



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

## Prof. Andrea Credo Curriculum scientifico

(Aggiornato il 2023/09/25)

Nato a L'Aquila il 30 Novembre 1993, il Dr. Credo è ricercatore a tempo determinato presso l'Università degli Studi dell'Aquila da Febbraio 2023. La sua attività di ricerca è basata principalmente sulla progettazione di motori Sincroni a Riluttanza per trazione elettrica. Durante la sua attività di ricerca diverse tecniche di progettazione sono state analizzate e utilizzate: l'utilizzo dell'ottimizzazione topologica per minimizzare gli effetti dei rib interni che sono necessari per l'integrità strutturale del rotore alle alte velocità ma riducono le performance della macchina; l'utilizzo della resina epossidica adesiva come riempitivo delle barriere di rotore per garantire la tenuta alle alte velocità senza l'inserimento dei rib interni così da non modificare le performance elettromagnetiche. Inoltre, un nuovo metodo per la progettazione robusta alle tolleranze di lavorazione di motori Sincroni a Riluttanza è stata studiata. Durante l'attività di ricerca sono state studiate diverse soluzioni con rotore asimmetrico, già presenti in letteratura, che hanno permesso di ridurre il ripple di coppia. È stata ideata una nuova tipologia di asimmetria che ha combinato quelle già presenti in letteratura che oltre la riduzione del ripple di coppia ha permesso di aumentare leggermente il suo valore medio; questo vantaggio, però, si ha solo in un verso di rotazione e può essere utilizzato in applicazione con un verso preferenziale di rotazione.

Durante l'attività di ricerca sono state valutate anche altre applicazioni per il motore Sincrono a Riluttanza: dispositivi industriali, pompe e compressori. Per quest'ultima applicazione una soluzione line-start è stata analizzata e ottimizzata.

Altre attività hanno riguardato lo studio di controlli sensorless di macchine sincrone con particolare attenzione ai controllori basati sul modello magnetico e l'impatto delle strategie di controllo (MTPA, MPF, etc.) sulla qualità del controllo sensorless.

Attualmente sta studiando una nuova metodologia per la misura di induttanza di motori elettrici con avvolgimenti distribuiti senza l'utilizzo di spire ausiliarie che sia in grado di funzionare anche in presenza di rotori solidi.

### **EDUCATION AND RESEARCH**

#### **Assegnista di ricerca presso l'Università degli Studi dell'Aquila, AQ, Italia, 2021-2023**

Focus: Studio di motori sincroni senza magneti a "terre-rare" per applicazioni aeronautiche.

#### **Visiting researcher at Lappeenranta University of Technology (LUT) from the 1st of January 2022 to the 30th of June 2022**

Focus: Study and optimization of high-speed Synchronous Reluctance Motor.

#### **Dottorato di ricerca (Ph.D.) in Ingegneria Elettrica con lode, Università degli Studi dell'Aquila, AQ, Italia, 2021.**

Focus: Progettazione e controllo di macchine elettriche.

Dissertation: *Modelling and design of high speed Synchronous Reluctance Motors for Electric Vehicles.*

Supervisore: Prof. Marco Villani

**Laurea Magistrale in Ingegneria Elettrica, Università degli Studi dell'Aquila, AQ, Italia 2017**

**Vote: 110/110 cum laude**

Focus: Progettazione e controllo di macchine elettriche.

Tesi:

*Progettazione e modellistica di Motori Sincroni a Riluttanza assistiti da magneti permanenti per applicazioni industriali.*

Relatori: Prof. Marco Villani e Prof. Marco Tursini

**Laurea Triennale in Ingegneria Industriale ? Percorso Elettrica,**

**Università degli Studi dell'Aquila, AQ, Italia 2015**

**Vote: 110/110 cum laude**

## **DIDATTICA**

**Supporto alla didattica, Università degli Studi dell'Aquila, dal 2017**

Supporto alla didattica durante i corsi di *Progettazione Elettromeccanica*, *Sistemi Elettrici per la Mobilità* e *Azionamenti Elettrici*.

**Seminario, Lappeenranta University of Technology, 2022**

Seminario durante il Corso di Dottorato dal titolo *High-Specific Power Electrical Motors and Drives* (4cr), presso la Lappeenranta University of Technology, 2022

## **PUBBLICAZIONI**

M. Tursini, **A. Credo**, G. Fabri, F. Parasiliti, M. Villani. *Assessment of Control Strategies for Synchronous Reluctance Motors.* *10th Int. Conf. on Energy Efficiency in Motor Driven Systems (EEMODS 2017)* pp. 1-10, 2017.

M. Tursini, M. Villani, G. Fabri, S. Paolini, **A. Credo**, A. Fioravanti. *Sensorless control of a synchronous reluctance motor by finite elements model results.*

*2017 IEEE International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED)* pp. 19-24, 2017.

M. Tursini, M. Villani, G. Fabri, **A. Credo**, F. Parasiliti, A. Abdelli. *Synchronous Reluctance Motor: Design, Optimization and Validation.*

*2018 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)* pp. 1297-1302, 2018.

M. Villani, M. Tursini, M. Popescu, G. Fabri, **A. Credo**, L. Di Leonardo. *Experimental Comparison Between Induction and Synchronous Reluctance Motor-Drives.*

*2018 XIII International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, pp. 1188-1194, 2018.

**A. Credo**, G. Fabri, M. Villani, M. Popescu. "High speed synchronous reluctance motors for electric vehicles: a focus on rotor mechanical design." *2019 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)*, p. 165-171, 2019.

**A. Credo**, A. Cristofari, S. Lucidi, F. Rinaldi, F. Romito, M. Santececca, M. Villani. "Design Optimization of Synchronous Reluctance Motor for Low Torque Ripple."

*A View of Operations Research Applications in Italy*, 2018, p. 53-69, 2019.

**A. Credo**, M. Paletta, S. Paolini, M. Tursini. "An Open-Loop Starting Procedure for Sensorless Control of Synchronous Reluctance Motors."

*2019 IEEE International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED)*, 2019.

**A. Credo**, M. Villani, M. Popescu, N. Reviere.

"Synchronous reluctance motors with asymmetric rotor shapes and epoxy resin for electric vehicles."

*2019 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, 2019.

**A. Credo**, L. di Leonardo, F. P. Collazzo, M. Tursini and M. Villani, "Optimum Wave Energy Conversion of a Point Absorber with Direct Electrical Power Take-Off,"

*2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM)*, Sorrento, Italy, 2020, pp. 71-76.

**A. Credo**, G. Fabri, M. Villani and M. Popescu, "Adopting the Topology Optimization in the Design of High-Speed Synchronous Reluctance Motors for Electric Vehicles," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 56, no. 5, pp. 5429-5438, Sept.-Oct. 2020.

**A. Credo**, G. Fabri, M. Villani and M. Popescu, "A Robust Design Methodology for Synchronous Reluctance Motors," in *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 35, no. 4, pp. 2095-2105, Dec. 2020.

**A. Credo** and P. Pescetto "Design Optimization of a Synchronous Reluctance Motor Based on Operating Cycle," *2020 XIV International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, 2020.

**A. Credo**, M. Tursini, M. Villani, C. Di Lodovico, M. Orlando, F. Frattari, 2021.

"Axial Flux PM In-Wheel Motor for Electric Vehicles: 3D Multiphysics Analysis?", *Energies* 14, no. 8: 2107.

**A. Credo**, L. di Leonardo, M. D'Andrea and D. Macera, "Analysis of electric motor alternatives for Primary Flight Surface Actuators," *2021 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)*, 2021, pp. 1-7.

**A. Credo**, M. Villani, M. Popescu and N. Riviere, "Application of Epoxy Resin in Synchronous Reluctance Motors With Fluid-Shaped Barriers for E-Mobility," in *IEEE Transactions on Industry Applications*

, vol. 57, no. 6, pp. 6440-6452, Nov.-Dec. 2021.

**A. Credo**, L. D. Leonardo, F. P. Collazzo and M. Tursini, "The Impact of the Control Strategy in Flux Observer Based Sensorless Control of Synchronous Reluctance Motors," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 156380-156391, 2021.

**A. Credo**, G. Fabri, L. D. Leonardo and M. Villani, "Synchronous Reluctance Motor with fluid shaped barriers: preliminary and optimized design procedures,"

*IECON 2021 - 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2021, pp. 1-6.

- L. Di Leonardo, **A. Credo**, M. Tursini and M. Villani, "Rapid analytical method to evaluate eddy current losses in hairpin wound IM due to PWM," *IECON 2021 ? 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2021, pp. 1-6.
- L. Di Leonardo, G. Fabri, **A. Credo**, M. Tursini, and M. Villani. 2022. "Impact of Wire Selection on the Performance of an Induction Motor for Automotive Applications" *Energies* 15, no. 11: 3876.
- A. Credo**, M. Villani, G. Fabri and M. Popescu, "Adoption of the Synchronous Reluctance Motor in Electric Vehicles: A Focus on the Flux Weakening Capability," in *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 9, no. 1, pp. 805-818, March 2023.
- M. Villani, G. Fabri, **A. Credo**, L. Di Leonardo and F. Parasiliti Collazzo, "Line-Start Synchronous Reluctance Motor: A Reduced Manufacturing Cost Avenue to Achieve IE4 Efficiency Class," in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 100094-100103, 2022.
- A. Credo**, I. Petrov, J. Pyrhönen and M. Villani, "Impact of Manufacturing Stresses On Multiple-Rib Synchronous Reluctance Motor Performance," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 59, no. 2, pp. 1253-1262, March-April 2023.
- A. Credo**, E. Kurvinen, I. Petrov and J. Pyrhönen, "Investigation of Material Combinations for Axially-Laminated Synchronous Machine," *2022 International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, 2022, pp. 814-820.
- A. Credo**, F. Parasiliti Collazzo, M. Tursini and M. Villani, "A Fast Estimation of the Initial Rotor Position of Synchronous Reluctance Motors," *2022 International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, 2022, pp. 1471-1476.
- P. Lindh, D. Egorov, **A. Credo** and J. Pyrhönen, "Thermal Management of an Electric Motor with Novel Materials," *2022 International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, 2022, pp. 1369-1375.
- A. Credo**, I. Petrov, V. Abramenko and J. Pyrhönen, "Model Validation of Synchronous Motors With a New Standstill Measurement Technique," in *IEEE Access*, vol. 11, pp. 4537-4548, 2023.
- A. Credo**, P. Lindh, I. Petrov, F. Parasiliti and J. Pyrhonen, "Comparison of Synchronous Reluctance Motors and Permanent Magnet Synchronous Motors with Direct Liquid Cooling Arrangement," *2023 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)*, San Francisco, CA, USA, 2023, pp. 1-7
- E. Scherman, **A. Credo**, K. Shehzad, I. Petrov, E. Kurvinen, J. Sapanen and J. Pyrhonen, "Different Rotors of an Axially-Laminated-Rotor Synchronous Reluctance Machine ? assessment of effects of materials and manufacturing methods," *2023 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)*, San Francisco, CA, USA, 2023, pp. 1-7
- M. Tursini, D. Angrilli, **A. Credo** and G. Fabri, "High Accuracy Real-Time Simulation of Synchronous Reluctance Motor Drive Using Parallel Processing," *2023 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)*, San Francisco, CA, USA, 2023, pp. 1-6,

**A. Credo, F. Parasiliti, M. Tursini and M. Villani, "A Unified Approach for the Commissioning of Synchronous Reluctance Motor Drives," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, (**Article in press**)**

**A. Credo, E. Kurvinen, I. Petrov, E. Scherman, J. Sopenan and J. Pyrhönen, "Materials Applicable to an Axially-Laminated Synchronous Reluctance Machine Considering Mechanical and Electromagnetic Aspects," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, (**Article in press**)**

## **PRESENTATIONI**

§ Andrea Credo (2017). ?Modeling of synchronous reluctance motors.? Presented at the World Magnetic Conference 2017 (Coiltech 2017), Pordenone, Italy.

§ Andrea Credo, G. Di Pilo (2018).

?Innovative Optimization Software for Electric Motor Design.? Presented at the World Magnetic Conference 2018 (Coiltech 2018), Pordenone, Italy.

§ Andrea Credo (2019). ?A user-friendly software for the design of brushless motors.? Presented at the World Magnetic Conference 2019 (Coiltech 2019), Pordenone, Italy.

§ Andrea Credo (2019). ?Synchronous reluctance motors with asymmetric rotor shapes and epoxy resin for electric vehicles.? Presented at the World Magnetic Conference 2019 (Coiltech 2019), Pordenone, Italy.

§ Andrea Credo (2020). ?Robust design of electric motors.? Presented at the World Magnetic Conference 2020 (Coiltech 2020), Pordenone, Italy.

§ Andrea Credo (2021) ?High speed Synchronous Reluctance motor for electric vehicles?, Electric Motor Talks (Online Webinar).

§ Andrea Credo (2021). ?Is the synchronous reluctance motor suitable for traction applications?? Presented at the World Magnetic Conference 2021 (Coiltech 2021), Pordenone, Italy.

§ Andrea Credo (2022). ?The adoption of Synchronous Reluctance motor for full-electric vehicle? Presented at the World Magnetic Conference 2022 (Coiltech 2022), Ulm, Germany.

## **ALTRO**

§ Organizzazione Special Session durante la conferenza internazionale ICEM 2020: ?Software-based design of e-machines: present and perspectives?

§ Premio ICEM Jorma Luomi Student Forum Award per le competenze tecniche mostrate nel poster: ?Design of High Speed Synchronous Reluctance Motor for Electric Vehicles? presentato alla conferenza internazionale ICEM?2020 in Gothenburg-Sweden

## **PROGETTI DI RICERCA**

## **Progetto Europeo ReFreeDrive:**

### **Obiettivo:**

Il Progetto Europeo H2020 ReFreeDrive aveva come obiettivo lo sviluppo della futura generazione di azionamenti elettrici per la trazione elettrica senza l'utilizzo di magneti a terre rare, garantendo la fattibilità industriale per la mass production con attenzione all'utilizzo di tecnologie costruttive low-cost.

### **Contributo Individuale:**

In questo progetto, l'attività di Andrea Credo ha riguardato la progettazione di due taglie di motori Sincroni a Riluttanza con rotore asimmetrico per migliorare la densità di potenza di macchine e minimizzare le oscillazioni di coppia. È stata progettata una geometria rotorica innovativa chiamata "spider-web" con l'inserimento di un elevato numero di rib interni di spessore ridotto per ottimizzare le performance elettromagnetiche di macchina garantendo la tenuta meccanica del rotore alle alte velocità.

## **Progetto MIUR LubforLife:**

LubForLife è stato un progetto finanziato dal MIUR all'interno di "Progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale nelle 12 aree di specializzazione individuate dal PNR 2015-2020, area di specializzazione: Aerospazio". Recenti studi hanno stimato un forte trend di sostituzione degli attuali attuatori idraulici e pneumatici con innovativi attuatori elettromeccanici. Questa migrazione tecnologica è spesso chiamata "More Electric Aircraft", che include anche la parte di potenza. Si è partiti dalla sostituzione di servo attuatori cine i carrelli elevatori o il sistema di aperture delle porte e il prossimo step sarà la sostituzione degli attuatori primari e secondari come freni, ruote, e carrelli.

In questo progetto, Andrea Credo è stato coinvolto per la progettazione di un Rotary Variable Differential Transformer (RVDT) con una geometria innovativa utile per migliorare la linearità dell'uscita. È stato inoltre progettato anche un Linear Variable Displacement Transducer (LVDT).

## **Studio e ottimizzazione di motori Sincroni a Riluttanza ad alta velocità**

**L'attività è stata svolta durante un periodo di ricerca presso la Lappeenranta University of Technology (Finland) e ha riguardato le seguenti tematiche:**

Evaluation of the impact of manufacturing stresses on the electrical steel in multiple-rib Synchronous Reluctance Motor.

Investigation of Material Combinations for Axially-Laminated Synchronous Reluctance Machines. Developing a new procedure for the inductance measurement for Synchronous machines with solid elements in the rotor.

Study and evaluation of innovative materials for the thermal management of Electric Motors to improve their power density.

### **Altri Progetti:**

Lo sviluppo di un software user-friendly per la progettazione ottimizzata di motori brushless che utilizza algoritmi di ottimizzazione innovativi sviluppati in cooperazione con ACTOR, lo spin off universitario della Sapienza Università di Roma gestito dal gruppo di Ricerca Operativa, e R13 Technology spin universitario dell'Università degli Studi dell'Aquila.

## **RELEVANT SKILLS**

Conoscenza dei software Mechanical Ansys, Ansys Electronic Desktop, NI Labview, C# language, Matlab/Simulink, Code Composer.

Ampia conoscenza di progettazione e controllo di motori brushless con particolare focus sul motore Sincrono a Riluttanza.

Abilità di realizzare setup sperimentali per test su motori elettrici e drives.

Lingue parlate: Italiano e Inglese.