



## Sichere Bremswiderstände

### - Technische Hintergründe mit Praxisanwendung

#### Einleitung

Im Alltag begegnen einem oft ganz unverhofft Konstruktionen, die das Leben vereinfachen. Im Skiurlaub beispielsweise ermöglicht es der Sessellift gemütlich an die Bergspitze befördert zu werden, mit dem Aufzug kann in Sekundenschnelle das oberste Stockwerk erreicht werden oder beim Bau eines Gebäudes können schwere Lasten mit dem Kran dorthin transportiert werden, wo sie benötigt werden. Die Gemeinsamkeit dieser Beispiele findet sich im elektrischen Motor als notwendiger Bestandteil dynamischer Anlagen.

Beim genaueren Befassen dieser Beispiele ist auffällig, dass jeder dieser Exempel nicht kontinuierlich von konstanter Geschwindigkeit geprägt ist. Brems- und Beschleunigungsvorgänge kennzeichnen den Gebrauch dieser Technologien. Vor allem der Bremsvorgang wird für dieses Dokument eine elementare Rolle spielen. Dies ist der Hintergrund, weshalb es die Anwendung eines Bremswiderstandes bedarf.

Ziel ist es, das Konstrukt eines Bremswiderstandes und dessen notwendigen Einsatz nachvollziehen und verstehen zu können.

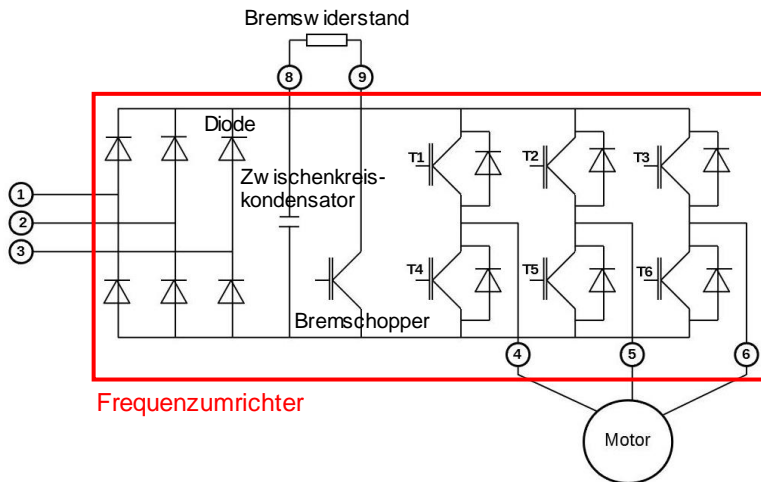
#### Die Rolle des Frequenzumrichters

Die Thematik wird nun anhand eines Beispiels veranschaulicht. Hierzu wird der zuvor erwähnte Aufzug aufgrund seiner Einfachheit herangezogen. Das Konzept kann jedoch auf jede dynamische Anlage mit elektrischem Motor übertragen werden.

Grundsätzlich sei zu erwähnen, dass jeder elektrische Motor zur Funktionstüchtigkeit an das Stromnetz angebunden werden muss. Demnach ist ebenfalls der Aufzug an dieses anzubinden. Im deutschen Stromnetz herrscht eine einheitliche Netzfrequenz von 50 Hertz. Beim Anschließen des Aufzuges an das Wechselspannungsnetz würde sich der Motor entsprechend 50 Mal pro Sekunden umdrehen.

Der direkte Netzanschluss zur Anwendung von dynamischen Anlagen ist aufgrund der fixen Drehzahl jedoch nicht immer passend. Es kann zu Einschränkungen der Leistungsfähigkeit kommen. Auch die Anwendung des Aufzuges zeigt, dass in der Praxis Applikationen veränderbare Wechselspannungen oder eine regelbare Geschwindigkeit benötigen, denn der Aufzug bewegt sich aufgrund von Brems- und Beschleunigungsvorgängen nicht mit konstanter Geschwindigkeit.

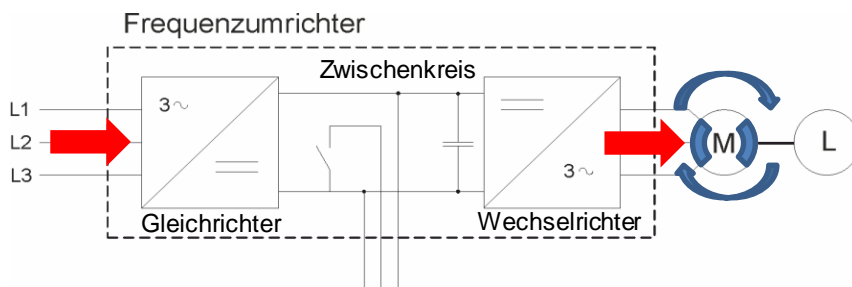
Um dies zu realisieren werden Frequenzumrichter eingesetzt. Wie der Name schon preisgibt handelt es sich hierbei um Stromrichter, die aus der speisenden konstanten Wechselspannung eine variable Wechselspannung erzeugen und somit die Drehzahl eines Motors regelbar machen. Dies ermöglicht eine Anpassung der Frequenz und Spannung an den Bedarf. Die Geschwindigkeit des Aufzuges kann somit regelbar gemacht werden, was verhindert, dass dieser beispielsweise nicht abrupt zum Stehen kommt.



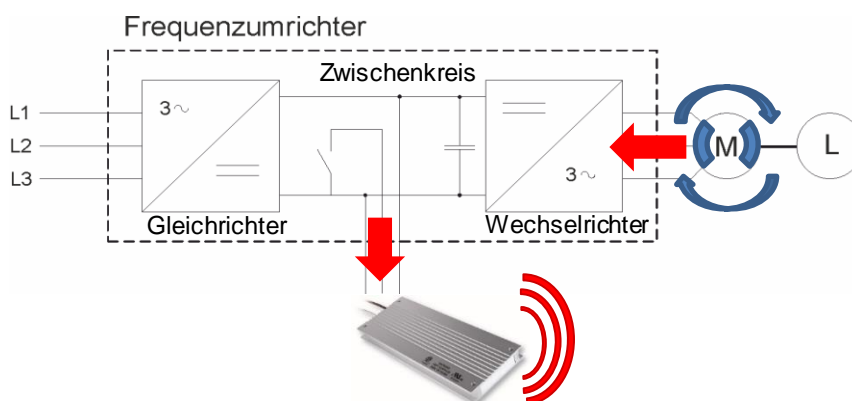
Die Grafik links zeigt optimal, die Funktionsweise eines Frequenzumrichters. Er wird einem Motor vorgeschaltet, um eine bedarfsgerechte, veränderbare Wechselspannung zu erzeugen. Wie aus der Abbildung zu erkennen ist erzeugt nicht mehr das Stromnetz die Spannung und Frequenz, sondern der Frequenzumrichter. Dies ermöglicht eine stufenlose Veränderung der Drehzahl eines Motors, wodurch eine Anpassung an erforderliche Bedingungen optimal realisiert werden kann. Ferner

symbolisieren die Dioden, dass der Strom ausschließlich in eine Richtung fließen kann und demnach nicht zurück in das Stromnetz gelangen kann.

Diese Grafik unten veranschaulicht den Beschleunigungsvorgang. Vereinfacht ausgedrückt wird elektrische Energie in Bewegungsenergie umgewandelt, um so den Motor in Bewegung zu versetzen. In Bezug auf unser Aufzugsbeispiel fährt dieser nach oben.



Im Gegensatz zeigt die folgende Grafik den Bremsvorgang. Bezogen auf den Aufzug bewegt dieser sich nach unten.



In Bezug auf dieses Dokument ist der Bremsvorgang entscheidend, denn wie bereits aus der Grafik zu erkennen ist, bedarf es hier den Einsatz eines Bremswiderstandes. Grundsätzlich sei zu erwähnen, dass beim Bremsvorgang der Motor als Generator fungiert. Bewegungsenergie wird demnach in elektrische Energie umgewandelt. Dies führt dazu, dass Strom in den Zwischenkreis fließt, wodurch die Spannung im Zwischenkreis ansteigt.

Grundsätzlich sind zu hohe Spannungen problematisch, da diese die sensiblen Elektronikbauteile zerstören werden. Demnach ist es elementar die Spannung zu kontrollieren, um deren Anstieg über einen bestimmten Schwellwert zu verhindern. An diesem Punkt wird der Bremswiderstand benötigt. Kurz gesagt ist er der Grund, weshalb überschüssige Energie adäquat abgebaut werden kann und somit die Spannung keine gefährlichen Höhen erreichen kann.

### **Zusammenhang zwischen Bremschopper und Bremswiderstand**

Wie bereits zuvor erwähnt ist die Überwachung der Zwischenkreisspannung elementar um Überspannungen vorzubeugen und so die Sicherheit der Geräte zu gewährleisten. Dies kann durch Bremschopper realisiert werden. Diese sind entsprechend so programmiert, dass bei Über- oder Unterschreitung einer zuvor definierten Schwelle die Bremschopper eingeschaltet beziehungsweise ausgeschaltet werden. An diesem Bremschopper ist der Bremswiderstand angeschlossen, über den die überschüssige Energie im Zwischenkreis in thermische Energie umgewandelt wird. Es ist also festzuhalten, dass der Chopper die Sicherheit gewährleistet und dies über den Bremswiderstand umgesetzt wird.

An dieser Stelle ist anzufügen, dass dieser Vorgang nach Bedarf beliebig oft wiederholt wird. Der Bremswiderstand charakterisiert sich demnach als das begrenzende Element. Ihm wird eine hohe Last an Energie zugetragen, die er abzubauen hat.

### **Bremswiderstand – eine genauere Betrachtung**

Wir wissen nun, dass der Bremswiderstand eingesetzt wird, um Bremsenergie adäquat zu verarbeiten. Die Drehzahl des Motors kann verringert werden, was zu einer Bremsung führt. Bremswiderstände charakterisieren sich demnach als essentieller Bestandteil, wenn es zum Einsatz von elektrisch betriebenen Maschinen kommt. Durch die effektive Regulierung des Energieflusses können alle Bauteile vor Zerstörung geschützt werden.

Als begrenzendes Element ist jedoch entscheidend, dass der Widerstand die Energie, die ihm zugetragen wird auch abbauen kann. Der Berechnung hinsichtlich der richtigen Auslegung der Produkte wird demnach eine hohe Bedeutung zugetragen und ist unbedingt erforderlich. Ziel dieser Auslegung ist eine hohe Belastbarkeit sowie eine lange Lebensdauer zu gewährleisten.

Um kurze aber ihrem Widerstand entsprechende starke Energieimpulse aufnehmen zu können charakterisiert sich die Stärke der sich maximal zu verarbeitenden Energieimpulsen bei gegebenen Einschaltdauern als die entscheidende Größe. Zudem ist die Zykluszeit mit ihren Anteilen der Bremszeit und der Ruhezeit eine weitere wichtige Dimension bei der Auslegung. Als Ergebnis des Auslegungsprozesses kristallisiert sich ein Bremswiderstand mit richtigem Ohmwert und der passenden Nominalleistung. Bei Bedarf können Sie sich gerne an die Michael Koch GmbH, mit Sitz in Ubstadt-Weiher im Südwesten von Baden-Württemberg, wenden. Wir übernehmen gerne die Auslegung der benötigten Bremswiderstände durch unser professionelles Vertriebsteam.

Des Weiteren sehen sich Bremswiderstände aufgrund weiter Spannen von Leistung und Spannungsfestigkeit einem breit gefächerten Einsatzgebiet gegenüber. Einzelne Module sind so konstruiert, dass eine Kaskadierung durchgeführt werden kann, um höhere Leistungen realisieren zu können. Zudem können auf Basis eines Baukastensystems maschinenspezifische Individuallösungen gebildet werden.

Endsprechend der Vielfalt von Einsatzfällen haben sich diverse Technologien etabliert.



Drahtbasierte Widerstände charakterisieren sich als die Standardtechnologie für kleine bis mittelgroße Leistungen. Standardgemäß wird der Widerstandsdraht (Rund- oder Flachdraht) um einen Keramikträger, meistens Röhren, gewickelt und mittels Zement oder Glasur fixiert. Bei Impulsbelastungen kann demnach die Wärme schnell abgeführt werden. Kurzzeitig entstehen hierbei jedoch sehr hohe Oberflächentemperaturen. Bei Falschlegung der Widerstände oder Ausfall des Bremschoppers kann die Oberflächentemperatur so hoch ansteigen, dass Brandgefahr besteht. Um dies zu vermeiden ist der Einsatz von Drahtwiderständen der Michael Koch GmbH zu empfehlen. Diese besitzen die Eigenschaft des Eigenschutzes aufgrund einer integrierten Sollbruchstelle.

Um dies zu vermeiden ist der Einsatz von Drahtwiderständen der Michael Koch GmbH zu empfehlen. Diese besitzen die Eigenschaft des Eigenschutzes aufgrund einer integrierten Sollbruchstelle.



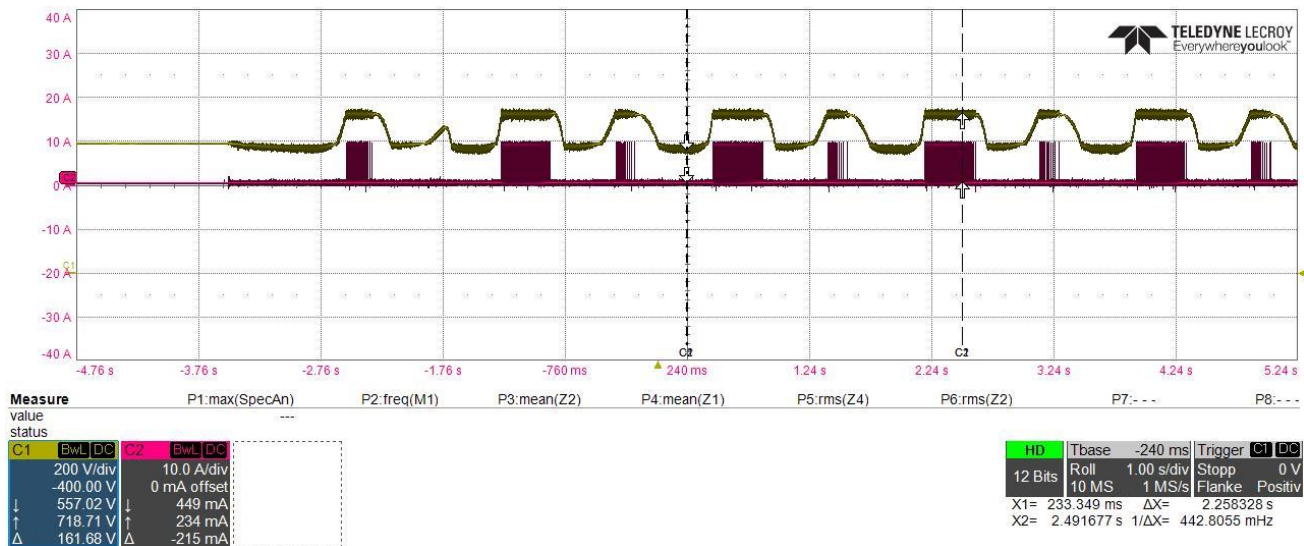
Die Technologie der PTC-Keramik-Widerstände eignet sich besonders bei Anforderungen an geringere Leistungen. Aufgrund ihres dynamischen Widerstandswertverlaufs über die Temperatur kann höchste passive Sicherheit bei Überbelastung gewährleistet werden. Steigt die Temperatur über rund 140 Grad, so steigt der Ohmwert exponentiell in die Höhe, so dass die Leistungsaufnahme gegen Null geht. Folglich impliziert keine weitere Leistungsaufnahme keinen weiteren Temperaturanstieg. Dies schließt das Risiko einer Überbelastung systematisch aus. Dieser Widerstand schützt sich aufgrund seiner Hochohmigkeit demnach selbst. Fehlanschlüsse und Bremschopperausfälle können auf diese Art abgefangen werden.

Dieser Widerstand schützt sich aufgrund seiner Hochohmigkeit demnach selbst. Fehlanschlüsse und Bremschopperausfälle können auf diese Art abgefangen werden.

## Praxisanwendung

Um diese Thematik nun an einem Praxisbeispiel zu verdeutlichen wurde ein entsprechender Versuch aufgebaut und in einfachster Weise realisiert. An einem Frequenzumrichter, der einem elektrische Motor vorgeschaltet wurde, wurde im Zwischenkreis ein Bremswiderstand mit entsprechend richtiger Auslegung hinsichtlich der geforderten Bedingungen installiert. Um die zuvor geschilderte Thematik visuell aufzeigen, wurde zudem ein Oszilloskop angeschlossen.

Hierbei handelt es sich um ein elektronisches Messgerät, das den zeitlichen Verlauf elektrischer Spannungen und Ströme auf einem Bildschirm visualisiert. Der Graph wird dabei in einem zweidimensionalen Koordinatensystem dargestellt. In unserem Beispiel zeigt die X-Achse die Zeit, gemessen in Sekunden und die Y-Achse den Strom, gemessen in Ampere.



Im oberen Oszillogramm können Sie nun eine aufgezeichnete Messung sehen. Es werden zwei Kurven angezeigt. Die obere gelbe Kurve zeigt die Spannung im Zwischenkreis in Volt an, die untere pinke Kurve den Strom im Bremswiderstand in Ampere. Beider dieser Kurven unterliegen aufgrund von realen Bedingungen Störeinflüssen. Zur weiteren Betrachtung dieser Thematik ist das jedoch irrelevant.



Dieses Oszillogramm zeigt die Zwischenkreisspannung. Hier ist deutlich zu erkennen, dass wenn die Spannung über einen gewissen Punkt steigt, Strom in den Widerstand fließt. Sinkt die Spannung endet ebenfalls der Stromfluss.

Um die Widerstandthematik detailliert aufzugreifen und adäquat zu erklären kann das Folgende Oszillogramm herangezogen werden:



Wie nun bereits erläutert wurde, sind zu hohe Spannungen im Zwischenkreis gefährlich und müssen demnach reguliert werden. Überschreitet die Spannung einen zuvor definierten Wert wissen wir nun ebenfalls, dass der Bremschopper eingeschaltet wird, wodurch die überschüssige elektrische Energie über den Bremswiderstand in thermische Energie umgewandelt wird. Entsprechend senkt sich die Spannung bis zu einem definierten Punkt, bei welchem der Bremschopper wieder ausgeschaltet wird und der Bremswiderstand keine weitere Energie mehr verarbeiten muss. Exakt dieses Szenario können Sie im obigen Oszillogramm erkennen. Ist die Spannung an ihrem höchsten Punkt, im Beispiel ca. 740 Volt, so wird der Bremschopper eingeschaltet und der Widerstand aktiviert. Ab diesem Zeitpunkt ist durch die gelbe Linie zu erkennen, dass die Spannung bis zu einem gewissen Punkt abnimmt. Unterschreitet die Spannung in unserem Beispiel ca. 715 Volt, so wird der Bremschopper ausgeschaltet und der Widerstand deaktiviert. Ab diesem Zeitpunkt steigt jedoch die Spannung erneut. Dieses Szenario wiederholt sich beliebig oft, bis der elektrische Motor seine Bremsphase beendet hat. An diesem Beispiel ist nun ebenfalls optimal aufzuzeigen, weshalb die Einschaltdauer und Ruhezeit des Widerstandes von entscheidender Bedeutung ist. Je länger die Einschaltdauer und je kürzer die Ruhezeit ist, desto mehr Energie muss der Widerstand aufnehmen und ist demnach stärker belastet.

Es ist festzuhalten, dass der Bremswiderstand einen bedeutenden Beitrag zum reibungslosen Betrieb von dynamischen Maschinen leistet. Er gewährleistet höchste Sicherheit und ist demnach unerlässlich.

Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme!

