6. Zusammenfassung:

Für den immer bedeutender werdenden Fall von Stromversorgungen für hohe Leistung bei geringer Ausgangsspannung ($\leq 5V$) wurde eine *vergleichende Eignungsanalyse von Schaltungstopologien und Schalttechniken* auf der Basis verbesserter bzw. neuer Modellbeschreibungen durchgeführt.

Da die Analyse eine sehr große Grundgesamtheit von Schaltungen zuläßt, wurde nach einer *Klassifizierung* eine Vorauswahl auf der Grundlage möglichst gleichmäßigen Leistungsflusses vorgenommen, damit die Mittel zur Energieübertragung, Filterung und zum Schalten maximal genutzt werden.

Die *Schalttechniken* wurden am Beispiel der Grundtopologie Tiefsetzsteller vergleichend analysiert, wobei für das Schalten im Stromnulldurchgang eine Beschreibung unter Berücksichtigung parasitärer, nichtreaktiver Schalterelemente vorgestellt wird, die eine gute Übereinstimmung zwischen Berechnungen und Messungen von Steuerkennlinien und Wirkungsgradverläufen ergibt. Für den Tiefsetzsteller mit den Resonanzschaltern, die quasi rechteckige Schaltergro/3enverläufe aufweisen, wurden korrigierte Modelle erarbeitet und für den mit einem Multi–Resonanzschalter wurde eine neue Betriebsart festgestellt und eine Beschreibung für den Schwachlastfall vorgeschlagen.

Beanspruchungsanalysen für hart schaltende, potentialtrennende Leistungskonverter, die für hohe Leistung bei geringer Ausgangsspannung geeignet erscheinen bilden dann die Grundlage für den Eignungsvergleich, der zwar unter den vereinfachenden Annahmen idealer, verzögerungsfreier Komponenten und schlagartiger Kommutierung durchgeführt wurde, aber unter Berücksichtigung nichtidealer Glättung des Filterstromes und des Magnetisierungsstromes des Transformators. Die Abhängigkeit dieser Analyse von einer Vielzahl interner Entwurfsparameter wird unter weitergehenden Annahmen bei der Untersuchung von *Quasi–Resonanzkonvertern* in Halbbrückentopologien eliminiert, so daß ein Beanspruchungsgrößenvergleich auf der Basis von Eingangs-, Ausgangsgrößen, einem Entwurfsparameter und der normierten Schaltfrequenz möglich ist. Eine entsprechende Darstellung wird durch die fehlenden expliziten Lösungen bei der Analyse von *Resonanzkonvertern* erschwert, da die Beanspruchungsgrößen immer auch die lastabhängigen Anfangswerte der Zustandsvariablen enthalten und diese nur numerisch zu berechnen sind. Für die vergleichende Analyse von Resonanzkonvertern in Halbbrückentopologie, die oberhalb der Resonanzfrequenz betrieben werden, wurde eine vereinfachende Untersuchungsmethode (Grundschwingungsanalyse) erweitert, damit der Schwingkreisstrom, die Schalterströme und sonstige Beanspruchungsgrößen ermittelt werden können.

Im Bereich der *Modellbildung* schaltender Leistungskonverter für Stromversorgungen geringer Ausgangsspannung bei hoher Leistung wurde – aufbauend auf den Arbeiten von Middlebrook, Wester und Cuk – die Beschreibung des Tiefsetzstellers mit harter Schalttechnik um parasitäre Elemente der Halbleiter–Leistungschalter für den Durchlaßzustand und der Filterelemente ergänzt, so daß sich nun auch bei geringer Ausgangsspannung und hoher Leistung für die Frequenzgänge und Steuerkennlinien gute Übereinstimmung zwischen Berechung und Messung ergibt.

Aus dem Bereich der Resonanzkonverter wurde die qualifizierteste Halbbrückentopologie – der Resonanzkonverter mit seriell–paralleler Leistungsauskopplung, der oberhalb der Resonanzfrequenz betrieben wird, im Zeitbereich unter gleichen Bedingungen wie bei der Grundschwingungsanalyse näher untersucht. Der höhere Aufwand dieser Un-

tersuchung rechtfertigt sich zum einen dadurch, daß bisher unbekannte Betriebarten festgestellt und beschrieben wurden und zum andern die Ergebnisse zur Überprüfung der Berechnung auf der Basis der Grundschwingungsanalyse dienen, um die Grenzen ihrer Anwendbarkeit aufzuzeigen. Denn die Auslegung eines Konverters ist für die neu gefundene Betriebsart mit lückender Transformatorspannung vorzunehmen, da hier die Maximalbeanspruchung der Komponenten resultiert. Und bei dieser Betriebsart ergibt sich z.B. ein ca. 20% höherer Effektivwert des Schwingkreisstromes als bei den genäherten Berechnungen. Die Abweichungen werden noch höher – auch hinsichtlich der Steuerkennlinien – , wenn eine Annäherung an realisierte Schaltungen durch Berücksichtigung der Durchlaßeigenschaften der Schalter, der Ausgangskapazitäten von MOSFETs und ihrer Beschaltungskapazitäten und der Verluste der Schwingkreiselemente erfolgt. Für dieses noch exaktere Modell wurden Diagramme zu Steuerkennlinien und zu Wirkungsgradverläufen angegeben.

Für Ausgangsleistungen im Bereich einiger Kilowatt lassen sich die angegebenen Kennlinien für die Halbbrücken sehr einfach auf die drehstromgespeisten Vollbrücken–Topologien, die – vorbehaltlich der endgültigen Klärung der magnetischen Gesichtspunkte bei hoher Schaltfrequenz zu Mehrwicklungstransformatoren /B8,B9/ – noch geeigneter erscheinen, übertragen.

Resonanzkonverter für 10 kW und mehr sind aufgrund der zusätzlichen Schalterverluste bedingt durch die Schwingvorgänge und der Realisierungsprobleme der Schwingkreisinduktivitäten bei hoher Frequenz nur dann sinnvoll für Stromversorgungen einsetzbar, wenn die Topologie zwei separate Leistungspfade ermöglicht. Einen Wirkleistungspfad, der von der Abgabeleistung abhängt und einen parallel dazu angeordneten Blindleistungspfad für die Kommutierungsblindleistung, der die Schwingkreise enthält, damit sanft und zwar möglichst im Spannungsnulldurchgang eingeschaltet wird und im Strom- und/oder Spannungsnulldurchgang ausgeschaltet wird.

Aufgrund der gewonnenen praktischen wie theoretischen Erfahrungen können aber auch der 2–Transistor–Flußkonverter oder die Doppel–Flußkonverter mit einfachen regenerativen Entlastungsnetzwerken als sinnvolle konventionelle Alternative bezeichnet werden.