

STROMGESTEUERTE DEFIBRILLATORENDSTUFE

H.Cecchin, M.Specht, M.Schönegg, A.Bolz

Institut für Biomedizinische Technik, Universität Karlsruhe, D 76128 Karlsruhe

hc@ibt.etec.uni-karlsruhe.de

EINLEITUNG

Defibrillation ist die effektivste Methode, um lebensbedrohliches Herzkammerflimmern zu beenden. Defibrillatoren mit biphasischen Impulsen weisen gegenüber den klassischen monophasischen Defibrillatoren, eine höhere Erfolgsquote bei geringerem Energieeinsatz auf. Der Biphasic Truncated Exponential(BTE) Puls als klassische biphasische Pulsform hat allerdings den Nachteil der hohen Stromdichten im Einschaltmoment. Aus der Überlegung, hohe Stromdichten zu vermeiden und die Gesamtimpulsabgabe strom- und nicht energiebasiert zu realisieren, folgt eine rechteckförmige Impulsform als ideal. Im Rahmen eines Kooperationsprojektes zwischen der Industrie und dem Institut für Biomedizinische Technik der Universität Karlsruhe wird eine solche Endstufe zur Abgabe stromgesteuerter biphasischer Impulse aufgebaut.

MATERIALIEN UND METHODEN

Für die Realisierung eines Impulses mit konstantem Strom ergeben sich mehrere Möglichkeiten. Neben der thermisch ungünstigsten Variante des Linearreglers ermöglichen die heute zur Verfügung stehenden Elemente der Leistungselektronik den Aufbau eines schnellen Schaltreglers. Hierbei wird der Strom in einem vorgegebenen Toleranzband geregelt. Die Breite des Toleranzbandes ist der entscheidende Faktor für die Schaltfrequenz und die Stromwelligkeit. Es wurden hierauf basierend, drei unabhängige Konzepte zur Realisierung eines Schaltreglers mit Toleranzbandregelung erarbeitet. Die Gemeinsamkeit aller Konzepte ist, daß ein Kondensator als Hochspannungsquelle dient und der vorgegebene Strom eingepreßt wird. Da die Impedanz des Patienten nicht bekannt ist, muss der Kondensator auf den *worst case* Wert geladen werden. Dieser Wert berechnet sich wie folgt.

$$E_{ab} = 160J$$

$$C = 150\mu F$$

$$U(C) = \sqrt{(R_{max} * I_N)^2 + \frac{2}{C} * E_{ab}} \quad (1)$$

$$E_{max} = E_{rest} + E_{ab} \quad (2)$$

- Abwärtswandler

Die Anpassung der Kondensatorspannung an

die im voraus nicht bekannte Patientenimpedanz wird mit Hilfe eines Abwärtswandlers realisiert. Der Abwärtswandler besteht aus einer H-Brücke, in deren Brückenweig eine Speicherdrossel in Serie mit dem Patienten geschaltet ist. Die einzelnen Schalter der H-Brücke bestehen aus einer Serienschaltung mehrerer IGBTs bzw. MosFets, um die nötige Sperrspannungsfähigkeit zu erreichen.

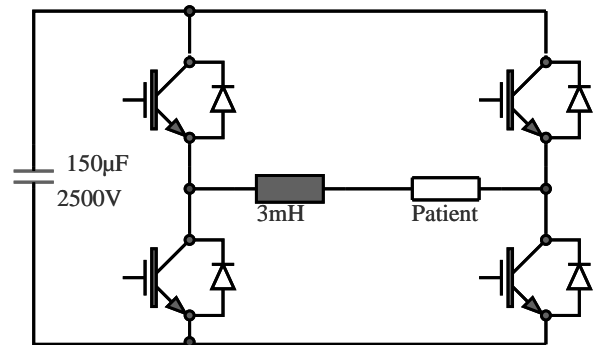


Abbildung 1: Abwärtswandler

Die Speicherdrossel im Brückenweig verhindert einerseits einen zu schnellen Stromanstieg und andererseits dient sie im Freilauf als Energiequelle. Der Stromverlauf entspricht einer mit einer Dreieckfunktion überlagerten Rechteckfunktion, hierbei schwankt der Strom in der Höhe des Toleranzbandes um den Sollwert der Rechteckfunktion.

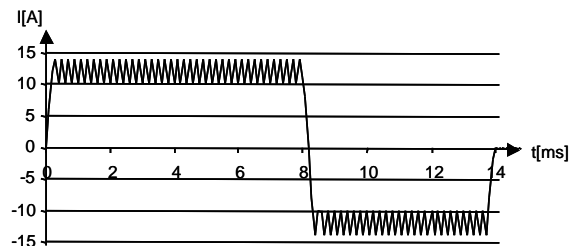


Abbildung 2: Stromverlauf

- Auf- Abwärtswandler
Der Auf- Abwärtswandler ermöglicht es, den eingestellten Strom bei niedrigerer Kondensatorspannung einzuprägen. Der Aufbau besteht aus drei Halbbrückenzeigen, bei dem zwischen Halbbrücke 1 und 2 eine Speicherdrossel und zwischen Halbbrücke 2 und 3 der Patient angeschlossen wird.

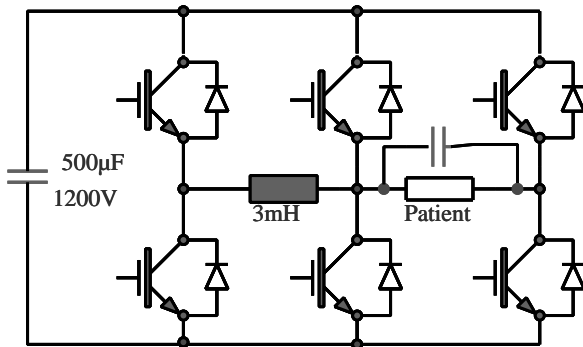


Abbildung 3: Auf-Abwärtswandler

Vorteil dieser Schaltung ist es, dass sowohl ein Aufwärts- als auch ein Abwärtswandler realisiert ist. Bei ausreichender Kondensatorspannung kann die Schaltung mit den Halbbrückenzeigen 1 und 3 als konventioneller Abwärtswandler(s.o) betrieben werden. Ist die Kondensatorspannung nicht mehr ausreichend um den vorgegebenen Strom einzuprägen, wird die Schaltung als Aufwärtswandler betrieben. Hierzu wird die Spule geladen und dann in Reihe mit dem Kondensator geschaltet, wodurch sich die für den vorgegebenen Strom nötige Spannung ergibt. Ein zweiter Kondensator über dem Patienten sorgt für den nötigen Stromfluss während der Ladephase der Spule. In bisherigen Simulationen hat sich jedoch das Regelverfahren als sehr kompliziert herausgestellt. Eine Realisierung wurde auch auf Grund des erhöhten Bauteilaufwands, es ist ebenfalls eine Serienschaltung von IGBTs oder MosFets für die einzelnen Schalter notwendig, noch nicht durchgeführt.

- Aufwärtswandler mit Übertrager
Der Aufwärtswandler mit Übertrager hat den Vorteil, dass der eingestellte Strom trotz einer niedrigeren Kondensatorspannung eingepägt werden kann. Der Aufwärtswandler besteht aus einer H-Brücke, in deren Brückenweig die Primärwicklung eines Übertragers geschaltet ist.

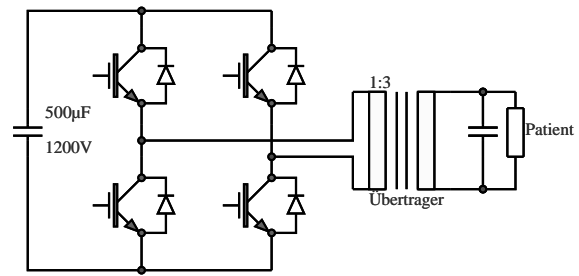


Abbildung 4: Aufwärtswandler

Somit ergibt sich aufgrund des Übersetzungsverhältnisses des Übertragers die Möglichkeit, den benötigten Ausgangsstrom unabhängig von der Eingangsspannung einzuprägen. Die Eigeninduktivität des Übertragers dämpft den Stromanstieg und dient andererseits auch als Energiequelle für den Freilauf.

ERGEBNISSE

Bisherige Simulationen haben ergeben, dass die Ausführung des Auf- Abwärtsregler, im Gegensatz zu den zwei anderen erarbeiteten Konzepten aufgrund des aufwendigen Regelverfahrens zu unwirtschaftlich wird. Der Vorteil der niedrigeren Kondensatorspannung wird durch die erhöhte Anzahl an Schaltelementen aufgehoben. Die beiden verbleibenden Konzepte verfügen beide über ein einfacheres Regelverfahren. Die schaltungstechnischen Schwerpunkte der verbleibenden Entwürfe liegen beim Abwärtsregler in der Serienschaltung der IGBTs zur Handhabung der hohen Spannungen und beim Aufwärtsregler in der Entwicklung eines Übertragers in akzeptabler Größe und mit akzeptablem Gewicht. Die Variante des Abwärtswandlers wurde bereits aufgebaut und befindet sich in der Testphase.

DISKUSSION

Von der Stromsteuerung versprechen wir uns eine individuell auf den Patienten abgestimmte Impulsform, die das Herzgewebe schonender defibrilliert als dies mit den konventionellen Impulsformen geschieht. Die automatische Anpassung an den einzelnen Patienten spricht für den Einsatz in AEDs.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Erfolgt eine positive Bewertung des Defibrillationsimpulses aufgrund einer klinischen Studie oder eines medizinisches Gutachtens, besteht die Chance eines baldmöglichen Einsatzes dieser Endstufe im täglichen Rettungsdienst.