

# Curriculum dell'attività scientifica e didattica

<b>Dati personali del candidato</b>	<p><i>Calligaro Sandro</i>          Luogo e data di nascita: <i>Udine, 24 maggio 1982</i>          Cittadinanza: <i>italiana</i>          Indirizzo: <i>via Amstetten, 17 - 33030 Buja (UD) - Italia</i>          recapiti telefonici: cell. <i>+39 348 5942970</i>          email: <i>sandro.calligaro@gmail.com</i></p>
<b>Formazione universitaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laurea in Ingegneria Elettronica (Curriculum Automazione Industriale) - voto 100/110 - conferita dall'Università degli Studi di Udine il 19 aprile 2005;</li> <li>- Laurea Specialistica in Ingegneria Elettronica (Specializzazione Robotica) - voto 110/110 - conferita dall'Università degli Studi di Udine il 16 aprile 2008;</li> <li>- Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale (ING-IND/32) - conferito dall'Università degli Studi di Udine il 23 aprile 2013.</li> </ul>
<b>Altri titoli accademici o professionali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abilitazione Scientifica Nazionale a professore di II fascia, giudizio espresso il 06/04/2018 complessivamente buono, pubblicazioni presentate di qualità "elevata" (si veda il documento allegato);</li> <li>- Abilitazione alla professione di Ingegnere dell'Informazione (sezione A), Esame di Stato sostenuto a gennaio 2009.</li> </ul>
<p><i>Nota:</i> nel seguito, gli elementi numerati tra parentesi quadre fanno riferimento all'elenco delle pubblicazioni del candidato, riportato più avanti nel presente documento (ed allegato anche come documento a parte).</p>	
<b>Esperienze professionali</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ricerca e sviluppo convertitori di potenza dal 17 febbraio 2020 ad ora              Datore di lavoro: Danieli Automation SpA              Inquadramento: impiegato metalmeccanico, 6° livello              Attività principali: sviluppo, implementazione e test di tecniche per conversione di grossa potenza, per applicazioni siderurgiche (sistema Q-One e controllo motore).</li> <li>- Ricerca universitaria dal 1° febbraio 2017 al 31 gennaio 2020              Inquadramento: Ricercatore a Tempo Determinato (tipo A)              Datore di lavoro: Libera Università di Bolzano              Attività principali: ricerca ed insegnamento nel settore ING-ING/32 (Convertitori, Macchine e Azionamenti Elettrici).</li> <li>- Ricerca universitaria              Dal 1° maggio 2013 al 31 gennaio 2017</li> </ul>

	<p>Datore di lavoro: Università degli Studi di Udine  Inquadramento: assegnista di ricerca  Attività principali: studio, sviluppo, implementazione e test di metodo di controllo avanzati, in particolare per motori sincroni a magneti permanenti e riluttanza.</p> <p>- Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale e dell'Informazione  Dal 1° gennaio 2010 al 31 dicembre 2012  Inquadramento: dottorando con borsa  Datore di lavoro: Università degli Studi di Udine  Attività principali: ricerca nel campo azionamenti elettrici e convertitori, in particolare sul controllo di motori sincroni a magneti permanenti.</p> <p>- Ricerca  Da luglio 2008 a dicembre 2009  Inquadramento: ricercatore junior presso il Pervasive Technology Laboratory  Datore di lavoro: Agemont SpA  Attività principali: studio di problematiche relative al "pervasive technologies" e sviluppo di dimostratori in questo ambito.</p> <p><b>Sintesi delle principali attività professionali e scientifiche</b></p> <p>Dallo scorso 17 febbraio 2020, il candidato lavora come impiegato tecnico (settore metalmeccanico, 6° livello) presso Danieli Automation SpA (Buttrio, UD), azienda del gruppo Danieli. Il candidato fa parte di un team di ricerca e sviluppo presso l'ufficio "Large drives" della stessa azienda, che si occupa dello sviluppo, della progettazione e del test di convertitori di potenza di grandi dimensioni (fino a decine di MW), principalmente per applicazioni siderurgiche. In particolare, il dott. Calligaro lavora per il progetto Q-One, che consiste in un sistema di alimentazione e regolazione elettrica per forni ad arco.</p> <p>Nella precedente posizione lavorativa, ricoperta dal 1° febbraio 2017 al 31 gennaio 2020, il candidato era inquadrato come ricercatore a tempo determinato (tipo A). In questo ruolo, è stato responsabile della maggior parte delle attività di insegnamento, ricerca e coordinamento nel campo del settore ING-IND/32 presso la Libera Università di Bolzano (LUB), coordinando un gruppo di ricerca composto da tre dottorandi e un assistente di ricerca (assegno di ricerca). Gli sono stati assegnati vari corsi (si veda l'elenco riportato più avanti), principalmente tenuti in lingua inglese.</p> <p>Il candidato ha svolto attività di ricerca presso l'Università di Udine continuativamente per quasi 4 anni a partire dal 2013, nell'ambito di un assegno di ricerca biennale e di due successivi assegni di ricerca annuali (in parte finanziati da Gefran SpA, in parte da fondi propri del</p>
--	---

	<p>Laboratorio di Azionamenti Elettrici della stessa università ed in parte da fondi dell'ateneo), sotto la supervisione del prof. Roberto Petrella.</p> <p>Il candidato ha lavorato nell'ambito del corso di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale e dell'Informazione dall'inizio del 2010 alla fine del 2012, svolgendo attività di formazione e ricerca presso l'Università degli Studi di Udine, sotto la supervisione del prof. Roberto Petrella. In tale periodo ha percepito la borsa di studio prevista per il dottorato.</p> <p>Il candidato ha inoltre svolto precedenti attività lavorative come tirocinante o come operaio generico.</p>
<p><b>Esperienze nell'attività didattica accademica</b></p>	<p>Il candidato ha svolto attività didattica frontale e di laboratorio presso la Libera Università di Bolzano, come ricercatore a tempo determinato. In particolare ha tenuto i seguenti corsi, relativi al settore scientifico-disciplinare ING-IND/32:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>"Industrial Automation and Mechatronics – Module II: Electric Drives"</i> (5 CFU – 46 ore)  Il dott. Calligaro ha tenuto questo corso (in inglese) durante il II semestre degli anni accademici 2016/17, 2017/18 e 2018/19, nel Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica Industriale.  Il corso affronta i principi di conversione della potenza elettromeccanica (macchine elettriche) e le basi della loro alimentazione e controllo. Il contenuto del corso comprende i principi di funzionamento delle macchine elettriche rotanti, la conversione di potenza statica e diversi tipi di azionamenti elettrici.  Il modulo consta di 5 CFU, corrispondenti a 46 ore, cioè 28 ore di lezione e 18 ore di esercitazione.</li> <li>2. <i>"Electric Power Conversion Equipment"</i> (6 CFU, 60 ore)  Il candidato ha tenuto questo corso (in inglese) durante il II semestre degli anni accademici 2017/18 e 2018/19, nell'ambito del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica.  Il corso tratta le basi teoriche e le applicazioni pratiche della conversione dell'energia elettrica (da elettrica a elettrica ed elettromeccanica). Vengono introdotte e studiate le principali topologie di conversione, vengono presi in considerazione gli aspetti pratici e le applicazioni, evidenziando i vantaggi ottenibili con tecnologie all'avanguardia.  Il corso prevede 6 CFU, corrispondenti a 60 ore, cioè 36 ore di esercitazioni e 24 ore di laboratorio. L'attività pratica è dominante all'interno del corso, con la presentazione di rapporti di esperienza di laboratorio e di un progetto finale da realizzare, che prevede alcuni esempi applicativi di conversione e controllo dell'energia elettrica.</li> <li>3. <i>"Industrial Electrical Applications"</i> (6 CFU, 60 ore)  Il corso (in inglese) è stato tenuto durante il I semestre dell'anno accademico 2019/20, nell'ambito del Corso di Laurea in Ingegneria Industrial Meccanica.  Il corso riprende alcune basi teoriche dell'elettrotecnica, per poi introdurre ambiti ed esempi di applicazione di sistemi elettrici ed</li> </ol>

	<p>elettronici, su uno spettro relativamente ampio, proponendo modelli semplici e collegamenti tra diversi ambiti.</p> <p>Il corso prevede 6 CFU, corrispondenti a 60 ore, cioè 36 ore di esercitazioni e 24 ore di esercitazione. Le attività pratiche prevedono simulazioni e semplici esperienze di laboratorio.</p> <p>4. <i>"Sistemi Elettrici" (12 ore)</i></p> <p>Il corso (in italiano) si è svolto nel II semestre dell'anno accademico 2017/18, nell'ambito del Master di II livello "BEE: edilizia, energia e ambiente - CasaClima".</p> <p>L'obiettivo del corso è quello di introdurre i principali sistemi elettrici all'interno e attorno agli edifici, tra cui centrali elettriche tradizionali e innovative, trasporto di energia, generazione e conversione di energia sostenibile. Vengono introdotti i concetti principali dell'ingegneria elettrica e della tecnologia di conversione dell'energia elettrica, fino alla valutazione dei vantaggi delle tecnologie moderne e future in questo campo. Il riferimento principale è a quelle applicazioni che hanno o si prevede avranno un impatto sugli edifici nel prossimo futuro.</p> <p>Precedentemente, ha collaborato ad attività didattiche presso l'Università degli Studi di Udine, in particolare con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- seminari sul controllo sensorless nell'ambito del corso di Azionamenti Elettrici II (Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica);</li> <li>- assistenza in attività didattiche di laboratorio.</li> </ul> <p>Il candidato è stato inoltre correlatore delle seguenti tesi di laurea presso l'Università di Udine:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- "Azionamenti sensorless per motori sincroni a magneti permanenti per applicazioni di generazione eolica", 09.07.2010;</li> <li>- "Azionamenti sensorless per motori sincroni IPM: effetti della saturazione magnetica sull'errore di stima", 11.11.2010;</li> <li>- "Sistema di acquisizione di tensioni PWM attraverso FPGA per applicazione negli azionamenti elettrici", 24.03.2011;</li> <li>- "Progettazione e sviluppo di uno "smart" encoder wire-less per azionamenti elettrici", 24.03.2011;</li> <li>- "Controllo di motori sincroni con inverter NPC a 3 livelli per applicazioni di trazione mild-hybrid", 20.10.2011;</li> <li>- "Controllo sensorless innovativo per motori sincroni a magneti permanenti basato sull'anisotropia magnetica ed eccitazione PWM", 20.10.2011;</li> <li>- "Sviluppo di un azionamento ad alta efficienza per l'alimentazione di una pompa attraverso pannelli fotovoltaici", 22.03.2012;</li> <li>- "Azionamenti Elettrici SensorLess per trazione", 26.03.2012;</li> <li>- "Sviluppo di un sistema di generazione ibrido solare-eolico grid-connected modulare", 09.07.2012;</li> <li>- "Tecniche avanzate di modulazione per inverter trifase NPC a tre livelli per applicazioni fotovoltaiche", 22.10.2012;</li> <li>- "Sviluppo e implementazione di tecniche di controllo digitale di corrente in convertitori DC/DC bidirezionali per applicazioni a veicoli ibridi", 22.10.2012;</li> <li>- "Controllo Predittivo per Azionamenti di Motori Sincroni a Magneti Permanenti", 21.10.2013;</li> </ul>
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- "Studio e applicazione del controllo predittivo per azionamenti di motori sincroni a magneti permanenti", 23.10.2014;</li> <li>- "Controllo di un motore torque per applicazioni automotive", 17.03.2015;</li> <li>- "Modellistica e controllo di convertitori multi-risonanti di tipo LLC: applicazione ai caricabatterie per veicoli elettrici/ibridi", 31.03.2015;</li> <li>- "Studio e ottimizzazione di tecniche di controllo MTPA di motori sincroni a magneti permanenti anisotropi", 31.03.2015;</li> <li>- "Bidirectional High-Efficiency Isolated DC-DC Multi-Resonant Power Converters for Active Suspension Systems", 20.10.2015;</li> <li>- "Conversione dc-ac innovativa per micro-inverter fotovoltaici: analisi e controllo", 04.04.2016;</li> <li>- "Model-Based design basato su FPGA e SoC per motori sincroni a magneti permanenti anisotropi", 26.07.2016;</li> <li>- "Controllo di motori sincroni a magneti permanenti con distribuzione non sinusoidale dei flussi concatenati", 17.07.2017;</li> <li>- "Sistemi di conversione elettronica di potenza wireless per applicazione ai carica batterie automobilistici", 24.10.2017;</li> <li>- "Progettazione e sviluppo di azionamenti elettrici ad alte prestazioni multi-trifase per applicazioni di propulsione navale", 20.03.2018;</li> <li>- "Studio e implementazione di algoritmi di controllo di convertitori trifase modulari e distribuiti di alta potenza basati su piattaforma FPGA/SoC", 20.03.2018</li> </ul> <p>Il candidato è stato correlatore delle seguenti tesi di laurea presso la Libera Università di Bolzano:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- "Electro-thermal single cell model for Battery Thermal Management Systems optimization in the automotive sector", 14.03.2019;</li> <li>- Evaluation of an Electric Equivalent Circuit Model of Lithium-Ions Battery for Electric Vehicle Battery Management System, 17.12.2019.</li> </ul> <p>Il dottor Calligaro è stato supervisore dei seguenti dottorandi, iscritti al corso "Sustainable Energy and Technology" presso la Facoltà di Scienze e Tecnologie di unibz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Piyush Kumar (concluso): "Sensorless control of permanent magnet synchronous motor for efficient motor drives";</li> <li>- Faisal Mohammad Fiaz (attualmente al 3° anno, in proroga): "Modeling and Optimization of High Efficiency Bidirectional DC-DC Converter interfacing to High-voltage Battery storage Systems";</li> <li>- Jose Jacob (concluso): "Novel Control Techniques for High-Speed and Low-Switching Frequency Electric Drives".</li> </ul> <p>I temi di ricerca rientrano nel campo del settore "Convertitori elettronici di potenza, macchine e azionamenti elettrici" (ING-IND/32).</p>
<p><b>Competenze accademiche ulteriori</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il candidato è stato membro del Collegio dei Docenti del Corso di Dottorato di Ricerca "Sustainable Energy and Technologies" presso la Libera Università di Bolzano ed è attualmente supervisore di uno studente di dottorato (Faisal Fiaz);</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il candidato è stato membro del Consiglio di Corso di Studio della Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica LM-30 (laurea inter-ateneo tra l'Università degli Studi di Trento e la Libera Università di Bolzano);</li> <li>- All'interno dello stesso Consiglio, il dott. Calligaro è entrato a far parte del "Gruppo Assicurazione Qualità" del Consiglio di Corso di Studio in Ingegneria Energetica (laurea inter-ateneo tra l'Università degli Studi di Trento e la Libera Università di Bolzano), pertanto è stato direttamente coinvolto nell'attività di documentazione relativa al Corso di Studio ("Scheda di monitoraggio annuale del Corso di Studio", "Rapporto di riesame ciclico sul Corso di Studio", inoltre si è occupato della preparazione dei documenti per l'European Accreditation of Engineering Programmes (EUR-ACE);</li> <li>- Ha fatto parte del Consiglio di Corso di Studio Magistrale in Ingegneria Industriale Meccanica (LM-33) presso la Libera Università di Bolzano;</li> <li>- In diversi bandi della Libera Università di Bolzano, per la ricerca e l'insegnamento, è stato membro di commissioni di valutazione;</li> <li>- Il candidato è stato inoltre membro della Commissione per l'esame finale del Master in Ingegneria dell'Energia il 31 ottobre 2018.</li> </ul>
<p><b>Appartenenze ad associazioni</b></p>	<p>Il dott. Calligaro è stato Student Member e successivamente Member dell'Institute for Electrical and Electronics Engineering (IEEE) dal 2011 al 2014 e dal 2017 al 2020.</p> <p>Ha prestato servizio come revisore per le seguenti conferenze internazionali IEEE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- "IEEE Energy Conversion Congress and Exposition" (ECCE);</li> <li>- "IEEE International Conference on Electrical Machines" (ICEM);</li> <li>- "IEEE International Electric Vehicle Conference" (IEVC);</li> <li>- "IEEE International Electric Machines &amp; Drives Conference" (IEMDC);</li> <li>- "IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference" (VPPC);</li> <li>- "IEEE International Symposium on Industrial Electronics" (ISIE);</li> <li>- "IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems" (PEDS);</li> <li>- "IEEE Drives and Energy Systems" (PEDES);</li> <li>- "IEEE Workshop on Control and Modeling for Power Electronics" (COMPEL);</li> <li>- "IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition" (APEC).</li> </ul> <p>Presta inoltre regolarmente servizio come revisore per le seguenti riviste internazionali:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- "IEEE Transactions on Industrial Electronics";</li> <li>- "IEEE Transactions on Industry Applications";</li> <li>- "IEEE Transactions on Industrial Informatics";</li> <li>- "IEEE Transactions on Power Electronics";</li> <li>- "IEEE Transactions on Transportation Electrification";</li> <li>- "IET Electric Power Applications";</li> <li>- "IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics".</li> </ul>

<p><b>Ricerca e attività scientifica</b></p>	<p>Le attività di ricerca del candidato, inerenti al settore disciplinare ING-IND/32 hanno avuto una durata di oltre dieci anni, comprendendo il corso di Dottorato di Ricerca, due successivi assegni di ricerca ed il contratto da ricercatore a tempo determinato.</p> <p>Per alcuni degli argomenti di ricerca trattati dal candidato lo studio si è protratto (con continuità o a fasi successive) lungo quasi tutto il periodo, raggiungendo obiettivi e risultati crescenti, come testimoniato dalla successione delle pubblicazioni. Le tematiche affrontate sono di interesse sia dal punto di vista della ricerca, sia dal punto di vista delle applicazioni industriali, come testimoniano le pubblicazioni scientifiche e i progetti industriali all'interno dei quali queste attività si sono spesso innestate.</p> <p>Nei primi due periodi (Dottorato ed assegni di ricerca) l'attività del candidato è stata svolta presso l'Università degli Studi di Udine, sotto la supervisione del prof. Petrella ed in collaborazione anche con altri gruppi di ricerca, in particolare con quello legato all'Electric Drives Laboratory (EDLab) dell'Università degli Studi di Padova, diretto dal prof. Bolognani. Il lavoro come ricercatore a tempo determinato è stato svolto presso la Libera Università di Bolzano, dove il candidato ha coordinato le attività di ricerca ed insegnamento in modo autonomo, seppure continuando le collaborazioni con i laboratori del settore delle Università di Udine e Padova.</p> <p>La precedente attività di ricerca (come ricercatore junior presso Agemont SpA) ha riguardato un ambito molto diverso, nel quale si sono studiate alcune possibilità di comunicazione intra-body ed altre applicazioni relative all'elettronica pervasiva. Data la breve durata del periodo, che ha coinciso con una fase di avviamento del laboratorio (con conseguente impegno nell'allestimento dello stesso), sono stati realizzati solo report ad uso interno, non pubblicati.</p> <p>Nel periodo corrispondente al dottorato di ricerca, i principali argomenti trattati sono stati il controllo di motori sincroni a magneti permanenti senza l'utilizzo di sensori meccanici (controllo sensorless) ed il controllo degli stessi motori in condizioni di limitazione di tensione (deflussaggio). Riguardo a quest'ultimo argomento, i risultati di una prima parte dello studio sono stati presentati a diverse conferenze internazionali, [3][6][7], per essere poi ripresi negli anni successivi, portando recentemente a nuovi sviluppi, che verranno descritti in seguito.</p> <p>Riguardo al controllo sensorless, è stato portato avanti un lavoro iniziato con la tesi di laurea specialistica, basato sull'iniezione di segnale in alta frequenza, in particolare sulle tecniche di demodulazione del segnale di corrente, dal quale si rilevano informazioni sulla posizione del rotore [2].</p> <p>Di particolare interesse è stato anche lo sviluppo di un algoritmo di controllo sensorless per motori sincroni a magneti permanenti</p>
--	---

superficiali (SM-PMSM), nell'ambito di un progetto finanziato da Gefran SpA, che ha permesso all'azienda di introdurre una nuova funzionalità (il controllo sensorless di motori "brushless") in un prodotto già esistente (il drive industriale ADV200). Tale funzionalità è presente a catalogo da alcuni anni, ed è in uso con successo in varie applicazioni. Nello studio svolto, oltre allo sviluppo dell'algoritmo di stima di posizione e velocità, ne è stata analizzata la dinamica ed il conseguente dimensionamento automatico dei vari guadagni (introducendo anche una tecnica di normalizzazione della dinamica dell'estrazione delle stime tramite PLL), e sono state sviluppate alcune funzionalità di contorno come la gestione del funzionamento a bassa velocità e la verifica del corretto funzionamento, utile specialmente per l'avviamento a carico. Alcuni di questi risultati sono stati presentati presso il simposio internazionale sul controllo sensorless SLED 2011 [4] e successivamente pubblicati su una rivista del settore [20], mentre alcuni sviluppi sono stati successivamente presentati alla conferenza internazionale ECCE 2013, [16].

La stessa tecnica di stima di posizione e velocità è stata adottata anche per lo sviluppo di un sistema di cogenerazione, che è uno dei risultati del progetto PIACE. Questo progetto, nel quale era coinvolto anche il gruppo di ricerca del prof. Petrella, faceva parte del programma Industria 2015 del Ministero dello Sviluppo Economico. Tra altri obiettivi vi era anche la realizzazione di un sistema di recupero di energia elettrica a partire da fonti di calore a temperatura relativamente bassa, tramite una macchina Organic Rankine Cycle (ORC) ed un generatore sincrono a magneti permanenti superficiali.

Un'ulteriore applicazione dei metodi appena descritti, portata avanti nell'ambito del primo assegno di ricerca, ha riguardato il controllo vettoriale di motori a passo (progetto finanziato da Elta srl), che porta ad un significativo miglioramento delle prestazioni, dell'efficienza e della rumorosità rispetto al tipico controllo in anello aperto. In questo caso si è anche introdotto l'impiego di inverter trifase per motori bifase, che ha permesso di ottenere, anche grazie alla disponibilità di moduli inverter integrati ad alta tensione, densità di potenza rilevanti a costi inferiori rispetto alle soluzioni tipiche. Alcuni risultati di questo lavoro sono stati presentati alla conferenza internazionale APEC nel 2014, [19].

Durante le fasi sperimentali della ricerca sul controllo sensorless, si è osservato l'effetto stabilizzante dell'iniezione di una componente continua di corrente sull'asse diretto (secondo la posizione stimata). Il fenomeno è stato caratterizzato analiticamente, [9]. Nello stesso periodo è stato anche proposto un metodo di stima della posizione basato sull'iniezione di un segnale in bassa frequenza, pensato per il funzionamento a velocità molto bassa o nulla di motori a rotore isotropo [10][11].

Accanto a queste tematiche principali, il candidato ha lavorato anche su alcuni argomenti più strettamente correlati ai convertitori statici di potenza. Uno di questi riguarda lo studio di modulazioni Pulse Width Modulation (PWM) innovative. Per gli inverter trifasi a tre livelli Neutral



	<p>Point Clamped (NPC) si sono studiati il problema della tensione del punto neutro e della minimizzazione delle perdite [12].</p> <p>Un ulteriore filone di ricerca, sul quale si è svolto principalmente studio e sviluppo fortemente orientato ad applicazioni industriali (caricabatterie per veicoli elettrici e/o ibridi, nell'ambito di collaborazioni con IDM srl e Metasystem SpA), è quello dei convertitori multifase e risonanti. Nel primo caso, si è studiato un sistema di conversione multi-stadio, con convertitore bidirezionale multi-fase, collegato ad una batteria, ed inverter trifase (topologia NPC), collegato ad un motore/generatore [8][18], legato ad applicazioni di trazione ibrida (mild-hybrid).</p> <p>Nella collaborazione con Metasystem SpA è stato sviluppato un convertitore per caricabatterie, basato sulla topologia LLC. Il convertitore ed il relativo controllo hanno equipaggiato il caricabatterie di un'auto elettrica (BMW i3), prodotto dalla stessa Metasystem. Della stessa topologia, inoltre, sono state studiate versioni innovative (bidirezionali) ed alcuni problemi relativi alla dinamica ed al controllo in un range di tensioni di ingresso ed uscita ampio, criticità che costituiscono attualmente un ostacolo all'adozione di questi convertitori, considerati per altri aspetti (come efficienza, densità di potenza e presenza di isolamento) molto promettenti.</p> <p>L'attività oggetto degli assegni di ricerca ha riguardato lo studio e l'implementazione di tecniche di controllo avanzate, applicate al caso del controllo di motori sincroni trifase, alimentati da inverter, in particolare IPMSM e motori sincroni a riluttanza (SynRM).</p> <p>L'implementazione degli algoritmi proposti e studiati è stata effettuata principalmente attraverso azionamenti standard industriali, allo scopo di effettuarne una caratterizzazione (utile anche alla validazione degli studi teorici e di simulazione) valutandone allo stesso tempo i reali limiti derivanti dalle capacità di calcolo e dagli effetti non-ideali dei tipici sistemi hardware presenti sul mercato.</p> <p>Dal punto di vista dello sviluppo di algoritmi, uno dei temi affrontati è stato quello dell'identificazione delle curve di flusso, secondo i due assi diretto e in quadratura, a rotore fermo. È stata proposta una metodologia originale che, attraverso l'iniezione di opportuni stimoli in termini di tensione effettuata direttamente dal controllore per mezzo dell'inverter, rende possibile la misurazione dei flussi e la corrispondente modellazione, utilizzabili poi per caratterizzare alcune condizioni di funzionamento in tempo reale. Adottando una opportuna funzione di interpolazione (proposta per lo scopo) e la regressione ai minimi quadrati multipla, è possibile identificare le curve di flusso comprendenti gli effetti di saturazione magnetica con buona precisione, mantenendo un uso di risorse di calcolo e di memoria limitato. Se si considera l'utilizzo anche di un ulteriore metodo di identificazione per la resistenza (come ad es. quelli presentati in [17][22][26]), la tecnica proposta non richiede la conoscenza a priori di alcun parametro della macchina, eccezion fatta per il valore nominale di corrente, obbligatoriamente riportato sulla targa del motore. Questo vantaggio, assieme al fatto che la procedura può svolgersi senza rotazione dell'asse (e senza richiedere l'uso di</p>
--	---

accorgimenti meccanici), le garantisce una più ampia efficacia ed applicabilità rispetto a quanto riportato in altri lavori, anche recenti, tesi a risolvere il medesimo problema.

I risultati di questa attività sono stati presentati ad una conferenza internazionale del settore [24] e successivamente pubblicati su rivista [27]. E' interessante notare che la proposta in questione è stata uno spunto utile ad altri ricercatori, che hanno proposto varianti del metodo, per la soluzione dello stesso tipo di problema.

Il candidato ha inoltre lavorato per estendere lo studio effettuato negli anni precedenti sul deflussaggio, ed in particolare riguardo al corretto dimensionamento dei parametri dell'anello di regolazione della tensione nel caso del deflussaggio di IPMSM. La prima proposta, [6], prevedeva l'adattamento dei guadagni del regolatore di deflussaggio in funzione del punto di lavoro (in termini di corrente, tensione e velocità) della macchina, in modo da compensare la non-linearità del sistema controllato. Nonostante il contributo innovativo, in quanto quel tipo di studio non era stato sviluppato in precedenza, l'utilizzo del metodo era limitato solamente ad alcuni casi applicativi, a causa del fatto che non venivano forniti dei criteri per la scelta dei guadagni del regolatore. A seguito di una richiesta da parte di un'azienda con la quale era in essere una collaborazione (Gefran spa), questa tematica è stata portata avanti, in vista dell'obiettivo di ottenere una taratura automatica dell'intero sistema di controllo ("auto-tuning"), a partire da misure effettuate anch'esse in modo automatico ("self-commissioning"). È stato quindi proposto un approccio originale allo studio del problema che, introducendo alcune ragionevoli semplificazioni, consente di ottenere una formulazione del problema più facilmente trattabile analiticamente, e tramite una compensazione (gain scheduling) in tempo reale, fa sì che si abbia una stessa funzione di trasferimento nota, in tutte le condizioni di lavoro. I risultati di questa attività sono stati presentati alla conferenza ECCE 2015, [23].

Nell'ambito dello studio di algoritmi di controllo innovativi per IPMSM, l'attenzione alle problematiche dell'aspetto applicativo ha portato a proporre un metodo che consente di scegliere in modo analitico ed adattare in tempo reale i parametri di controllo in un algoritmo di inseguimento automatico della caratteristica a massimo rapporto coppia su corrente (MTPA). In tal modo la dinamica di inseguimento dell'MTPA è selezionabile in forma chiusa, a partire dai parametri della macchina elettrica (anche in presenza di errori parametrici rilevanti). Perciò anche questo metodo è volto a rendere possibile l'adozione della tecnica in modo affidabile in ambito industriale, in particolare su azionamenti per applicazioni non specifiche, dove si desidera che i parametri del sistema di controllo vengano scelti automaticamente dal controllo dell'azionamento, in funzione dei parametri di targa inseriti dall'utente e di misurazioni effettuate dal drive direttamente sul campo (ad esempio tramite le sopra citate tecniche di riconoscimento). I risultati di questa attività sono stati presentati ad importanti conferenze internazionali del settore [28][31]. L'articolo [33], inoltre, che tratta degli stessi temi, è

stato premiato dall'Industrial Drives Committee dell'IEEE Industry Applications Society con il Third Prize Paper Award.

Infine, l'attività di ricerca sviluppata negli anni precedenti, relativa all'analisi degli effetti dei tempi morti negli inverter trifase, ed alla loro compensazione, è stata riorganizzata e pubblicata su una importante rivista del settore, [26]. Anche questa attività di ricerca è scaturita dal problema della distorsione della tensione di uscita, che affligge il controllo degli azionamenti ed è particolarmente sentito in ambito industriale. Gli effetti di questo fenomeno erano stati osservati in particolare durante lo sviluppo del controllo sensorless per motori sincroni a magneti permanenti superficiali. Da un'analisi del problema si è giunti ad individuare un modello fisico relativamente semplice, ma allo stesso tempo fedele, dell'effetto oggetto dello studio. Questo ha permesso di elaborare una procedura automatica di identificazione dei parametri equivalenti del modello (compresa la resistenza di fase del motore collegato), attuabile dal controllo tramite l'inverter stesso ("self-identification"). E' stato poi possibile utilizzare lo stesso modello anche per attuare la compensazione delle tensioni di uscita, ottenendo un sensibile miglioramento della qualità delle forme d'onda, che si traduce in migliori prestazioni di controllo. I risultati di questo studio, come mostrato anche nelle pubblicazioni presentate a riguardo, sono applicabili al controllo di qualsiasi motore trifase.

Alla conclusione del primo assegno di ricerca (biennale), la sinergia tra le varie attività svolte sul controllo di motori sincroni (SynRM e IPMSM) ha permesso di portare a termine un progetto complesso (finanziato da Gefran spa), che prevedeva lo sviluppo completo degli algoritmi di controllo per tali macchine, compresa una base di procedure automatizzate che permettesse di effettuare la messa in servizio autonoma ("self-commissioning") dell'azionamento, sia nel caso con sensore di posizione che sensorless. Oltre alla costruzione di uno schema di controllo adatto, per l'ottenimento di questo risultato dovevano essere implementati anche il riconoscimento dei parametri della macchina da parte dell'azionamento stesso e la taratura automatica ("auto-tuning") di tutti i valori da impostare nell'algoritmo di controllo (guadagni, bande di filtraggio, ecc.), a partire da una singola specifica di banda passante inserita dall'utente e dai parametri misurati autonomamente. Tra i parametri da dimensionare sono compresi anche quelli per gli algoritmi di stima di posizione e velocità (sia per basse velocità, basati su iniezione di segnale, che per alta velocità, basati sulla forza contro-elettromotrice), quelli per il funzionamento in MTPA e quelli per la regolazione in deflussaggio, oltre alla compensazione delle non-idealità dell'inverter (cruciale per il funzionamento degli algoritmi di stima). Inoltre, durante i test sperimentali, vista anche l'inevitabile presenza di incertezze di stima dei parametri, la procedura è stata valutata sia quantitativamente che qualitativamente su un parco relativamente esteso di motori diversi per taglia, caratteristiche magnetiche e costruttive. In questo modo si sono potuti validare ed affinare i necessari criteri di scelta implementati negli algoritmi di auto-tuning basandosi su considerazioni statistiche, oltre che, ovviamente, analitiche. Questo percorso di studio e sviluppo, le cui

principali mete raggiunte sono state documentate da vari articoli, ciascuno relativo ad una parte, è stato infine riassunto in un lavoro presentato alcuni anni dopo ad un simposio sul controllo sensorless [38].

Per questo lavoro, come anche per verifiche sperimentali legate ad altri studi, si è reso necessario l'allestimento di vari banchi prova di laboratorio e delle relative procedure di misura (generazione degli stimoli necessari, acquisizione ed elaborazione dei risultati). In particolare sono stati messi a punto un banco prova comprendente un freno passivo con misura della coppia frenante ed un banco per la caratterizzazione magnetica in rotazione, assieme ai relativi software di elaborazione tramite calcolatore. Queste attività, insieme all'organizzazione ed al supporto alle attività didattiche di laboratorio, hanno contribuito anche all'acquisizione di competenze pratiche nella gestione di un laboratorio.

Nel campo dei convertitori statici di alta potenza, il dott. Calligaro ha lavorato allo studio e allo sviluppo di soluzioni di controllo per applicazioni in forni elettrici ad arco elettrico (Electric Arc Furnace, EAF). Il progetto, svolto presso l'Università di Udine e finanziato da Danieli Automation SpA, prevedeva l'impiego di un inverter per l'alimentazione di un EAF trifase (applicazione del tutto nuova nel panorama internazionale del settore), la cui potenza è tipicamente nell'ordine delle decine di MW (in bassa tensione, quindi con correnti elevate). L'obiettivo, piuttosto ambizioso, era quello di proporre delle tecniche di controllo delle grandezze elettriche adeguate all'applicazione. Nel corso di questa attività di ricerca sono state ideate diverse soluzioni innovative, per gestire alcune criticità, come la forte variabilità del carico, la bassa velocità di aggiornamento del controllo e l'impiego di convertitori in parallelo, e per modellare il comportamento dell'arco elettrico, da un punto di vista circuitale.

In parallelo alle attività di sviluppo di algoritmi di controllo, è stato affrontato lo studio di architetture di implementazione con hardware innovativi, comprendenti ad esempio componenti Field Programmable Gate Array (FPGA). Sono state individuate e analizzate architetture commerciali e valutati i relativi sistemi di sviluppo. Lo studio ha chiaramente riguardato sia l'aspetto tecnico, cioè la disponibilità e la flessibilità offerta dalle risorse hardware disponibili, sia l'aspetto economico, importante ai fini di una reale applicabilità di queste architetture nelle reali applicazioni industriali.

In particolare, lo sviluppo si è basato sull'innovativo metodo "model-based", ossia basato sulla descrizione di algoritmi mediante schemi adatti anche alla simulazione. Questo approccio permette un passaggio molto immediato tra la fase di modellazione e simulazione e quella di implementazione, contribuendo così ad una velocizzazione della fase di messa a punto, verifica e documentazione degli algoritmi. I risultati di questo studio sono stati interessanti, ed è possibile immaginare che l'elevata capacità di queste architetture di calcolo, grazie alla loro struttura parallela, sarà molto utile in futuro per l'implementazione di algoritmi avanzati o ad elevatissime frequenze di aggiornamento. Nel campo dei sistemi di controllo per azionamenti

elettrici (preso come riferimento, per l'interesse strategico da parte di un'azienda del settore) si può stimare che sia possibile la realizzazione di controlli a latenza praticamente nulla, oppure l'esecuzione di algoritmi complessi, ad es. per il controllo predittivo (Model Predictive Control, MPC). Anche in questo settore si sono sviluppati degli studi in simulazione, volti a valutare le possibilità offerte in termini di miglioramento delle prestazioni, rispetto agli schemi di controllo tradizionali.

Come ricercatore a tempo determinato, il dott. Calligaro è stato responsabile della maggior parte delle attività di insegnamento e ricerca nel campo del settore ING-IND/32 presso la Libera Università di Bolzano, coordinando per un certo periodo il lavoro di tre dottorandi e di un assegnista.

L'attività di ricerca del candidato presso la Libera Università di Bolzano (LUB) è continuata nel solco delle precedenti, ossia sul controllo avanzato e sensorless di macchine sincrone. In particolare, sono stati studiati l'identificazione di parametri (flusso del magnete permanente [35] e dei parametri meccanici del carico [40]), il controllo sensorless tramite iniezione in alta frequenza [29][44] ed il deflussaggio [43].

Sono stati inoltre portati avanti alcuni argomenti di ricerca ulteriori: lo studio e la simulazione di macchine elettriche nel loro comportamento ad alta frequenza, la modellazione ed il controllo di topologie di convertitori statici come il Dual Active Bridge e la modellazione e gestione di batterie per il settore automotive.

Riguardo al controllo sensorless, in particolare, è stato proposto un metodo innovativo di adattamento automatico dei guadagni di un PLL (Phase-Locked Loop) per l'estrazione della stima di posizione e velocità in motori sincroni a magneti permanenti o a riluttanza. Il metodo sviluppato evita la necessità di taratura dell'algoritmo di stima, lo rende invariante rispetto alle variazioni dell'anisotropia (dovute ad esempio alla saturazione magnetica) e permette di mantenere fissata l'entità del segnale iniettato (con conseguenti vantaggi in termini di perdite e rumore acustico).

Lo studio riguardante la dinamica dell'anello di tensione per il funzionamento in deflussaggio è stato recentemente completato (anche dopo la conclusione del contratto da ricercatore), introducendo dei criteri analitici per il dimensionamento del regolatore di tensione, a fronte di diversi possibili disturbi, tipici del funzionamento reale in applicazioni industriali, quali la mancanza o riduzione della tensione di alimentazione, l'accelerazione massima e le variazioni veloci di coppia [43][45].

Inoltre, recentemente il candidato è stato coinvolto nello studio di aspetti riguardanti la simulazione agli elementi finiti ed il controllo di macchine elettriche per quel che riguarda gli effetti ad alta frequenza, in collaborazione con alcuni colleghi. Il candidato è stato Principal Investigator del progetto "HiFED" ("High-Frequency Electric Drives"), finanziato dalla Libera Università di Bolzano su base competitiva, che

riguardava il comportamento e il controllo delle macchine e degli azionamenti ad alta frequenza o a basso rapporto tra frequenza di commutazione e fondamentale. Uno dei risultati del progetto [36] è la modellazione di un errore sistematico di misura della corrente, che compare nel caso del campionamento sincrono, tipico del controllo motore, ed è enfatizzato quando il rapporto tra frequenza di switching e fondamentale è basso.

Nello stesso periodo, nell'ambito del progetto Smart Mini Factory (SMF), insieme ad un assegnista di ricerca del settore ING-IND/32, ha contribuito allo sviluppo del laboratorio SMF, acquisendo visibilità e con ricerche nel campo delle macchine elettriche e degli azionamenti, nell'ambito di Industry 4.0.

E' stata inoltre fornita una consulenza esterna all'Università di Udine (progetto interno "SL-MW-PMSM"), riguardante lo sviluppo di tecniche sensorless per una macchina multi-avvolgimento ("multirifase") per la propulsione navale, nell'ambito del progetto PERNA (FESR), in cui l'Università di Udine era coinvolta [42]. Tale progetto ha assunto importanza per le tematiche affrontate (macchine multi-fase e multi-avvolgimento), che stanno diventando molto popolari nella ricerca e vengono considerate anche in concept per applicazioni industriali (ad esempio nella trazione elettrica ed ibrida). In tale occasione, sono stati utilizzati alcuni risultati, ricavati precedentemente per il caso dell'EAF, riguardanti il controllo di corrente in induttori posti in parallelo.

Il gruppo di ricerca coordinato dal candidato ha partecipato anche al progetto COOL-CAR (finanziato nell'ambito del programma FESR), di cui la LUB è capofila, con Roehling Automotive Italia nel ruolo di partner. Il progetto, ancora in corso, prevede lo studio delle problematiche relative ai moduli di batterie per autoveicoli, con particolare attenzione agli aspetti termici. La tecnologia agli ioni di litio, che viene considerata come quella riferimento per le celle delle batterie automotive, pone diverse sfide legate alle sollecitazioni termiche, meccaniche ed elettriche, che hanno implicazioni sulla sicurezza, affidabilità e prestazioni. Il contributo principale del gruppo (in particolare da parte di un Assistant Researcher nel settore ING-IND/32) ha riguardato lo studio e la simulazione degli aspetti elettrici [46], la messa a punto sperimentale e la preparazione delle campagne di misura. Il progetto ha permesso al gruppo di ricerca di acquisire competenze sui sistemi di accumulo ed in particolare sulla modellazione di celle di batteria, che sono state poi utili nella progettazione e nello svolgimento del progetto GREEN-SEED.

Il 27 gennaio 2020 è iniziato inoltre il progetto GREEN-SEED, finanziato nell'ambito del bando PRIN2017, del quale il dott. Calligaro è stato tra i proponenti, insieme ai prof. Luigi Alberti (Università degli Studi di Padova, Principal Investigator), Michele Mattetti (Università di Bologna) e Davide Barater (Università di Modena e Reggio Emilia). Lo svolgimento del progetto è in corso e prevede lo studio e la dimostrazione di strumenti, tecniche e strategie per l'ibridazione di trattori agricoli. La proposta ha registrato anche l'interesse di alcune importanti aziende operanti nel settore automotive, come CNH Industrial ed Alpitronic srl.

	<p>Attualmente, il prof. Massimiliano Renzi sostituisce il candidato nella responsabilità dell'unità di ricerca della LUB. Purtroppo, il candidato non ha potuto svolgere il ruolo di responsabile di unità, se non per brevissimo tempo, a causa della conclusione del contratto da ricercatore, e soprattutto per il forte ritardo con il quale è stato concesso di avviare i progetti PRIN.</p> <p>Altri temi di ricerca ai quali il candidato si è recentemente interessato riguardano i convertitori elettronici di potenza, come ad esempio:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- convertitori di media potenza, principalmente per applicazioni legate a batterie automotive come il Dual Active Bridge (i risultati parziali sono stati pubblicati in [47][48]);</li><li>- trasferimento di potenza senza fili e progettazione di componenti magnetici in generale (in collaborazione con l'Università di Udine);</li><li>- applicazioni particolari, come gli azionamenti elettrici per piccole imbarcazioni [42] (in collaborazione con l'Università di Udine).</li></ul> <p>Durante i tre anni di attività presso la Libera Università di Bolzano, la responsabilità sullo svolgimento di progetti di ricerca, sia in autonomia che in collaborazione, nella gestione di un gruppo di ricerca (da 3 a 5 persone), nella supervisione di studenti di dottorato e nella didattica in generale, hanno permesso al candidato la maturazione di importanti competenze, sia in ambito scientifico, che organizzativo.</p> <p>Attualmente, il candidato svolge attività di ricerca e sviluppo presso Danieli Automation SpA, dove fa parte di un piccolo gruppo all'interno che si occupa principalmente del progetto/prodotto denominato "Q-One". Il "Q-One" è un sistema di alimentazione e regolazione elettrica per forni ad arco (EAF) AC trifase, per la produzione di acciaio. Si tratta di una soluzione nuova (i primi impianti sono in funzione da pochi anni) ed unica nel suo genere, perché basata su un convertitore statico di potenza elevata, a differenza dei sistemi tradizionali, dove la regolazione avviene mediante la movimentazione meccanica degli elettrodi ed eventualmente grazie ad altri accorgimenti elettro-meccanici. Grazie al miglioramento delle prestazioni dal punto di vista elettrico, il sistema Q-One apre nuove possibilità in termini di controllo di processo, di ottimizzazione e di impatto sulla rete a monte, che nel caso dei forni ad arco elettrico è particolarmente critico. Data la tipica taglia di un forno ad arco (solitamente varie decine di MW), l'innovatività e le peculiarità dell'applicazione, si può evincere come il funzionamento del Q-One ponga importanti sfide tecniche, sia dal punto di vista del controllo, che dell'hardware. Come noto anche dalla letteratura, il sistema trifase legato all'arco sui tre elettrodi di un EAF trifase è un carico non-lineare, sbilanciato ed ampiamente variabile. Per ovvie ragioni di riservatezza, non è possibile divulgare ulteriori informazioni sul sistema in questo documento, né sono state realizzate pubblicazioni scientifiche riguardo al lavoro svolto dal candidato presso Danieli Automation.</p>
--	---

<p><b>Sintesi dei risultati più significativi della ricerca</b></p>	<p>Nell'arco della carriera come ricercatore, i maggiori risultati ottenuti dal candidato ha ottenuto i seguenti risultati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- finanziamento PRIN, ottenuto per il progetto GREEN-SEED (il candidato non ha poi potuto seguire il progetto, se non per un brevissimo periodo, data la conclusione del rapporto di lavoro con la LUB ed il lungo tempo intercorso tra la presentazione della proposta e la possibilità di avvio del progetto);</li> <li>- tecnica innovativa per l'adattamento del guadagno degli anelli di MTPA tracking, pubblicato in [28][31][34] (quest'ultimo premiato con il Third Prize Paper Award 2017 dal IDC di IEEE Industry Applications Society);</li> <li>- coordinamento di un piccolo gruppo di ricerca (5 componenti), delle attività di insegnamento relative al proprio settore e delle collaborazioni con aziende ed altre istituzioni, presso la LUB;</li> <li>- sviluppo di una soluzione completa di tecniche per l'auto-identificazione ed auto-taratura di controlli per azionamenti con IPMSM e SynRM (sia con che senza sensore meccanico), pronti per l'impiego industriale (contratto di ricerca finanziato da Gefran SpA presso l'Università di Udine, parzialmente pubblicata in [38]);</li> <li>- sviluppo di tecniche di controllo sensorless SM PMSM per un azionamento industriale (Gefran ADV200), comprendente l'autotuning, la gestione dell'avviamento e la diagnosi;</li> <li>- nuovo studio sulla dinamica di un algoritmo di stima sensorless basato sulla back-EMF, [4][20];</li> <li>- tecnica innovativa per l'auto-identificazione delle caratteristiche di flusso (a rotore fermo) per SynRM, [24][27];</li> <li>- nuovo studio della dinamica, compensazione e auto-tuning del regolatore per deflussaggio ad anello chiuso in IPMSM, [3][6][7][21][23][33][45];</li> <li>- nuova proposta di modellazione, auto-identificazione e compensazione della distorsione temporale morta dell'inverter e della resistenza di fase, [17][22][26];</li> <li>- controllo vettoriale sensorless di motori passo-passo bifase con modulo inverter trifase, [19] (premiato come "Outstanding Presentation" alla conferenza APEC2014);</li> <li>- tecnica innovativa per l'auto-adattamento del guadagno, auto-taratura e adattamento dell'ampiezza della tensione per la tecnica di controllo sensorless con iniezione ad alta frequenza, presentato alla conferenza SLED2017 [29] e pubblicato, in una versione migliorata e più completa, sulla rivista Energies [44];</li> <li>- nuove tecniche per il controllo della corrente nei forni elettrici ad arco (carico sbilanciato, non-lineare e fortemente variabile) mediante inverter in parallelo [37];</li> <li>- partecipazione a numerosi progetti di ricerca e ricerca e sviluppo, sia per istituzioni che per aziende private, anche in collaborazione con altri gruppi di ricerca italiani.</li> </ul>
---	--



**Riassunto dei principali finanziamenti e riconoscimenti ottenuti**

Nella seguente tabella sono riportate le fonti di finanziamento delle principali attività di ricerca alle quali il candidato ha partecipato.

Data	Titolare/i del riconoscimento	Ente finanziatore	Titolo	Importo ricevuto
2010-2012	Calligaro Sandro	MIUR	Borsa di dottorato	come previsto dalla legge
2012	Roberto Petrella (DIEGM – Università degli Studi di Udine)	Elta srl	Controllo vettoriale di motori stepper	€ 8.000 + IVA
2013-2015	Roberto Petrella (DIEGM – Università degli Studi di Udine)	Gefran spa, Università degli Studi di Udine	Controllo avanzato e sensorless di azionamenti trifase	€ 92.000 + IVA (Gefran spa) + 40% cofinanziamento assegno di ricerca (uniud)
2016	Roberto Petrella (DPIA – Università degli Studi di Udine)	Danieli Automation spa	Regolazione di corrente in forni ad arco elettrico alimentati da inverter	12.000 € + IVA
2017-2019	Calligaro Sandro	Libera Università di Bolzano	HiFED (progetto interno unibz)	€ 19.500 (assegnati interamente al gruppo di ricerca)
2018	Calligaro Sandro	Università degli Studi di Udine	SL MW PMSM – SensorLess Multiple Winding PMSM	€ 5.900 € + IVA
2018-2021	Libera Università di Bolzano, Roechling Srl	EFRE-FESR Provincia Autonoma di Bolzano Alto Adige	COOL-CAR	€ 279.041,24 (assegnati alla LUB, suddivisi tra due gruppi di ricerca)
2020-2022	Calligaro Sandro	MIUR (PRIN)	GREEN-SEED	totale progetto: € 514.000 circa (suddivisi tra 4 gruppi di ricerca)

Il candidato ha partecipato a diversi altri progetti presso l'Università di Udine, sia finanziati da istituzioni pubbliche che da aziende. La tabella

	<p>riporta quelli nei quali il suo contributo può essere ritenuto maggiormente significativo in termini di attività di ricerca.</p>
<p><b>Pubblicazioni</b></p>	<p>Elenco delle pubblicazioni del candidato, in ordine cronologico.</p> <p>[1] Bolognani, S.; Calligaro, S.; Petrella, R.; Tursini, M., "Sensorless control of IPM motors in the low-speed range and at stand-still by HF-injection and DFT processing," in <i>Electric Machines and Drives Conference, 2009. IEMDC '09. IEEE International</i> , vol., no., pp.1557-1564, 3-6 May 2009 doi: 10.1109/IEMDC.2009.5075411</p> <p>[2] Bolognani, S.; Calligaro, S.; Petrella, R.; Tursini, M., "Sensorless Control of IPM Motors in the Low-Speed Range and at Standstill by HF Injection and DFT Processing," in <i>Industry Applications, IEEE Transactions on</i> , vol.47, no.1, pp.96-104, Jan.-Feb. 2011 doi: 10.1109/TIA.2010.2090317</p> <p>[3] Bolognani, S.; Calligaro, S.; Petrella, R.; Pogni, F., "Flux-weakening in IPM motor drives: Comparison of state-of-art algorithms and a novel proposal for controller design," in <i>Power Electronics and Applications (EPE 2011), Proceedings of the 2011-14th European Conference on</i> , vol., no., pp.1-11, Aug. 30 2011-Sept. 1 2011</p> <p>[4] Bolognani, S.; Calligaro, S.; Petrella, R., "Design issues and estimation errors analysis of back-EMF based position and speed observer for SPM synchronous motors," in <i>Sensorless Control for Electrical Drives (SLED), 2011 Symposium on</i> , vol., no., pp.138-145, 1-2 Sept. 2011 doi: 10.1109/SLED.2011.6051558</p> <p>[5] Bolognani, S.; Calligaro, S.; Petrella, R.; Sterpellone, M., "Sensorless control for IPMSM using PWM excitation: Analytical developments and implementation issues," in <i>Sensorless Control for Electrical Drives (SLED), 2011 Symposium on</i> , vol., no., pp.64-73, 1-2 Sept. 2011 doi: 10.1109/SLED.2011.6051546</p>

	<p>[6] Bolognani, S.; Calligaro, S.; Petrella, R., "Adaptive flux-weakening controller for IPMSM drives," in <i>Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2011 IEEE</i>, vol., no., pp.2437-2444, 17-22 Sept. 2011 doi: 10.1109/ECCE.2011.6064092</p> <p>[7] Bolognani, S.; Calligaro, S.; Petrella, R., "Optimal voltage feedback flux-weakening control of IPMSM," in <i>IECON 2011 - 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society</i>, vol., no., pp.4170-4175, 7-10 Nov. 2011 doi: 10.1109/IECON.2011.6119770</p> <p>[8] Morandin, M.; Bolognani, S.; Petrella, R.; Pevere, A.; Calligaro, S., "Mild-hybrid traction system based on a bidirectional half-bridge interleaved converter and a three-level active NPC inverter-fed PMSM," in <i>Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2012 Twenty-Seventh Annual IEEE</i>, vol., no., pp.1644-1651, 5-9 Feb. 2012 doi: 10.1109/APEC.2012.6166041</p> <p>[9] Calligaro, S.; Petrella, R., "Accuracy and robustness improvement in sensorless PMSM drives at low-speed by direct-axis current injection," in <i>Sensorless Control for Electrical Drives (SLED), 2012 IEEE Symposium on</i>, vol., no., pp.1-5, 21-22 Sept. 2012 doi: 10.1109/SLED.2012.6422798</p> <p>[10] Bolognani, S.; Calligaro, S.; Petrella, R., "Sensorless quasi-standstill and very low-speed position detection in non-salient PMSMs based on current injection and back-EMF observer," in <i>Sensorless Control for Electrical Drives (SLED), 2012 IEEE Symposium on</i>, vol., no., pp.1-7, 21-22 Sept. 2012 doi: 10.1109/SLED.2012.6422813</p> <p>[11] Calligaro, S.; Petrella, R., "A novel proposal for sensorless speed control of non-salient PMSMs at standstill and low-speed based on current injection and constant direct-axis current stabilization effect," in <i>Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2013 Twenty-Eighth Annual IEEE</i>, vol., no., pp.2361-2368, 17-21 March 2013 doi: 10.1109/APEC.2013.6520625</p> <p>[12] Calligaro, S.; Pasut, F.; Petrella, R.; Pevere, A., "Modulation techniques for three-phase three-level NPC inverters: A review and a novel solution for switching losses reduction and optimal neutral-point balancing in photovoltaic applications," in <i>Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2013 Twenty-Eighth Annual IEEE</i>, vol., no., pp.2997-3004, 17-21 March 2013 doi: 10.1109/APEC.2013.6520725</p> <p>[13] Calligaro, S.; Petrella, R., "General-Purpose Full-Speed-Range Sensorless SPM Drive: Low-Frequency Injection and Robustness Improvement," PCIM Europe 2013, Nuremberg 14-16 May 2013</p>
--	--

	<p>[14] Calligaro, S.; Petrella, R., <i>Pevere, A.</i>, "Hybrid modulation and optimal neutral-point voltage control for three-level NPC inverters", PCIM Europe 2013, Nuremberg 14-16 May 2013.</p> <p>[15] <i>Calligaro, S.</i>, "Permanent Magnet Synchronous Motors Control: Sensorless and Field-Weakening Operation", tesi di dottorato, Università degli Studi di Udine 23 aprile 2013.</p> <p>[16] Bedetti, N.; <i>Calligaro, S.</i>; Petrella, R., "A novel approach to the design of back-EMF observer based sensorless control of non-salient PMSM: Theoretical analysis and experimental investigations," in <i>Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2013 IEEE</i>, vol., no., pp.3496-3503, 15-19 Sept. 2013 doi: 10.1109/ECCE.2013.6647161</p> <p>[17] Bedetti, N.; <i>Calligaro, S.</i>; Petrella, R., "Accurate modeling, compensation and self-commissioning of inverter voltage distortion for high-performance motor drives," in <i>Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2014 Twenty-Ninth Annual IEEE</i>, vol., no., pp.1550-1557, 16-20 March 2014 doi: 10.1109/APEC.2014.6803513</p> <p>[18] Bolognani, S.; Morandin, M.; <i>Calligaro, S.</i>; Petrella, R.; <i>Pevere, A.</i>, "Bidirectional PMSM drive employing a three level ANPC inverter and a multi-phase interleaved DC/DC converter for hybrid electric vehicles," in <i>Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2014 Twenty-Ninth Annual IEEE</i>, vol., no., pp.818-825, 16-20 March 2014 doi: 10.1109/APEC.2014.6803402</p> <p>[19] Antonioli, A.; Antonioli, M.; <i>Calligaro, S.</i>; Petrella, R., "A low cost sensorless drive for hybrid stepper motors based on back-EMF observer and d-axis current injection for industrial labelling machines," in <i>Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2014 Twenty-Ninth Annual IEEE</i>, vol., no., pp.2492-2499, 16-20 March 2014 doi: 10.1109/APEC.2014.6803654</p> <p>[20] Bolognani, S.; <i>Calligaro, S.</i>; Petrella, R., "Design Issues and Estimation Errors Analysis of Back-EMF-Based Position and Speed Observer for SPM Synchronous Motors," in <i>Emerging and Selected Topics in Power Electronics, IEEE Journal of</i>, vol.2, no.2, pp.159-170, June 2014 doi: 10.1109/JESTPE.2013.2296974</p> <p>[21] Bolognani, S.; <i>Calligaro, S.</i>; Petrella, R., "Adaptive Flux-Weakening Controller for Interior Permanent Magnet Synchronous Motor Drives," in <i>Emerging and Selected Topics in Power Electronics, IEEE Journal of</i>, vol.2, no.2, pp.236-248, June 2014 doi: 10.1109/JESTPE.2014.2299153</p> <p>[22] Bedetti, N.; <i>Calligaro, S.</i>; Petrella, R., "Self-commissioning of inverter dead-time compensation by multiple linear regression</p>
--	---

	<p>based on a physical model," in <i>Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2014 IEEE</i>, vol., no., pp.242-249, 14-18 Sept. 2014. doi: 10.1109/ECCE.2014.6953400</p> <p>[23] Bedetti, N.; Calligaro, S.; Petrella, R., "Analytical design of flux-weakening voltage regulation loop in IPMSM drives," in <i>Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2015 IEEE</i>, vol., no., pp.6145-6152, 20-24 Sept. 2015 doi: 10.1109/ECCE.2015.7310521</p> <p>[24] Bedetti, N.; Calligaro, S.; Petrella, R., "Stand-still self-identification of flux characteristics for SynRM using novel saturation approximating function and multiple linear regression," in <i>Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2015 IEEE</i>, vol., no., pp.2995-3002, 20-24 Sept. 2015 doi: 10.1109/ECCE.2015.7310079</p> <p>[25] M. Morandin, S. Bolognani, A. Pevere, S. Calligaro and R. Petrella, "Active Torque Ripple Damping in Direct Drive Range Extender Applications: A Comparison and an Original Proposal," 2015 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), Montreal, QC, 2015, pp. 1-6 doi: 10.1109/VPPC.2015.7352891</p> <p>[26] Bedetti, N.; Calligaro, S.; Petrella, R., "Self-Commissioning of Inverter Dead-Time Compensation by Multiple Linear Regression Based on a Physical Model," in <i>Industry Applications, IEEE Transactions on</i>, vol.51, no.5, pp.3954-3964, Sept.-Oct. 2015 doi: 10.1109/TIA.2015.2436882</p> <p>[27] Bedetti, N.; Calligaro, S.; Petrella, R., "Stand-Still Self-Identification of Flux Characteristics for Synchronous Reluctance Machines Using Novel Saturation Approximating Function and Multiple Linear Regression," in <i>IEEE Transactions on Industry Applications</i>, vol. 52, no. 4, pp. 3083-3092, July-Aug. 2016. doi: 10.1109/TIA.2016.2535413</p> <p>[28] S. Calligaro, C. Olsen, R. Petrella and N. Bedetti, "Automatic MTPA tracking in IPMSM drives: Loop dynamics, design and auto-tuning," <i>2016 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)</i>, Milwaukee, WI, 2016, pp. 1-8. doi: 10.1109/ECCE.2016.7854891</p> <p>[29] L. Alberti, O. Bottesi, S. Calligaro, P. Kumar and R. Petrella, "Self-adaptive high-frequency injection based sensorless control for IPMSM and SynRM," <i>2017 IEEE International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED)</i>, Catania, 2017, pp. 97-102. doi: 10.1109/SLED.2017.8078437</p> <p>[30] O. Bottesi, S. Calligaro, P. Kumar, L. Alberti and R. Petrella, "Self-commissioning of sensorless drive for synchronous machine: Finite element analysis computation and measurement of flux</p>
--	--

	<p>maps," <i>2017 IEEE International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED)</i>, Catania, 2017, pp. 73-78. doi: 10.1109/SLED.2017.8078433</p> <p>[31] N. Bedetti, S. Calligaro and R. Petrella, "Self-adaptation of MTPA tracking controller for IPMSM and SynRM drives based on on-line estimation of loop gain," <i>2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)</i>, Cincinnati, OH, 2017, pp. 1917-1924. doi: 10.1109/ECCE.2017.8096029</p> <p>[32] O. Bottesi, S. Calligaro and L. Alberti, "Investigation on the frequency effects on iron losses in laminations," <i>2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)</i>, Cincinnati, OH, 2017, pp. 1161-1168. doi: 10.1109/ECCE.2017.8095920</p> <p>[33] N. Bedetti, S. Calligaro and R. Petrella, "Analytical design and auto-tuning of adaptive flux-weakening voltage regulation loop in IPMSM drives with accurate torque regulation," <i>2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)</i>, Cincinnati, OH, 2017, pp. 5884-5891. doi: 10.1109/ECCE.2017.8096973</p> <p>[34] N. Bedetti, S. Calligaro, C. Olsen and R. Petrella, "Automatic MTPA Tracking in IPMSM Drives: Loop Dynamics, Design, and Auto-Tuning," in <i>IEEE Transactions on Industry Applications</i>, vol. 53, no. 5, pp. 4547-4558, Sept.-Oct. 2017. doi: 10.1109/TIA.2017.2708683</p> <p>[35] J. Jacob, P. Kumar, S. Calligaro and R. Petrella, "Self-Commissioning Identification of Permanent Magnet Flux-Linkage Magnitude in Sensorless Drives for PMSM at Quasi Stand-Still," <i>2018 IEEE 9th International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED)</i>, Helsinki, 2018, pp. 144-149. doi: 10.1109/SLED.2018.8486116</p> <p>[36] J. Jacob, S. Calligaro and R. Petrella, "Systematic Current Measurement Error Due to Back-EMF in PMSM Drives Adopting Synchronous Sampling," <i>2018 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)</i>, Portland, OR, 2018, pp. 3442-3448. doi: 10.1109/ECCE.2018.8557579</p> <p>[37] S. CALLIGARO and R. PETRELLA, "Digital Current Control of Electric Arc Furnace by Parallel Modular Three-Phase IGBT Inverters," <i>2019 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)</i>, Anaheim, CA, USA, 2019, pp. 1963-1970. doi: 10.1109/APEC.2019.8722076</p> <p>[38] N. BEDETTI, S. CALLIGARO and R. PETRELLA, "Feasible Auto-Tuning Procedure for Mid-Performance Sensorless IPMSM and SynRM Drives," <i>2019 IEEE 10th International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED)</i>, Turin, Italy, 2019, pp. 1-6. doi: 10.1109/SLED.2019.8896348</p>
--	--

	<p>[39] N. BEDETTI, S. CALLIGARO and R. PETRELLA, "Discrete-Time Implementation Issues in Back-EMF Observer for Sensorless Control of PMSM and SynRM," <i>2019 IEEE 10th International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED)</i>, Turin, Italy, 2019, pp. 1-6. doi: 10.1109/SLED.2019.8896272</p> <p>[40] S. CALLIGARO, J. JOSE and R. PETRELLA, "Identification of Moment of Inertia in Sensorless PMSM drive at Quasi Stand-Still," <i>2019 IEEE 10th International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED)</i>, Turin, Italy, 2019, pp. 1-6. doi: 10.1109/SLED.2019.8896302</p> <p>[41] F. Tinazzi, S. Bolognani, S. Calligaro, P. Kumar, R. Petrella and M. Zigliotto, "Classification and review of MTPA algorithms for synchronous reluctance and interior permanent magnet motor drives," <i>2019 21st European Conference on Power Electronics and Applications (EPE '19 ECCE Europe)</i>, Genova, Italy, 2019, pp. P.1-P.10. doi: 10.23919/EPE.2019.8915144</p> <p>[42] S. Calligaro, D. Frezza, R. Petrella, M. Bortolozzi, M. Mezzarobba and A. Tessarolo, "A Fully-Integrated Fault-Tolerant Multi-Phase Electric Drive for Outboard Sailing Boat Propulsion," <i>2019 21st European Conference on Power Electronics and Applications (EPE '19 ECCE Europe)</i>, Genova, Italy, 2019, pp. 1-10. doi: 10.23919/EPE.2019.8915520</p> <p>[43] J. Jacob, S. Calligaro, O. Bottesi and R. Petrella, "Design Criteria for Flux-Weakening Control Bandwidth and Voltage Margin in IPMSM Drives Considering Transient Conditions," <i>2019 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)</i>, Baltimore, MD, USA, 2019, pp. 5667-5674. doi: 10.1109/ECCE.2019.8913236</p> <p>[44] Kumar, P., Bottesi, O., Calligaro, S., Alberti, L., Petrella, R., "Self-adaptive high-frequency injection based sensorless control for interior permanent magnet synchronous motor drives", (2019) <i>Energies</i>, 12 (19), art. no. 3645. doi: 10.3390/en12193645</p> <p>[45] N. Bedetti, S. Calligaro and R. Petrella, "Analytical Design and Autotuning of Adaptive Flux-Weakening Voltage Regulation Loop in IPMSM Drives With Accurate Torque Regulation," in <i>IEEE Transactions on Industry Applications</i>, vol. 56, no. 1, pp. 301-313, Jan.-Feb. 2020. doi: 10.1109/TIA.2019.2942807</p> <p>[46] M. A. Estevez, S. Calligaro, O. Bottesi, C. Caligiuri, M. Renzi, "An Electro-Thermal Model for the Evaluation of the Electric and Thermal Behavior of a Lithium-Ion Battery Cell for Automotive Applications", 4<sup>th</sup> South East European Conference on Sustainable</p>
--	---

	<p>Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES 2020), Sarajevo, Bosnia, June 28<sup>th</sup>-July 2<sup>nd</sup>.</p> <p>[47] <i>M. F. Fiaz</i>, S. Calligaro and R. Petrella, "Analytical Modelling and Optimization of DAB Converters Considering the Steady-State Behavior and All Degrees of Freedom," 2020 IEEE 14th International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering (CPE-POWERENG), Setubal, Portugal, 2020, pp. 76-81. doi: 10.1109/CPE-POWERENG48600.2020.9161638</p> <p>[48] <i>M. F. Fiaz</i>, S. Calligaro and R. Petrella, "Analytical Modelling and Control of Dual Active Bridge Converter Considering all Phase-Shifts," 2020 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Detroit, MI, USA, 2020, pp. 5984-5991. doi: 10.1109/ECCE44975.2020.9235649</p> <p>[49] S. Calligaro, <i>D. Marzona</i>, R. Petrella and A. Shahdadi, "MTPA Tracking Algorithms for IPMSMs and SynRMs: Accurate Evaluation and Adaptive Tuning of Real Signal Injection and Virtual Signal Injection," 2020 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Detroit, MI, USA, 2020, pp. 6079-6086. doi: 10.1109/ECCE44975.2020.9235444</p> <p>[50] <i>M. Biazon</i>, R. Petrella, S. Calligaro, M. Morandin and M. Zordan, "Full Power Range Seamless Control of Three-Phase Unidirectional Vienna Rectifier Including Partial DCM/CCM Operation with Low Harmonic Current Distortion Even Under Highly Distorted Grid," 2020 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), Detroit, MI, USA, 2020, pp. 2204-2211. doi: 10.1109/ECCE44975.2020.9235343</p> <p>Le pubblicazioni [2][20][21][26][27][34][44][45] sono articoli scientifici pubblicati su riviste scientifiche internazionali, [15] è la tesi di dottorato (disponibile pubblicamente alla pagina internet <a href="https://dspace.uniud.cineca.it/handle/10990/200">https://dspace.uniud.cineca.it/handle/10990/200</a>), mentre le rimanenti pubblicazioni fanno parte di atti di conferenze internazionali. L'unico articolo della lista non indicizzato dal database Scopus è [46].</p> <p>Ulteriori manoscritti sono attualmente in revisione da parte di comitati di riviste scientifiche, in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>J. Jose</i>, S. Calligaro and R. Petrella, "Design Criteria for Flux-Weakening Control Bandwidth and Voltage Margin in IPMSM Drives Considering Transient Conditions," in revisione presso il comitato editoriale di <i>IEEE Transactions on Industry Applications</i>.</li> <li>- <i>M. A. Estevez</i>, S. Calligaro, O. Bottesi, C. Caligiuri, M. Renzi, "An electro-thermal model and its electrical parameters estimation procedure in a lithium-ion battery cell", in revisione presso il comitato editoriale di <i>Energy, The International Journal</i>.</li> </ul>
--	---



	<p>Alla data del presente documento, il database Scopus rileva 48 lavori del candidato, che hanno ricevuto <b>606 citazioni</b> (483 escludendo le auto-citazioni di tutti i co-autori), ed indica che l'indice di Hirsch del candidato (<b>h-index</b>) è pari a <b>13</b> (10 escludendo le auto-citazioni di tutti i co-autori). Tra i lavori di cui il candidato è autore <i>principale</i>, 6 superano le 30 citazioni.</p>
<p><b>Presentazioni a conferenze internazionali</b></p>	<p>Il candidato ha partecipato, quasi sempre come relatore di uno o più articoli, alle seguenti conferenze internazionali del settore:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'11), Birmingham (UK) dal 30-08-2011 al 01-09-2011: il candidato ha presentato un articolo di cui è co-autore;</li> <li>- IEEE International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED 2011), Birmingham (UK) dal 01-09-2011 al 02-09-2011: il candidato ha presentato un articolo di cui è co-autore;</li> <li>- IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE 2011), Phoenix, AZ (USA) dal 17-09-2011 al 21-09-2011: il candidato ha presentato un articolo di cui è co-autore;</li> <li>- IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE 2012), Raleigh, NC (USA) dal 15-09-2012 al 20-09-2012;</li> <li>- IEEE International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED 2012) Milwaukee, WI (USA) dal 21-09-2012 al 21-09-2012: il candidato ha presentato un articolo di cui è co-autore;</li> <li>- International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management (PCIM 2013), Nuremberg (Germany) dal 14-05-2013 al 16-05-2013: il candidato ha presentato un articolo di cui è co-autore;</li> <li>- IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE 2013), Denver, CO (USA) dal 15-09-2013 al 19-09-2013: il candidato ha presentato un articolo di cui è co-autore;</li> <li>- IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC 2014), Fort Worth, TX (USA) dal 16-03-2014 al 20-03-2014: il candidato ha presentato un articolo di cui è co-autore;</li> <li>- Il candidato ha partecipato attivamente all'organizzazione del workshop "Recent Trends in Automotive Power Electronics and Drives for electric/hybrid vehicles" (ReTAPED), Udine (Italy), dal 15-12-2014 al 15-12-2014;</li> <li>- IEEE International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED 2017), Catania (Italia) dal 18-09-2017 al 19-09-2017: il candidato ha partecipato alla conferenza, alla quale sono stati presentati due articoli di cui è co-autore;</li> <li>- IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE 2017), Cincinnati, OH (USA): il candidato ha presentato un articolo di cui è co-autore;</li> <li>- IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC 2019), Anaheim, CA (USA) dal 17-03-2019 al 21-03-2019: il candidato ha presentato un articolo di cui è co-autore;</li> <li>- European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'19), Genova (Italia) dal 02-09-2019 al 05-09-2019: il candidato ha presentato un articolo di cui è co-autore;</li> </ul>

	<p>- IEEE International Symposium on Sensorless Control for Electrical Drives (SLED 2019), Torino (Italia) dal 09-09-2019 al 10-09-2019: il candidato ha presentato un articolo di cui è co-autore.</p>
<p><b>Attività imprenditoriali e brevetti</b></p>	<p>Il candidato è socio fondatore di Koala Electronics srl, una start-up innovativa, spin-off dell'Università di Udine, fondata nel luglio 2017 (si veda la visura allegata), che si occupa principalmente di soluzioni elettroniche nel campo della conversione elettrica ed elettro-meccanica e del controllo.</p> <p>I principali ambiti di azione di Koala Electronics srl sono il progetto, lo sviluppo e la produzione di prodotti elettronici e servizi per la generazione distribuita, la mobilità sostenibile, i sistemi mecatronici, e la conversione di energia in generale. Inoltre, è attiva con attività collegate o complementari alle precedenti, come lo sviluppo di software e firmware per applicazioni embedded e l'analisi tecnica, la sperimentazione e test dei sistemi elencati sopra.</p> <p>L'azienda, che ha vinto l'edizione 2017 di StartCup FVG (sezione "Industrial"), sta proseguendo la sua attività con due dipendenti e vari collaboratori, con progetti che spaziano dalla produzione di energia alle applicazioni automotive.</p> <p>Oltre a partecipare al capitale dell'azienda, il candidato ha contribuito all'idea, alla ricerca di mercato, alla definizione e alla stesura del business plan, e ha partecipato alle prime fasi di sviluppo del primo prodotto dell'azienda, che sfruttava alcuni dei risultati della ricerca ottenuti presso il Laboratorio di Azionamenti Elettrici dell'Università di Udine.</p>
<p><b>Esposizione delle ragioni dell'interesse alla posizione</b></p>	<p>Attualmente e nel prossimo futuro, continueranno ad esservi grandi possibilità di sviluppo, grazie ai più recenti sviluppi tecnologici e la forte domanda, attuale e prevedibile, di soluzioni per la conversione dell'energia e per il controllo del movimento.</p> <p>Anche per questo, il candidato è fortemente motivato a proseguire l'attività di ricerca nel settore degli azionamenti e dei convertitori elettrici, mettendo a frutto le conoscenze, le esperienze e le idee accumulate nel percorso finora intrapreso. Ritiene di aver dimostrato passione, dedizione e capacità di innovazione, e di aver acquisito, anche grazie alla guida ricevuta, le capacità necessarie a portare avanti il lavoro di ricerca con una buona autonomia. Considererebbe un onore poter ritornare a contribuire, come parte della comunità scientifica, all'avanzamento della tecnica ed alla trasmissione della conoscenza.</p>
<p><b>Conoscenze linguistiche</b></p>	<p><b>Italiano:</b> madrelingua (C2)</p> <p><b>Friulano:</b> madrelingua (C2)</p> <p><b>Inglese:</b> C1 (certificato IELTS)</p>