica

M.Villani, F.Parasiliti, M.Tursini, G.Fabri, L.Castellini, “PM Brushless motors comparison for a Fenestron type helicopter tail rotor”, SPEEDAM 2016, International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, pp. 22-27, Anacapri, 22-24 giugno, 2016.

Villani M., Parasiliti Collazzo F., Tursini M., Fabri G., Castellini L.: “PM Brushless motor design for helicopter tail rotor”. *International Conference on Electrical Machines (ICEM 2016)*, Lausanne, Switzerland, September 4 - 7, 2016, pp. 2671-2677, 978-1-5090-2537-4.

M.Tursini, M.Villani, G.Fabri, L.Di Leonardo, “A switched-reluctance motor for aerospace application: design and analysis and results”, *Electric Power System Research* 142, pp.74-83, Elsevier, 2017, DOI: 10.1016/j.epsr.2016.08.044.

G. Fabri, F. Parasiliti, M. Tursini, M. Villani, L. Castellini. “PM Brushless Motor for Helicopters Electric Tail Rotor Drive System” . *IEEE International Electric Machines and Drives Conference (IEMDC 2017)*, Miami, FL, May 21-24-2017, 978-1-5090-4281-4.

M.Tursini, M.Villani, A.Di Tullio, G.Fabri, F.Parasiliti, “Nonlinear model suitable for offline co-simulation of fault-tolerant PM motors drives”, *IEEE Trans. on Industry Applications*, vol. 53, no.4, pp. 3719-3729, luglio/agosto, 2017, DOI: 10.1109/TIA.2017.2693183.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DELL'AQUILA

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia



A. Di Tullio, M. Tursini, F. Parasiliti, K. Akatsu. "Five phase multi-layer drive with fault tolerant neuro-fuzzy features for safety critical applications". *International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS17)*, Sydney, NSW, Australia, August 11-14-2017, 978-1-5386-3246-8.

F. Parasiliti, M. Villani, G. Ranalli, M. Micucci, D. Rossi: "High performance PM-assisted Synchronous Reluctance Motor for Electric Truck: a case study". *Proc. of Energy Efficiency in Motor Driven Systems Conference (EEMODS'17)*, Rome (Italy), 6 – 8 September 2017. ISBN 978-92-79-79364-6, ISSN 1831-9424, DOI:10.2760/345473.

M.Villani, L.Castellini, M.D'Andrea, D.Macera, "Design of a Synchronous Reluctance Machine for a Flywheel-Based Energy Storage System", *ICEM 2018, XXIII International Conference on Electrical Machines*, pp.2099-2104, Alexandroupoli, settembre 2018, DOI: 10.1109/ICELMACH.2018.8506801.

A.Credo, G.Fabri, M.Villani, M.Popescu, "High Speed Synchronous Reluctance Motor for Electric Vehicles: a Focus on Rotor Mechanical Design", 2019 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), 2019, pp.165-171, S.Diego. DOI: 10.1109/IEMDC.2019.8785083.

N.Rivière, G.Volpe, M.Villani, G.Fabri, L.Di Leonardo, M.Popescu, "Design Analysis of a High Speed Copper Rotor Induction Motor for a Traction Application", 2019 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), 2019, pp.1024-1031, S.Diego, DOI: 10.1109/IEMDC.2019.8785124.

N.Rivière, G.Volpe, M.Villani, G.Fabri, L. Di Leonardo, M.Popescu, "A Copper Rotor Induction Motor Solution for Electrical Vehicles Traction System", IEEE ECCE - Energy Conversion Congress, 2019, Ottobre, Baltimora (USA).

A.Credo, M.Villani, M.Popescu, N.Rivière, "Synchronous reluctance motors with asymmetric rotor shapes and epoxy resin for electric vehicles IEEE ECCE - Energy Conversion Congress, 2019, Ottobre, Baltimora (USA).

N.Rivière, M.Villani, M.Popescu, "Optimisation of a High Speed Copper Rotor Induction Motor for a Traction Application", IECON 2019, 45th Annual Conference of the IEEE, pg.2562-2567, Ottobre, Lisbona.

L. di Leonardo, M. Popescu, G. Fabri and M. Tursini, "Performance Evaluation of an Induction Motor Drive for Traction Application", IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Lisbona, Spain 2019.

G.Venturini, G.Volpe, M.Popescu, M.Villani "Investigation of Cooling Solutions for Hairpin Winding in Traction Application", *ICEM 2020, XXVIII Virtual International Conference on Electrical Machines*, pg. 1573-1578, 23-26 agosto. DOI: 10.1109/ICEM49940.2020.9271026

A.Credo, G.Fabri, M.Villani, M.Popescu, "Adopting the topology optimization in the design of high speed synchronous reluctance motors for electric vehicles", IEEE



UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DELL'AQUILA

*Dipartimento di Ingegneria
Industriale e dell'Informazione e di
Economia*



Transactions on Industry Applications, 2020, Vol. 56, Nr.5, pg.5429-5438,
DOI: 10.1109/TIA.2020.3007366.

A.Credo, G.Fabri, M.Villani, M.Popescu, "A Robust Design Methodology for Synchronous Reluctance Motors", IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 35, Nr.4, pg. 2095-2105, 2020 DOI 10.1109/TEC.2020.3016567.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DELL'AQUILA

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia



Argomenti per corsi di formazione

1) Criteri di dimensionamento di motori elettrici per applicazioni automotive o aeronautiche

In questo corso verranno fornite le linee-guida per la progettazione di motori elettrici in base alle Specifiche e al tipo di applicazione e verranno inoltre illustrati i criteri costruttivi e le soluzioni tecnologiche innovative.

Nell'ambito delle applicazioni aeronautiche, le soluzioni proposte e analizzate saranno principalmente "fault-tolerant". Nel corso verranno, inoltre, presentate soluzioni innovative (con e senza magneti permanenti) in grado di massimizzare la densità di potenza e di garantire il funzionamento anche in presenza di guasti.

Nell'ambito automotive, il corso si potrà suddividere in 2 parti: le applicazioni motorsport e le applicazioni per veicoli elettrici su strada. Per questo motivo si focalizzerà l'attenzione su: materiali innovativi (ad alte prestazioni), progettazione avanzata di soluzioni ad alta densità di potenza (con magneti permanenti annegati), progettazione avanzata di soluzioni low-cost (motori asincroni, sincroni a riluttanza e a riluttanza assistita).

Lo scopo del corso sarà quello di fornire alle aziende che operano nei settori automotive e aeronautico gli strumenti per individuare la tipologia di motore più adatta alla specifica applicazione ed effettuare il dimensionamento preliminare di varie soluzioni in modo da confrontarle e scegliere il progetto migliore da ottimizzare.

Per le aziende che già si occupano di progettazione di motori, ma in ambito industriale, questo corso permetterà di acquisire le competenze base per la definizione delle specifiche che il motore dovrà avere nelle diverse applicazioni e individuare agevolmente la tipologia più adatta da progettare e realizzare.

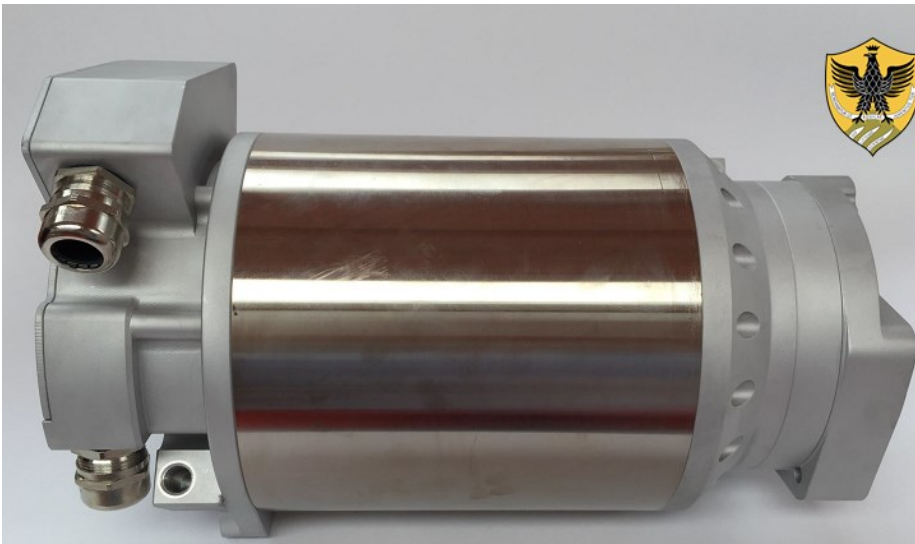


UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DELL'AQUILA

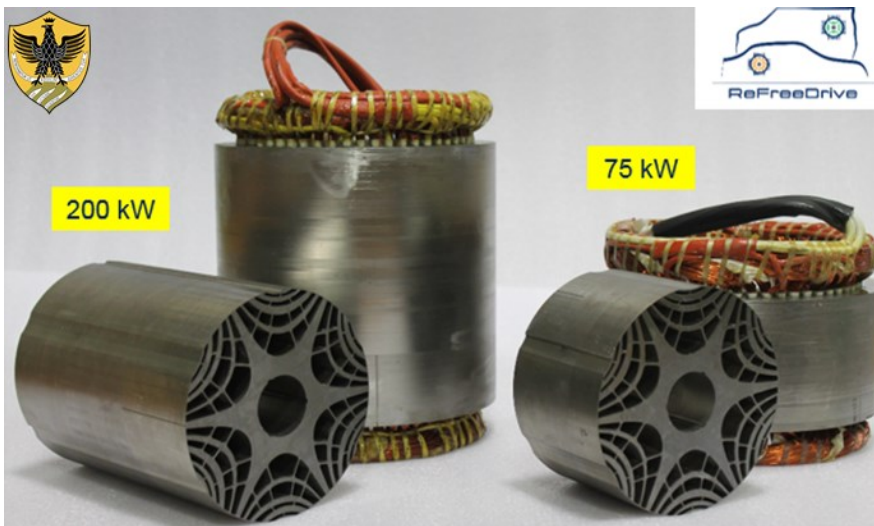
Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia



Foto di alcuni prototipi realizzati nell'ambito dell'attività di ricerca



Motore a MP per applicazioni MotorSport

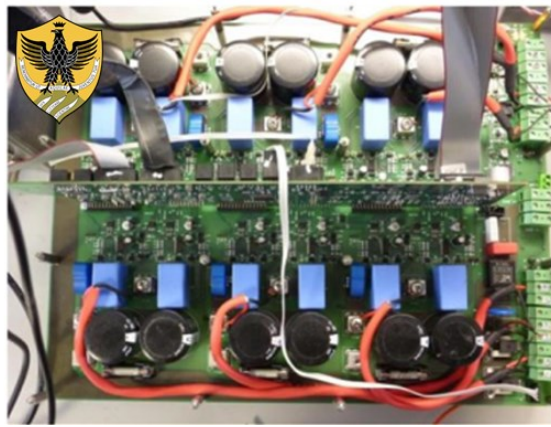


Prototipi di motori sincroni a riluttanza per applicazioni automotive



UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DELL'AQUILA

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia



Motore e azionamento multifase per applicazioni aeronautiche (movimentazione flap)



Motore multifase a MP per applicazioni aeronautiche (cart-lift)



UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DELL'AQUILA

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia



Motore multifase a MP per applicazioni aeronautiche (helicopter tail-rotor)

Laboratori e Strumentazione di Misura

I laboratori e le strumentazioni relative allo sviluppo e test di sistemi, macchine ed azionamenti elettrici sono riuniti nella struttura del "Laboratorio di ingegneria Elettrica". In questo modo si realizza la cooperazione di competenze tecniche, sale prova e strumentazione di diverse aree di ricerca.

Laboratori e Sale Prova

- Wall-box 7kW strumentata per monitoraggio ricarica di veicoli elettrici
- Laboratorio di Macchine Elettriche e sala prove



UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DELL'AQUILA

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia



- Laboratorio di Azionamenti Elettrici ed Elettronica Industriale
- Laboratorio di Misure Elettriche ed Elettroniche

Principale strumentazione disponibile

Per test su Infrastrutture di ricarica:

- Power quality recorder Fluke 1760TR (classe A. 600 V, 1000 A, fast transient 10 MHz).
-
- Wattmetro Yokogawa WT3000 Precision power Analyzer (basic power accuracy of $\pm 0.01\%$ reading).

Per test su powertrain e ausiliari:

- Wattmetro Yokogawa WT1800 High Performance Power Analyzer (esafase).
- Trasduttori di corrente per wattmetri Yokogawa, Signaltec MCTS (200 A).
- Trasduttori di corrente e tensione LEM CV, LEM LF (2000 A),
- Misuratore di resistenza Keithley 6517B Electrometer/High Resistance Meter.
- Keithley 8009 Resistivity Test Fixture.
- Microohmetro Chauvin Arnoux CA6250 (0.1 uohm – 2500 ohm).
- Megaohmetro Chauvin Arnoux CA 6555 (15 kV, 29 Tohm).
- Sistema acquisizione dati Agilent U2542A (20 canali a campionamento simultaneo).
- Scheda DAQ NI 6255 M Series Data Acquisition: 80 AI, 1.25 MS/s, 24 DIO, 2 AO
- Agilent carico elettronico N3301A con due N3302A (30 A, 60 V, 150 W).
- DC Power Supply 750V 70A 15kW
- DC power supply 60V 100A 6kW
- Banco prova motori 20kW 200 Nm
- Banco prova motori 8kW 28 Nm
- Banco prova motori 1.5 kW 3Nm 25krpm
- Sistema di sviluppo Battery pack BMS
- Sistema di Test per batterie Fluke BT521
- Stazioni di acquisizione dati National Instruments basate su PXI e Compact RIO

Per attività di ricerca e sviluppo:

- Workstation di simulazione CAD dedicata a studi agli elementi finiti ed ottimizzazioni multi-obiettivo, multifisica ed analisi CFD;
- Prototipi di motori ad Induzione, magnete permanente, a riluttanza e switched reluctance, trifase e multifase sviluppati in applicazioni automotive ed aerospace;
- Prototipi di azionamenti elettrici di diversa taglia di tensione e potenza, disponibili sia in tecnologia tradizionale IGBT che in tecnologia Silicon Carbide;
- Schede di sviluppo per il rapid prototyping di controlli realtime per azionamenti elettrici ed elettronica di potenza.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI
DELL'AQUILA

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione e di Economia



Spin off universitario

Spin off R13 Technology

R13 Technology srl nasce nel 2014 all'interno del gruppo di Convertitori Macchine ed Azionamenti Elettrici e del gruppo di Misure Elettriche ed Elettroniche dell'Università dell'Aquila. Ad oggi è una realtà affermata nella progettazione, prototipazione, test e produzione di macchine, convertitori ed azionamenti elettrici e sistemi di misura.

Oltre all'ufficio di progettazione, l'azienda ha in casa le tecnologie produttive per la realizzazione e validazione in serie di schede elettroniche di potenza, dalla definizione del layout al prodotto finito, inclusa l'installazione di componenti SMD e BGA.

Inoltre, grazie alle competenze acquisite negli anni e alla ormai consolidata rete di fornitura, può gestire la prototipazione e preserie di macchine elettriche di diverse taglie di potenza e per diverse applicazioni industriali ed automotive.

Nei settori automotive ed aerospace ha diverse esperienze di fornitura di prototipi e preserie di sistemi elettronici, azionamenti elettrici, motori elettrici. L'azienda è certificata ISO 9001.

www.r13technology.it