

## DFG-Jahresbericht 2005

**FOR 575: Höherfrequente Parasitäreffekte in umrichter gespeisten elektrischen Antrieben (Beginn: 01.10.2005)**

---

### **Sprecher des Programms**

*Professor Dr.-Ing. Andreas Binder  
Technische Universität Darmstadt  
Institut für Elektrische Energiewandlung  
Landgraf-Georg-Straße 4  
64283 Darmstadt  
Tel. : 06151-16 2167  
Fax: 06151-16-6033  
E-Mail: abinder@ew.tu-darmstadt.de*

### **Haupttitel des Programms in Originalsprache**

Höherfrequente Parasitäreffekte in umrichter gespeisten elektrischen Antrieben

### **Übersetzter Titel des Programms**

Parasitic effects at elevated frequency in inverter-fed drive systems

### **Web-Adresse des Programms**

<http://www.ew.e-technik.tu-darmstadt.de/FOR575/>

### **Ziele des Programms auf Deutsch:**

Umrichter gespeiste Antriebe werden mit IGBT-Umrichtern ausgerüstet, die mit Sperrspannungen bis ca. 6 kV verfügbar sind. Das rasche Schalten innerhalb weniger Nanosekunden von Null auf volle Zwischenkreisspannung löst einen Wanderwellenvorgang zwischen Umrichter und Maschine aus, der auf Grund der Reflexionen an den Motorklemmen eine Spannungserhöhung in der Maschine verursacht. Weiter bedingen die hochfrequenten Nullspannungen zusätzliche parasitäre hochfrequente Ströme z. B. in den Lagern, die zu deren Ausfall führen. Die zusätzliche Spannungsbeanspruchung der Wicklung hat dazu geführt, dass selbst Niederspannungswicklungen für Umrichterspeisung besonders isoliert werden müssen. Das Vordringen des IGBT zu immer höheren Spannungsebenen bedingt ein Fortschreiten dieser Problematik in den Mittelspannungsbereich. Als Abhilfe sind Filter am Umrichterausgang, Motorfilter am Motoreingang, spezielle Wicklungstopologien zum Schutz der ersten Spule im Motor und die Entwicklung höherwertiger Isolierstoffe auch für Nieder- und Mittelspannungsmaschinen bekannt.

Mit sechs Teilprojekten werden folgende Ziele verfolgt:

- Vorausberechnung von hochfrequenten Ableitströmen zwischen Wicklung und Gehäuse von Induktions- und PM-Synchron-AC-Maschinen, in den Lagern (Lagerströme) und innerhalb der Motorteile
- Vergleichende Vorausberechnung von umrichterbedingten Zusatzverlusten in den drei elektrischen AC-Maschinentypen: Asynchron-, Permanentmagnet-Synchron,

Switched-Reluctance bei IGBT-Umrichterspeisung mit numerischer Feldberechnung

- Entwicklung von geeigneten numerischen Modellen für die Hochfeldbeanspruchung in ausgewählten Komponenten des Antriebssystems, nämlich in Schmierfilmen von Wälzlagern (Lagerstromproblematik), Leistungsmodulen und Varistoren zur Überspannungsbegrenzung
- Entwicklung von numerischen Modellen zur Berechnung von Wanderwellenphänomenen im System Umrichter-Motorkabel-Motor, aufbauend auf vor allem experimentellen Erkenntnissen der letzten Jahre aus der Industrie und industrienahen Forschung,
- Erprobung und Dimensionierung von Varistoren für die Spannungsbegrenzung durch Wanderwellenreflexionen in Umrichterantrieben, wobei die große Herausforderung die enorme Häufigkeit der (zwar geringen) Energieabsorption im kHz-Bereich ist, was für Varistoren absolutes Neuland darstellt, gezielte Beeinflussung der Spannungsflanken am Umrichterausgang durch das Schaltverhalten der Leistungsschalter selbst, was durch spezielle Treiberschaltungen ermöglicht werden soll.

### **Ziele des Programms auf English**

Inverter-fed drives with IGBTs (insulated gate bipolar transistors) are available up to blocking voltages of about 6 kV. The fast switching within several nano-seconds from zero to DC link voltage generates travelling wave phenomena between inverter and electric machine, causing due to reflections at the machine terminals considerable over-shoot of voltage. Further the common-mode voltage, pulsating with switching frequency, leads to parasitic currents at elevated frequency e.g. in the machine bearings, causing bearing failure. The increased voltage stress of the machine winding forced manufacturers to insulate even low voltage windings with improved insulation systems for inverter operation. The development of IGBTs for higher blocking voltages transfers this problem also to medium voltage level (above 1 kV). To mitigate these effects, different filter topologies have been designed at the inverter output or at the motor input; special winding design has been developed to protect the first coils in the motors, which are most stressed. Upgrading of insulation materials was necessary for low and medium voltage insulation level.

With six projects the following aims are envisaged:

- Numerical prediction of high-frequency capacitive currents of AC induction and permanent magnet (PM) synchronous machines between winding and housing, in the bearings and in other machine parts
- Numerical prediction and comparison of inverter-induced additional losses in AC induction machines, PM synchronous machines and switched reluctance machines
- Development of improved numerical models for electric stress in selected components of drive systems such as lubrication film of ball bearings, silicon structures of power modules, and in varistors for over-voltage protection
- Establishment of numerical models for calculating travelling wave phenomena in inverter-cable-motor systems, based on recent experimental experience of industry and research labs
- Testing and designing of special varistors for over-voltage protection due to reflections in inverter-motor systems, which is a demanding task due to the high repetition rate in kHz-range and is a new application for varistors

- Influencing the steep voltage surges at the inverter output by modifying the switching behaviour of the IGBT power modules, which shall be accomplished by special gate drive units

**Fachgebiete, die in direktem inhaltlichen Bezug stehen:**

Elektrotechnik

Werkstoffwissenschaften

Computational Engineering

Maschinenbau

Numerische Mathematik