

Attività di ricerca sviluppata dall'Unità di Palermo in collaborazione con il Laboratorio di Ateneo per lo "Sviluppo Sostenibile e il Risparmio Energetico" S.D.E.S. del Dipartimento UNINETLAB

Responsabile Unità di Palermo: prof. ing. Giuseppe Ricco Galluzzo

Componenti: ing. Massimo Caruso, ing. Vincenzo Castiglia, prof. ing. Vittorio Cecconi, ing. Vincenzo Di Dio, ing. Antonino Oscar Di Tommaso, prof. ing. Rosario Miceli, ing. Claudio Nevoloso, ing. Filippo Pellitteri, ing. Giuseppe Schettino, prof. ing. Marco Trapanese, ing. Fabio Viola.

Unità: Dipartimento di Energia, ingegneria dell'Informazione e modelli Matematici (DEIM) - Università di Palermo

1. Algoritmi di controllo per la minimizzazione delle perdite in macchine sincrone a magneti permanenti

L'obiettivo di tale attività di ricerca riguarda la realizzazione di un LMA (*Loss Model Algorithm*) in grado di individuare il punto di funzionamento a massimo rendimento per fissate condizioni di lavoro della macchina in termini di velocità e carico applicato. In particolare, sono stati implementati due algoritmi basati rispettivamente su un modello circuitale a parametri costanti e su un modello a parametri variabili per tenere conto delle non linearità introdotte dalla saturazione magnetica e dai fenomeni termici. Dai risultati ottenuti si può evincere come un algoritmo basato su un modello a parametri variabili restituisca risultati molto più vicini a quelli sperimentali rispetto a un algoritmo che non tiene conto delle non linearità e permetta una stima più accurata del punto di funzionamento a massimo rendimento.

2. Analisi delle prestazioni di motori elettrici con avvolgimenti dissimmetrici

Obiettivo della presente ricerca consiste nel dimostrare che l'utilizzo di avvolgimenti dissimmetrici, caratterizzati da una componente di sequenza inversa non superiore al 5% della componente di sequenza diretta, può risultare una scelta vantaggiosa durante la fase di progettazione di macchine elettriche rotanti o lineari, ampliando significativamente la scelta in termini di rapporto cave/poli e con prestazioni paragonabili a motori equipaggiati con avvolgimenti simmetrici.

3. Procedure di minimizzazione della coppia di cogging in motori sincroni a magneti permanenti

La presente attività di ricerca descrive una possibile procedura di minimizzazione della coppia di cogging prodotta da motori sincroni a magneti permanenti (IPMSMs, *Interior Permanent Magnet Synchronous Motors*) tramite una progressiva modifica della struttura geometrica dei lamierini rotorici e mantenendo invariata la geometria statorica. Dai risultati ottenuti è dimostrato che la coppia di cogging può essere teoricamente annullata scegliendo opportunamente la geometria dei lamierini rotorici.

4. Algoritmi per la mitigazione di armoniche a bassa frequenza per convertitori trifasi a cinque livelli

Nell'ambito delle tecniche di modulazione a bassa frequenza *soft switching*, è stato sviluppato un algoritmo di controllo innovativo per la mitigazione delle prime cinque armoniche (terza, quinta, settima, nona e undicesima) per convertitori trifasi, basato sulla determinazione di una opportuna area di lavoro del convertitore denominata "*working area (WA)*". Questo metodo, partendo dalla conoscenza dell'ampiezza delle armoniche che si intende mitigare, consente di ricavare la WA idonea; inoltre, i relativi angoli di comando vengono determinati con un circuito logico basato su considerazioni di natura grafica.

5. Sviluppo di tecniche di modulazione di tipo High-Switching per convertitore a cinque livelli monofase e trifase basate su l'utilizzo di funzioni B-Spline come onde portanti

L'attività di ricerca in esame è stata concentrata sullo sviluppo di tecniche di modulazione *high switching* basate sull'utilizzo di funzioni B-spline come onde portanti. L'analisi è stata effettuata confrontando il contenuto armonico delle forme d'onda di tensione in termini di THD% utilizzando funzioni B-spline del

secondo, terzo e quarto ordine. Nello specifico sono state implementate, in ambiente Matlab/Simulink, tecniche di modulazione multiportante del tipo: *Phase Disposition* (PD), *Phase Opposition Disposition* (POD), *Alternative Phase Opposition Disposition* (APOD) e *Phase Shifted* (PS).

6. Implementazione di un sistema di controllo per la gestione del flusso di potenza immessa in una microrete stand-alone

L'attività di ricerca svolta si è concentrata sullo sviluppo e implementazione su FPGA di un algoritmo di controllo dei flussi di potenza in una microrete, disponibile presso i laboratori SDESlab e LEAP, funzionante in *standalone*. Oltre alla progettazione di controllo per la connessione in rete è stato anche progettato un filtro di tipo LCL. Da questa ricerca è emerso che grazie all'utilizzo di sistemi di controllo basati su FPGA è possibile ottenere controllori estremamente performanti grazie alle elevate velocità di calcolo.

7. Strategie di controllo innovative per convertitori quasi-Z source Cascaded H-Bridge

L'attività di ricerca svolta si è focalizzata sullo sviluppo di tecniche di controllo per applicazioni di tipo *grid-connected* per convertitori *quasi-Z source Cascaded H-Bridge*. Le tecniche di controllo sviluppate consentono di ridurre il *voltage stress* e il contenuto armonico della tensione in uscita. Attualmente è in fase di sviluppo un prototipo da 3 kW di un *quasiZ source Cascaded H Bridge* trifase a cinque livelli.

8. Inductive Power Transfer System (IPT)

L'attività di ricerca consiste nella realizzazione di un sistema IPT per la ricarica di batterie di piccola potenza come quelle delle biciclette elettriche. Il sistema può trasferire fino a 300 W e si adatta a batterie con diversi livelli di tensione (12,24,36 e 48 V) e regolare la corrente di ricarica da 0 a 6 A. Il sistema è composto da una sorgente DC, un Inverter DC/AC ad alta frequenza (85 kHz), dall'accoppiamento induttivo realizzato con delle antenne circolari complanari e dei condensatori risonanti, un raddrizzatore AC/DC a ponte e un carico elettronico per emulare la batteria. Il sistema è supervisionato da una scheda di controllo FPGA.

9. Studio di accumulatori al piombo nanostrutturati

Un'altra attività di ricerca intrapresa dal gruppo ha riguardato la definizione delle potenzialità di nuove tipologie di accumulatori al piombo nanostrutturati, costituiti da *nanowires* di Piombo (Pb) e diossido di Piombo (PbO₂). Le caratteristiche di carica e scarica sono state implementate in un simulatore di automobile rispondente ad opportuni tracciati urbani ed extraurbani (*Simplified Federal Urban Driving Schedule Cycle*), ottenendo incrementi prestazionali che combinati con l'impiego di supercapacitori potranno estendere l'autonomia dei veicoli elettrici.

10. Un generatore eolico basato su materiali magnetostrittivi

Ulteriore ambito di ricerca ha riguardato lo sviluppo di un generatore che utilizza materiali magnetostrittivi per la produzione di energia elettrica dalle vibrazioni di strutture meccaniche. Il generatore sfrutta le vibrazioni di un piano soggetto a sollecitazioni meccaniche ed è attualmente stato integrato in una mattonella installabile in un pavimento.

11. La modellizzazione dei materiali magnetici utilizzati nelle macchine elettriche

E' stato sviluppato un modello matematico basato sul modello dinamico di Preisach che consente di predire il comportamento di materiali magnetici in presenza di amperspire non sinusoidali. Tale modello ha consentito di dimostrare numericamente che la smagnetizzazione di un magnete permanente dipende sia dal campo smagnetizzante applicato, sia dalle fluttuazioni statistiche dei campi applicati. L'applicazione di opportuni campi fluttuanti può stabilizzare la magnetizzazione dei magneti.