



- 2 **ZES Zimmer** LMG95 precision power analyzer
- Power Source **AGILENT** 6813B (2kW) and **KEYSIGHT** AC6804A (4kW)
- **LeCroy** WR104Xi & **TEKTRONIX** DPO4140B scopes (1GHz, 4 channels, 20MB)
- 5 **TEKTRONIX** current probes (15 - 150A, 0 - 120MHz)
- 3 **AGILENT** 6060B loads with 34401A multimeters
- **LeCroy** DA1855A, ZS1500, AP033, ADP305, AP015, PPE2kV
- 2 **EA** 3kW power supplies: 720V / 15A, 80V / 120A
- Spectrum Analyzer **Hameg** HM5014 (1GHz) and **TEKTRONIX** 2710 (10kHz - 1.8GHz)
- 3 EL9000 and 5 **STATRON** 3229 loads with ESCORT 3136A multimeters
- 2kW variable power transformer with METRA HIT 29S power analyzer
- Greisinger GTH1200 and Impac Infratherm IN15 thermometers
- **HP4284** + **HP42841** + **HP42842** precision LCR Meter (20Hz - 1MHz, 20A)
- **ET SYSTEM** M9714B electronic load 500V / 1.2kW
- Signal Generator: **AGILENT** 33220A & **Marconi** Instruments 2023 (10kHz - 1.8GHz)

- 1994** SMPS for TV and VCR
- 1995** SMPS with accu standby
- 1996** SMPS trafo for energy and info
- 1996** Error amplifier for SMPS
- 1996** SMPS with overvoltage protection
- 1997** SMPS with high side switch
- 1997** Resonant converter with intrinsic PFC
- 1998** SMPS with uP controlled burst mode
- 1998** Series / Parallel-resonant converter
- 1998** HF storage coil
- 2002** Multiple asynchronous rectification for SMPS
- 2003** Resonant converter with integrated boost means
- 2004** SMPS Supply circuit for mains interruption
- EP2479975** Controlled large signal capacitor and inductor
- EP3361718** Controlled large signal capacitor and inductor
- EP2573904** Large signal VCO
- EP2765701** Wireless resonance-coupled power transmission
- EP3041112** Coupling-optimized wireless power transmission
- EP3460952** Voltage-controlled oscillator for large signals



US Patents

- 6,434,030** SMPS with μ P
- 5,949,660** SMPS with standby
- 6,166,923** SMPS
- 5,973,940** Low power SMPS
- 5,657,218** SMPS
- 6,154,111** Storage coil
- 8,854,151 B2** Controlled large signal C and L
- 9,450,558 B2** Controlled large signal C and L
- 9,748,931 B2** Controlled large signal C and L
- 8,963,514 B2** Large signal VCO
- 9,479,112 B2** Large signal VCO
- 9,577,714 B2** Wireless energy transmission
- 9,748,931 B2** Wireless energy transmission
- 10,079,512 B2** Wireless energy transmission
- 10,411,511 B2** Wireless power transmission



Power Supply reliability analysis

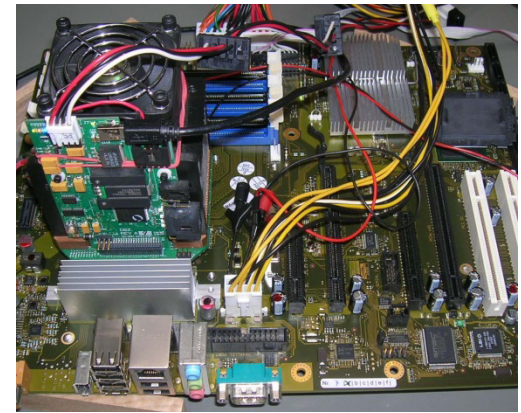
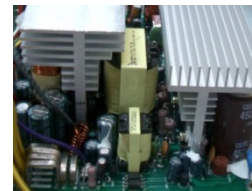
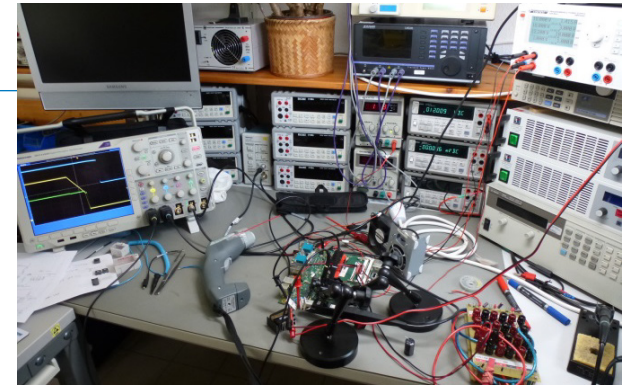
Resonant LLC Converter with synchronous rectification
and interleaved PFC for new generation devices

Investigation of defect Notebook battery packs

Qualifying Power Supplies for PCs & servers

Development of several voltage converters for motherboards

- 5 Phase Converter with high efficiency (CPU 1.2V/160A)
- 2 Phase Converter (Memory 1.5V/60A)
- 1 Phase Converter (1.1V/20A)
- Memory Termination (4A sink/source)
- Linear Regulator (1.8V/1A)



Development of **high efficient Power Supply** for an **Automotive TV**

Development of resonant converters with planar trafo for a **Motor-Bike**

- **6.9kW On-Board Charger** for traction battery and **Pre-Charger**
- **14V/30A** for starter battery

Inclusive concept search, safety, EMI, functionality, cost reduction

Development

of an **Automotive Power Supply** for rear seat entertainment systems

Trouble shooting

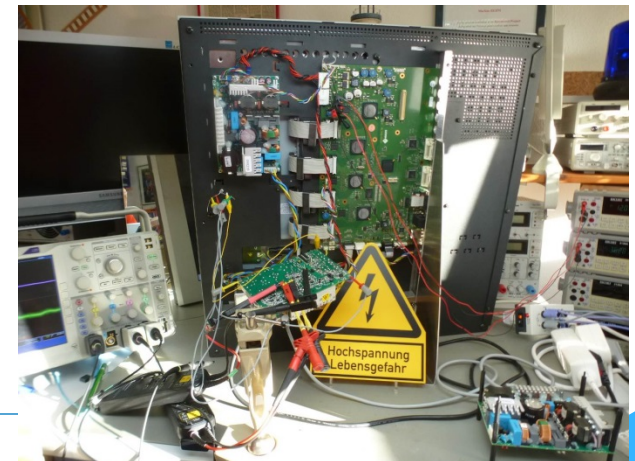
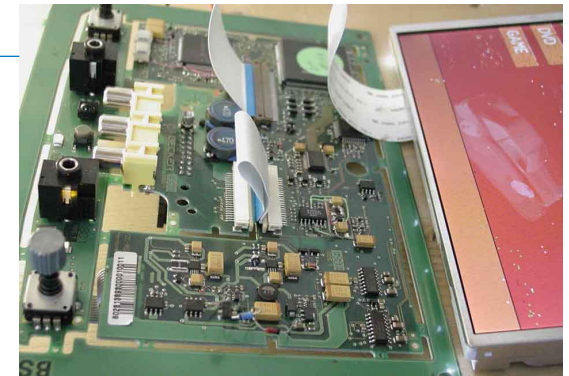
in an **Automotive Test Equipment**

Avionic „meal on demand“ (A380)

Concept investigations, Reduction of harmonic currents

Fault diagnostic

of an **Air Surveillance Monitor** with redundant power supply



Testing of an **UV therapy device**



EMC support in a **defibrillator with heart sensors**, quality control, trouble shooting and adaption to new standards

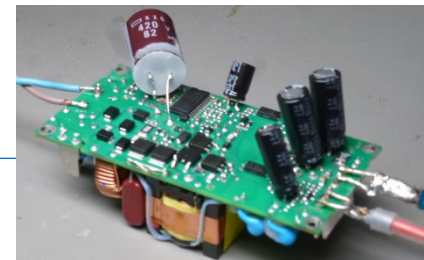
Development of high voltage and battery-charging circuits in a **mobile defibrillator**



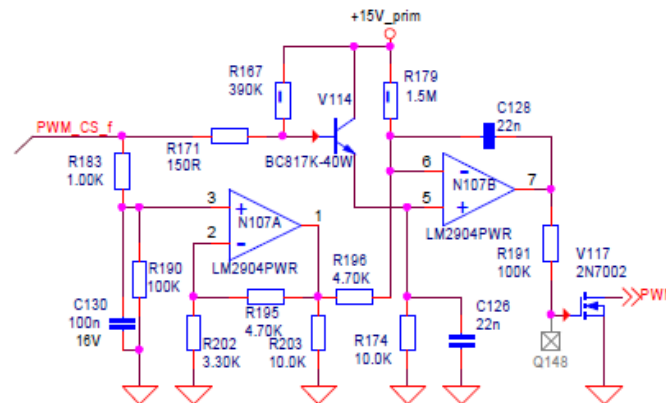
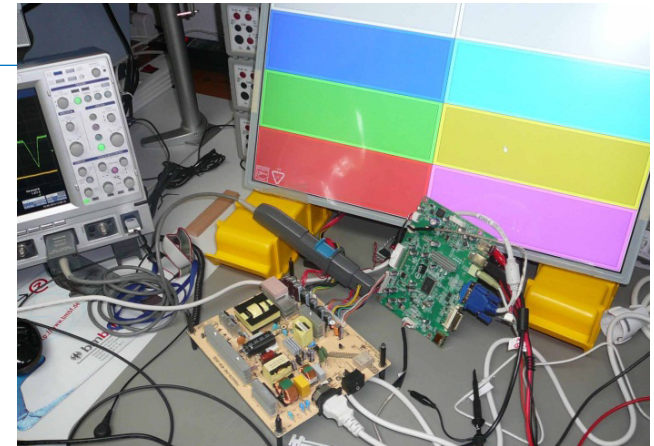
Consultation

Electrosurgery power concept and development support

Reliability analysis of power supplies for **medical applications**



- **Concept development** of contactless energy transmission for **banking systems**
- **Research** of a Power Supply concept for **auto tape loaders**, **development**, support of production
- **Cooperation Development** of **Power Supplies** for **IT equipment**, support in South Korea & China
- **Reliability analysis** of **consumer monitors**
- **Development of 11 DC/DC converters** for **400 Watt transceiver**, low noise, highly reliable, low power losses and cost efficient



- **Development** of several **high precision power supplies** for nanometer positioning machines (5W – 1kW)
- **Lifetime & MTBF calculation** of **industrial DIN-rail power supplies** and component stress analysis
- **Development** of two **servo motor controller families** 1 & 3 phase, 250W – 12kW, Power components, PCB, Safety, EMI, temperature management, cost reduction
- **Reliability analysis** of **industrial DC/DC converters**



- **Reliability analysis** of several **industrial 1kW AC/DC power supply** with Safety Integrity Level 3 (IEC 61508) for gas plant
- **Development** of **AC/DC power supplies for electricity meter** with long lifetime, cost effective, high availability and robustness

Type testing of a 1.8 MW traction converter:

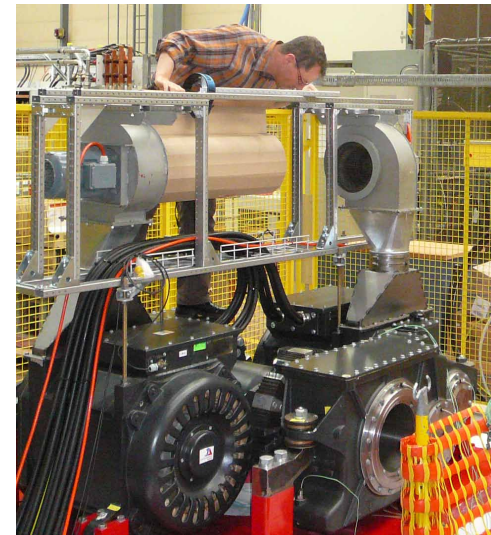
- Functionality
- Short circuit protection
- Reliability
- Efficiency
- Insulation
- Heat Run
- Safety



Development of the **Routine Test**

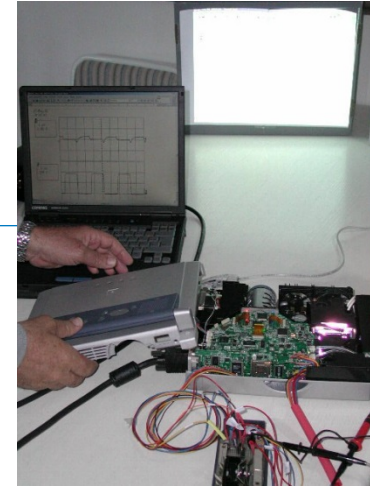
Type testing of **auxiliary converters & battery chargers** up to 150kW

Development and installation of an **Endurance Test Bench** to analyse the **lifetime of optical components & IGBTs**



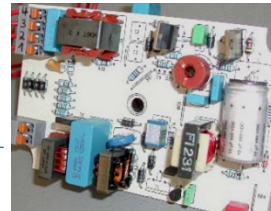
Research

Resonant Power Supply for Data Projector



Concept development

Lamp Ballast with intrinsic PFC



Research & Development of zero Watt Standby
Switch-onable via LAN or push button
for PC and Server

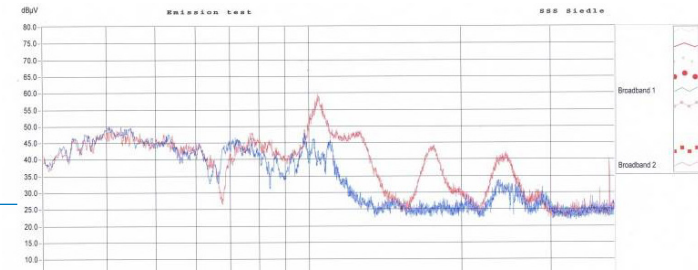


*Presented at
CeBIT 2009*

*Winner of the CHIP
Green Award
2009!*

EN 55011 / EN55022

Conducted and radiated noise
of LED converter



EN 61.000-4-2 (ESD)

of LED lamp



Conducted common mode Noise
of On Board Charger



EN 61.000-4-4 (Burst)
EN 61.000-4-5 (Surge)
of industrial power supply

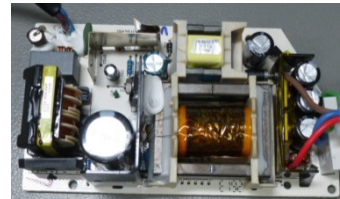


Failure Analysis

of encapsulated power supplies

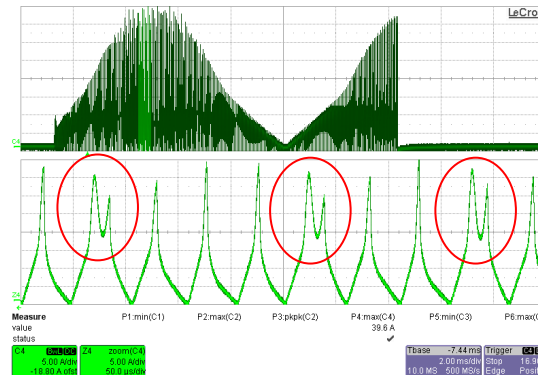
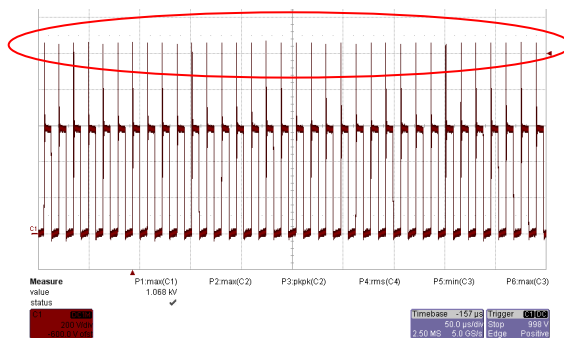


Qualification of power supplies for household appliances



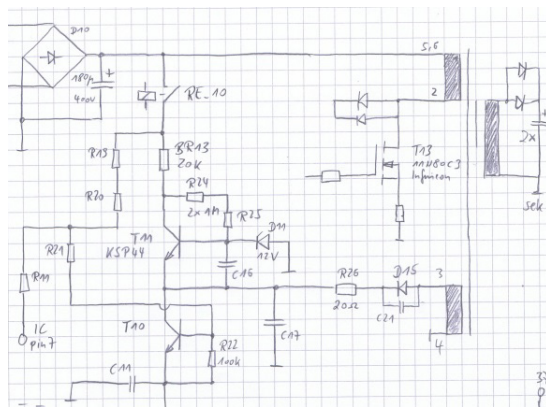
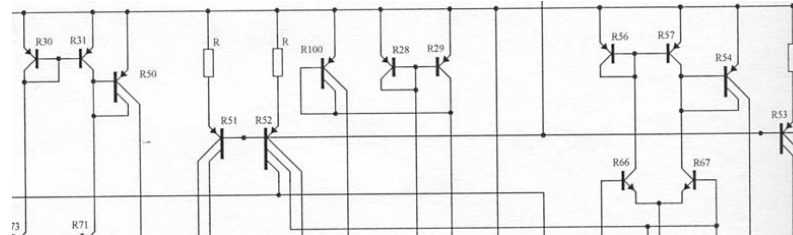
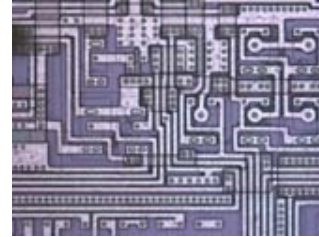
Reliability Analysis of medical power supplies

Safety and Lifetime Improvements of several hand held battery gardening tools



IC Reverse Engineering

- Case opening
- Analyzing the circuit
- Patent search



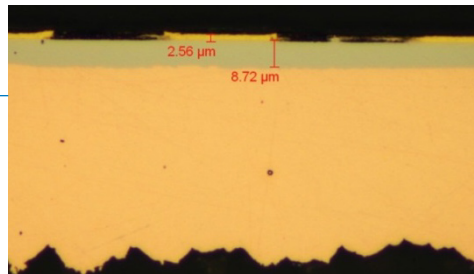
Reverse Engineering

- Unknown power supply
- Strange behaviour
- Failure analysis

High Voltage Partial Discharge Measurements
of IGBTs and Thyristors

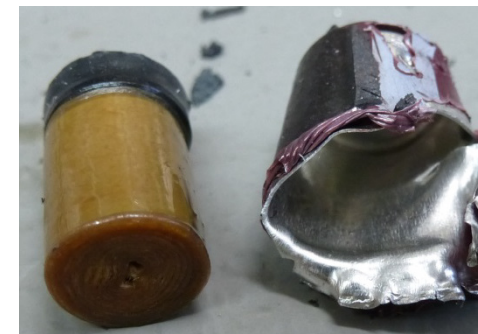


Gold thickness measurement
of PCB with edge connector

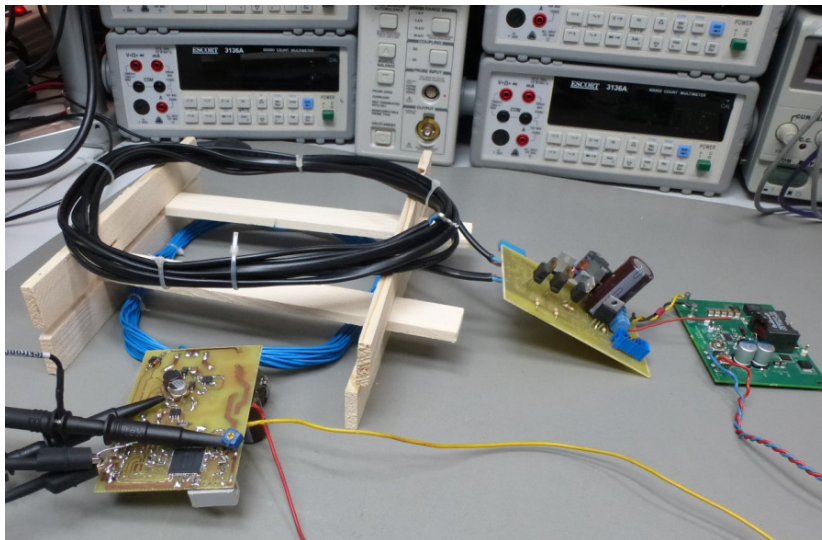


IGBT characterization
Double pulse test, short circuit, etc.

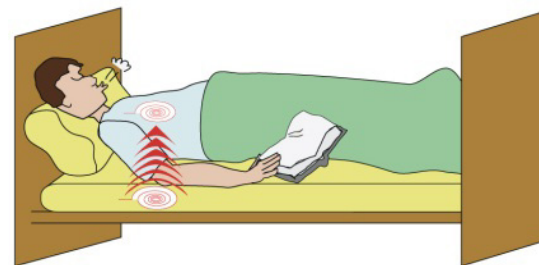
Failure Analysis
of electrolytic capacitors



System with high efficiency and high dynamic range

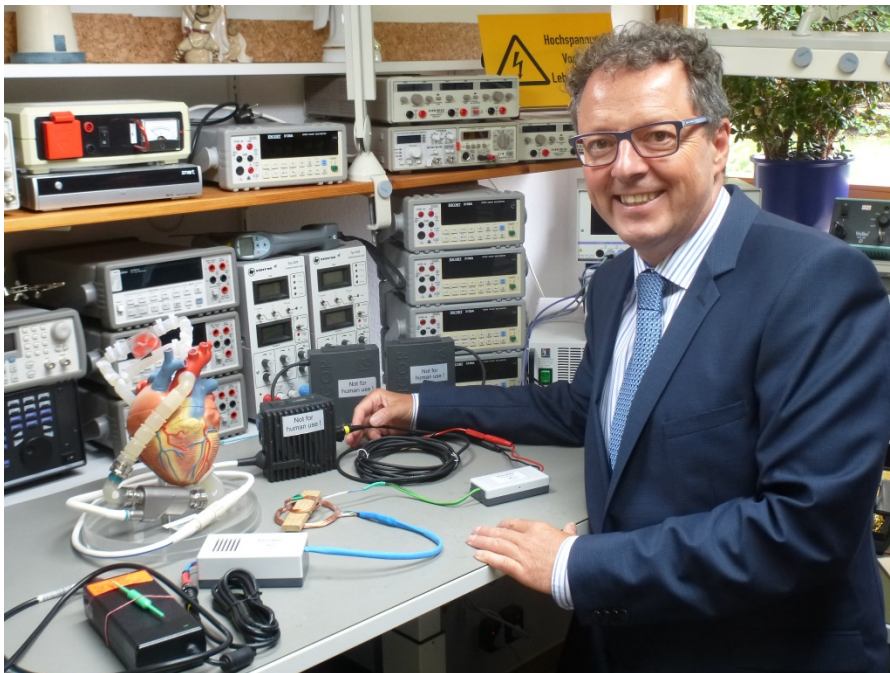


- High efficient (total 80%) with loose coupling
- Independent from load & dynamic coupling conditions
- Presented at „electronic goes medical 2012“ in Munich
- Up to 400W
- 9 US Patents and 6 EU Patents

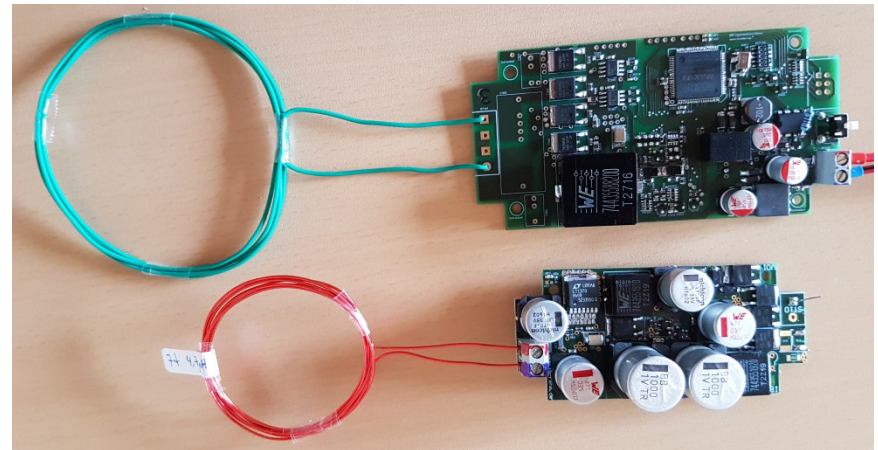


Winner of
Innovation Awards
2015 & 2016

For transplanted Heart Pump (15W)



For transplanted Deep Brain Stimulation (10W)



For neurostimulation of the central nervous system

Winner of the
EU Innovation Award
EIT 2016!

- **Furtwangen University**
 - Industry Electronics
 - Power Supplies for Embedded Systems
 - Power Electronics
 - E-Car Driving Technology
 - Electronics in Medical Engineering
 - Applied Electronics in Mechanical Engineering

- **FED (Association for Electronic Development) e.V.**
 - Reliable Power Supplies
 - Wireless Power Supplies

- **Vogel Business Media**
 - Analysis and Measurement of Power Supplies

- **ZVEI**
 - Reliability of high efficient Power Supplies

- **In-house Seminars**
 - Reliability of Power Supplies



1986-90: Electronics, [Furtwangen University](#)
Thesis: Active Mains Harmonic Compensation with 30kVA Frequency Converter



1990 - 1998: Employed by "[Deutsche Thomson Brandt GmbH](#)" in Villingen as R&D engineer in the Power Conversion Lab.



1998 - 2001: Project leader in the "[Steinbeis Transfer Center for Power & Drive Engineering](#)" in St. Georgen

1998: **Start of IBR Ingenieurbüro Rehm Laboratory for Power Electronics**

Since 2008: Tutor at [Furtwangen University](#): Power Supplies, Power Electronics, Industry Electronics



2015 & 2016: Winner of two [Innovation Awards](#)

Since 2019: [Honorary Professor at Furtwangen University](#)



STROMVERSORGUNGEN // NETZGERÄTE & NETZTEILE

Zuverlässige Netzteile sind keine reine Glückssache

Informationen zur Zuverlässigkeit von Netzteilen sind oft irreführend. Deshalb analysiert man Netzteile am besten selber. Hier erfahren Sie, wie das mittels Oszilloskop, Tastkopf und Stromzange geht.

MARKUS REHM*

ELEKTRONIK PRAXIS

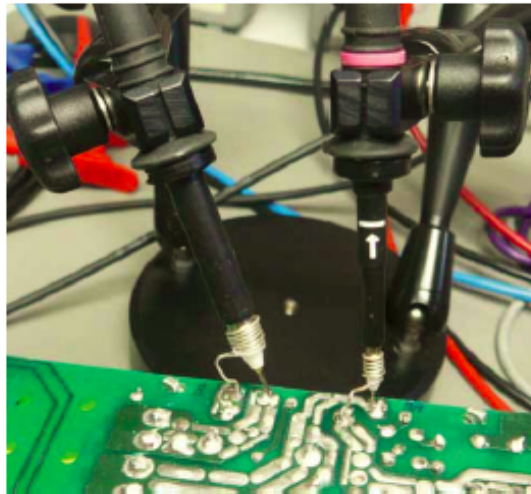


Bild 1: Richtiges Messen mit Tastkopf für die korrekte Messung

Eigentlich ist es bei Netzteilen doch ganz einfach: Je größer die angegebene MTBF (Mean Time Between Failure), also die mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls. Wenn man dann noch einen 300-W-Typ verwendet, obwohl man nur 200-W Leistung benötigt, dann hat man alles

für ein langes Leben des Netzteiles getan. Ist es zudem mit CE-, UL-, GS- oder TÜV-Gütesiegel ausgezeichnet oder hat gar eine modifizierbare Zulassung, dann kann gar nichts mehr schief gehen und das Netzteil wird ewig laufen. Die Realität sieht leider völlig anders aus, denn Netzteile halten häufig nicht, was man von ihnen erwartet. Doch mit Oszilloskop und Stromzange kann man sich selbst helfen.

Netzteilausfälle können mehrere Gründe haben. Von den Herstellern wird in der Regel erhöhter Umgebungsstress (Überspannung, Netzüberspannung oder elektrostatrische

Entladung) als Ausfallsursache vermutet, weil der in der Realität – so die stereotypen Aussagen von Herstellerseite – eben doch größer ist als die Normenvorschriften und man nie so genau weiß, wo und wie das Gerät betrieben wurde.

Auch eine schlechte Produktion oder minderwertige Bauteile zieht man bei Defekten in Betracht (z.B. eine kalte Lötstelle oder schlechte Isolation). An eine schlechte Entwicklung wird interessanterweise kaum gedacht. Ein Netzteil-Controller-IC, plus Schalttransistor, Trafo, Diode und Elko – da kann man ja nicht viel falsch machen und Softwarefehler sind bei Netzteilen meistens auch ausgeschlossen.

Auch harte Dauertests sagen nichts über die Zuverlässigkeit

Firmen, die bereits schlechte Erfahrungen mit eingekauften Stromversorgungen gemacht haben, unterziehen diese oft einem harten Dauertest kurz vor dem Produktionsstart. Es werden Temperaturprofile durchgeführt, dazu kommen zufällige Einschaltzyklen unter Vollast. Wenn die Netzteile diesen Stress ohne Welle lang durchhalten, dann meint sogar der Projektleiter gar schlafen zu können. Doch auch diese Tests sagen nichts über die Zuverlässigkeit aus.

Wie zuverlässig ist ein Netzteil wirklich?

Um herauszufinden, wie zuverlässig ein Netzteil ist, bevor es zum Einsatz kommt, sind verschiedene Messungen erforderlich:

- Messung der Sperrspannungen an den Halbleitern,
- Messung der Ströme in den Elkos,
- Untersuchung induktiver Bauteile auf Sättigung.

Messung der Sperrspannungen an kritischen Halbleitern

Als erstes sollte man die Spannungen an den kritischen Halbleitern mit dem Oszillo-



*Markus Rehm ... ist Inhaber des Ingenieurbüros Markus Rehm in Villingen-Schwenningen an der Hochschule für Angewandte Technik in Villingen-Schwenningen.

14 9. Juli 2013

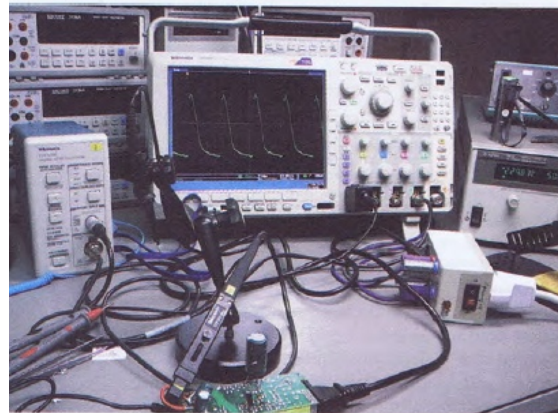
6,00 € 9,90 sfr

Elektronik

elektroniknet.de

Fachmedium für industrielle Anwender und Entwickler

Optimierte Zuverlässigkeit



Um eine zuverlässige Stromversorgung zu bekommen, fordern viele Einkäufer eine hohe MTBF, am besten noch doppelt so viel Leistung wie nötig und mindestens ein Gütesiegel. Dann kann doch nichts mehr passieren? Die Realität sieht leider ganz anders aus, denn Stromversorgungen halten häufig nicht, was man von ihnen erwartet. Mit Oszilloskop und Stromzange kann man selber herausfinden, ob man ein zuverlässiges Netzteil hat.

Von Markus Rehm



Markus Rehm arbeitete nach seinem Elektronik-Studium an der Hochschule für Angewandte Technik acht Jahre lang bei der Deutschen Thomson Brandt als Forschungs- und Entwicklungsingenieur im La-

Wireless Power Transmission with High Efficiency and Wide Dynamic Range for Extensive Applications

Wireless power transmission has been known for many years, with inductive near field proximity coupling being the most commonly used technology.

By Markus Rehm, Ingenieurbüro Rehm, Villingen-Schwenningen, Germany

The demand for wireless power supplies is huge: Mobile devices, charged without wire or contact, are robust, splash proof, reliable, simple to protect against humidity, sea water, dust, vibrations and explosion and are easy to sterilize. Mobile robots or operation terminals, medical equipment, implanted sensors, amplifiers, pumps and transceivers and e-mobility are some of the predestinated applications.

After an enthusiastic start the industry has realized that there are some technical challenges regarding loose coupling, efficiency and EMI.

The „universal Wireless Power“ („UniWPP“) presented here represents a new solution to overcome the existing technology barriers.

Traditionally, wireless power transmission uses coupled resonance circuits, where the power transmission reaches its maximum, when the resonance frequency of the two circuits are identical and the transmitter operates at this resonance frequency. Unfortunately the resonance frequency of this coupled arrangement changes due to variations or drifts in the components (tolerances, aging and temperature) and in the coupling (mispositioning- or geometric changes between transmitter and receiver). Even load changes on the receiver side cause the resonance frequency to change as well.

The solution adopted by WPC[®] x Qi [1] and others senses the resulting resonance frequency, when a receiver becomes coupled with a transmitter. Power can be transmitted only, if the system works in resonance. That means transmitter frequency and resonance frequency have to be equal. The resonance frequency depends on several factors, such as the load, the rectification, components in the primary and secondary resonance circuits and of course the coupling. If one of these factors change, for example the load, the distance or a capacitor gets a bit warmer, the resonance frequency changes as well. In normal applications some of these factors change permanently, so the resonance frequency is dynamic, it changes continuously. There is no power transfer at all, if the transmitter frequency does not correspond exactly to the resonance frequency. Additionally, the tight standardization down to circuitry- and component level severely limits adaptability to future evolutions.

Unfortunately, there is no possibility to determine the resonance frequency actively. In fact, the generator is the slave of the various parameters of the resonant circuit.

Can coupled resonant circuits be equivalent to a wired connection? Wireless power supplies operate with inductive near field transmission. You can imagine that like a transformer. Primary and secondary winding are close together, there is almost no leakage inductance and the coupling factor is almost equal to 1. Conventional wireless power supplies work similarly. They need constant and tight coupling like in the electric toothbrush. But that's not what the user wants! Normal applications have some distance between transmitter and receiver, perhaps a shifted position, maybe vibrations. So in reality we have a coupling factor much smaller than one, and a leakage inductance much larger than zero, which is even dynamic.

Actually, the large leakage inductance is not a problem, because it can be compensated with a resonance network via its quality factor Q. A low coupling factor k can be compensated with a high quality factor Q.

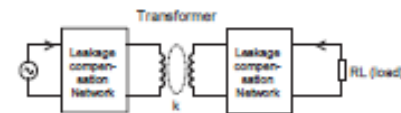


Figure 1: Inductively coupled wireless power transmission link using leakage compensation networks

One defines: Undercritical coupling, critical coupling and overcritical coupling (see Figure 2).

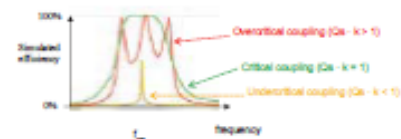


Figure 2: Theoretical efficiency in different coupling conditions

The critical coupling (green curve) is the equivalent of a wired connection. A further increase in Qe moves the system into an over coupled

Ohne Draht – mit Effizienz und Dynamik

Kontaktlose Energieübertragung. Die induktive Nahfeldkopplung wird seit vielen Jahren verwendet, um Geräte ohne störende Kabel zu versorgen. Bekannt ist die elektrische Zahnbürste oder die Magnetschwebebahn. Doch wie beim drahtlosen Datentransfer mittels Bluetooth oder WLAN ist auch hier ein schier endloses Einsatzfeld denkbar. Was müsste technologisch getan werden, damit sich die drahtlose Energieübertragung zum Vorteil der Anwender durchsetzt?

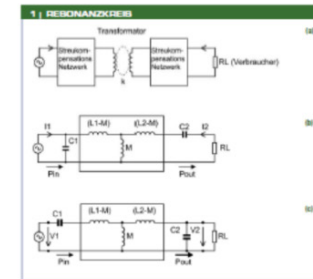
Die drahtlose Stromversorgung ist überall dort vorteilhaft, wo Kabel unströmen oder Stocker nicht am besten sind, etwa weil sie korrodieren, Funken erzeugen, unzuverlässig oder schlecht abschirmbar sind.

In Werkzeugmaschinen gibt es oft Sensoren auf rotierenden Teilen, die unströmen mit einem Kabel kontaktiert werden können, weil sie sich zu stark verdrillen oder unregelmäßig abbrechen würden. Daten lassen sich per Funk übertragen, aber Sensor und Sender brauchen Energie. Wenn Batterien oder Energy Harvesting nicht ausreichen, bietet sich die kontaktlose Energieübertragung an.

Bei Getriebeabstützungen oder Transportbändern können die Axius

tragen, aber Sensor und Sender brauchen Energie. Wenn Batterien oder Energy Harvesting nicht ausreichen, bietet sich die kontaktlose Energieübertragung an.

Bei Getriebeabstützungen oder Transportbändern können die Axius



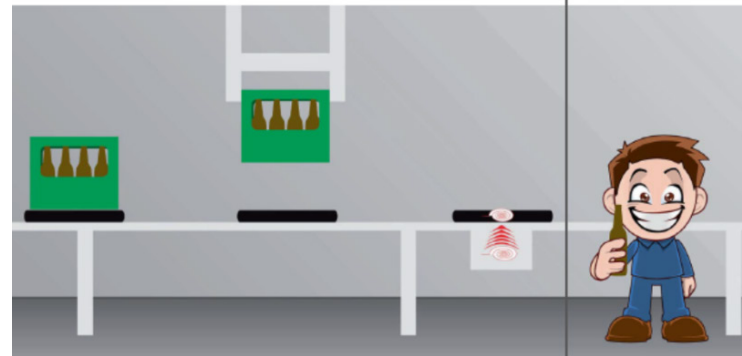
Induktiv gekoppelte Energieübertragung ist ein klassischer Anwendungsfall für Parallel-Resonanzkreise (a) und serielle Resonanzkreise (c).

senfisch mit dem Wasserstrahl reinigen lässt.

- Mobile Geräte in Operationenräumen, wie Tablet PCs, kann man einfach mit einem Desinfektionsmittel reinigen, wenn sie über eine drahtlose Energieversorgung verfügen.
- Mobile Roboter zum Staub saugen, Fliesen möhen oder für die Ventilatorreinigung müssen immer wieder an ihre Ladestation fahren und an den leitfähigen Federkontakten andocken. Die Stationen sind aufwendig konstruiert und dennoch unzuverlässig, weil anfällig gegen Schmutz und Korrosion. Kontaktlose Energieübertragung garantiert eine dauerhaft sichere und zuverlässige Aufladung.
- Über die explosionsgeschützte Umgebung profitieren davon, dass ein Notfall ohne Kontakt auch keine Funktion erlangt.
- Medizinische Implantate lassen sich mit einer Sendeleuchte in Matrix oder Kissen und mit einer Empfangsantenne im Körper im Schlaf laden, dankbar und Hörgeräte, Injektionspumpen, Kameras oder Sensoren.

Die Nachteile der bekannten Technik

Drahtlose Energieübertragung erreicht den höchsten Wirkungsgrad, wenn man gekoppelte Resonanzkreise in Sende- und Empfangssystemen einsetzt und sie bei ihrer gemeinsamen Resonanzfrequenz betreibt. Allerdings verstreut sich diese



▪ R&D Engineer

- Power Electronics
- FPGA & μ P
- Embedded Systems
- Sensors
- Communication and HF
- Wireless power transmission
- Motor & Driving Technology
- Concept Development & Analysis
- Microchip Assembler & C
- Simulation and Optimization



▪ Patent Engineer

- R&D IP Evaluation
- EP / US Patent Lawsuits
- Patent Analysis
- Licensing IN / OUT
- Reverse Engineering
- Infringement Proof
- Litigation Preparation

„ Qualified Professional Handling of all related matters ! ”



IBR Ingenieur-Büro Rehm
Tiroler Straße 10
D-78052 Villingen-Schwenningen
GERMANY

Business Director: Prof. Dipl. Ing. Markus Rehm

Honorary Professor Furtwangen University, Dipl. Ing. (FH) & Master of E-Business (GA)

Fon: +49 7721 73717

Fax: +49 7721 408926

Cell: +49 172 720 2568

E-mail: hello@ib-rehm.de

Ust-IdNr.: DE197253673

Bank: Sparkasse Schwarzwald Baar

SWIFT-BIC.: SOLADES1VSS

IBAN: DE11 6945 0065 0010 3136 33

Research – Development – Consulting

Your Professional Partner for Power Electronics



You can afford our competence...
...for your products benefit!