



Vorteile von DC-Netzen



Das Versorgungsnetz in Deutschland basiert weitestgehend auf Wechselspannung. Sowohl in der Industrie als auch in der Gebäudetechnik wäre eine Versorgung mit Gleichspannung aber von Vorteil. In den Projekten DC-Industrie und DC-Industrie2 sowie der daraus hervorgegangenen Open Direct Current Alliance (ODCA), gegründet vom ZVEI, wurde und wird an den Herausforderungen einer DC-Infrastruktur geforscht und gearbeitet. Als Mitglied der ODCA hat auch die Firma Block Transformatoren-Elektronik hierzu beigetragen. Es wurden Konzepte für den Wechsel auf DC-Speisung von Anlagen untersucht und die Auswirkungen hiervon auf die Effizienz vermessen.

Effizienz- gewinn bereits im Kleinen

Nachfolgend sollen zunächst die Vorteile und auch die Anforderungen, die sich durch den Wechsel auf DC-Versorgung ergeben, näher betrachtet werden. Ein besonderer Fokus liegt hierbei auf den Vorteilen, die bereits durch die Umrüstung einzelner Schaltschrankeinheiten auf DC-Spannung erreicht werden können. Die Vorteile von DC-Netzen liegen auf der Hand:

- Weniger Kupfer in den Anschlussleitungen durch den Wegfall von Blindleistung oder Verringerung der Übertragungsverluste durch die höhere Systemspannung.
- Kleinere und effizientere Elektronik durch den Wegfall der internen Gleichrichter.
- Direkte Anbindung regenerativer Energien oder Speicher.

Ein weiterer großer Vorteil ergibt sich bei Anlagen mit mehreren elektrischen Maschinen, welche die größten Verbraucher in den meisten Industrieanlagen sind. Sie erfordern hohe Spitzenleistungen, können aber auch Energie zurückspeisen, wenn sie abgebremst werden. Teilen sich mehrere Maschinen den gleichen DC-Bus, ist ein einfacher Ausgleich möglich, da die Bremsenergie der einen Anlage direkt für die Versorgung der weiteren Anlagen zur Verfügung

steht. Sie muss nicht durch Bremswiderstände abgebaut werden. In Summe sinkt die Anschlussleistung einer Anlage und die Effizienz steigt.

Wechsel auch für einzelne Anlagen sinnvoll

Der Wechsel zu DC-Netzen kann bereits im Kleinen durchgeführt werden, beispielsweise für einzelne Industrieanlagen oder -maschinen. Es muss nicht die komplette Verteilung einer Fabrikhalle auf DC-Versorgung umgestellt werden, um von den genannten Vorteilen zu profitieren. Erste Schritte können erfolgen, indem Anlagenteile/Schaltschränke auf DC umgerüstet werden, die bisher intern mit Wechselspannung versorgt wurden. Abbildung 1 zeigt den Aufbau eines Systems, das konventionell über AC versorgt wird: ein 24V-Hilfsspannungsnetzteil und zwei Frequenzumrichter werden direkt aus dem 400 V AC-Netz gespeist.

Abbildung 2 zeigt das System nach einer Umrüstung auf ein 620 V DC-Netz. Dieses wird direkt an die Zwischenkreise des Hilfsspannungsnetzteils und der Frequenzumrichter angeschlossen. Hierbei muss auf eine ausreichende Spannungsfestigkeit geachtet werden.

Aus AC wird DC

Das DC-Netz muss natürlich zunächst aus dem vorher verwendeten AC-Netz erzeugt werden. Dies geschieht idealerweise durch geeignete Komponenten direkt im gleichen Schaltschrank. Hierfür gibt es vier Möglichkeiten, wie Abbildung 3 veranschaulicht.

Im Folgenden werden die jeweiligen Vor- und Nachteile der vier Möglichkeiten gegenübergestellt:

- **I:** Nutzen eines aktiven Gleichrichters mit Hochsetzen der Spannung. Das DC-Netz muss hierbei immer eine höhere Spannung als die gleichgerichtete Wechselspannung haben. Es ist eine Rückspeisung in das AC-Netz möglich und es wird ein hoher Leistungsfaktor erreicht. Die Vermeidung von hohen Eingangsströmen bei Zuschaltung großer kapazitiver Lasten bedeutet zusätzlichen Aufwand bei der Umsetzung dieser Topologie. Weiterhin wird keine galvanische Trennung geboten.
- **II:** Einsatz eines passiven Gleichrichters. Die DC-Spannung ist hierbei fest, hängt von der Höhe des AC-Eingangs ab und

weist eine lastabhängige Welligkeit auf. Diese Umsetzung ermöglicht große Eingangsspitzenströme bei geringen Kosten, was hilfreich sein kann, um Sicherungen auszulösen. Es ist keine Rückspeisung von Energie möglich und der Leistungsfaktor ist aufgrund der Ladeströme durch die Dioden gering. Eine galvanische Trennung ist auch hier nicht gegeben.

- **III:** Diese Variante bietet eine galvanische Trennung durch den Einsatz eines Netztransformators in Kombination mit einem aktiven (I) oder passiven (II) Gleichrichter. Hierdurch sind zusätzlich Anpassungen der resultierenden DC-Spannung möglich und die Gleichtaktspannung zwischen der AC- und DC-Seite kann eliminiert werden, was zu einer geringeren Überspannungskategorie führt.
- **IV:** Als letzte Option wird ein aktiver Gleichrichter aus I mit einem galvanisch getrennten DC/DC-Wandler kombiniert. Hierdurch werden die meisten Vorteile von I-III

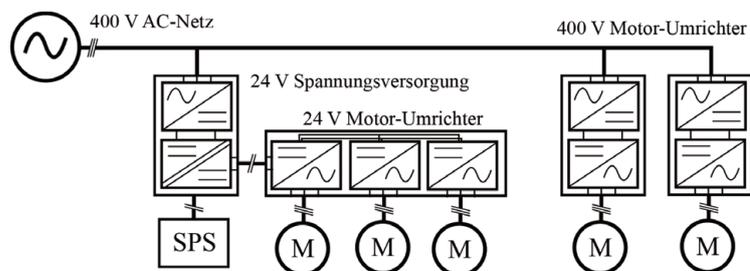


Abbildung 1: Blockschaltbild einer Anlage mit Verbrauchern und elektrischen Maschinen mit konventioneller AC-Anbindung.

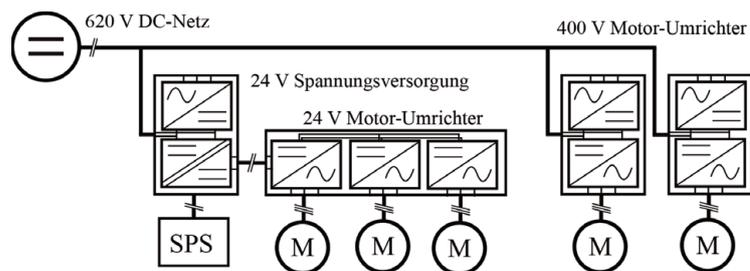


Abbildung 2: Blockschaltbild einer Anlage nach der Umrüstung auf den Betrieb mit DC-Spannung, ohne Austausch von Komponenten.

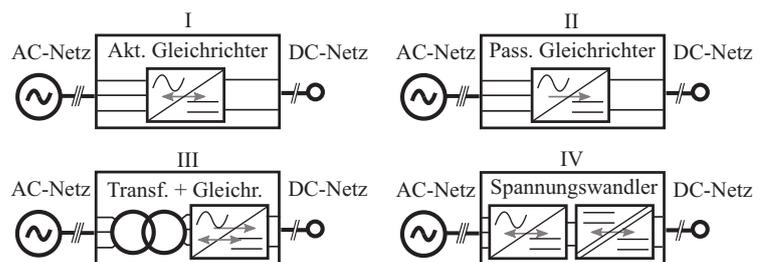


Abbildung 3: Möglichkeiten der Erzeugung eines DC-Netzes aus Wechselspannung mit Darstellung der möglichen Richtungen des Energieflusses.

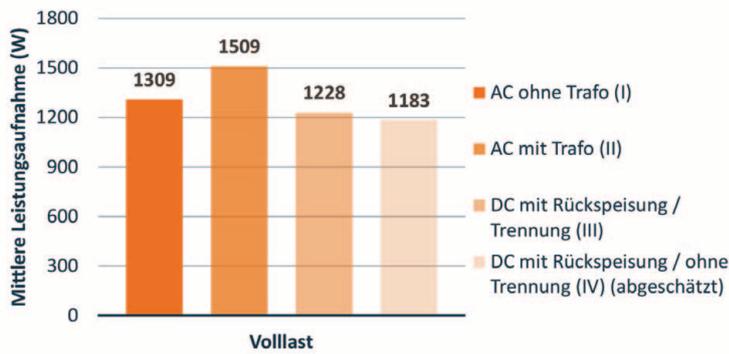


Abbildung 4: Messergebnisse der mittleren Leistungsaufnahme der Anlage im Betrieb unter Volllast.

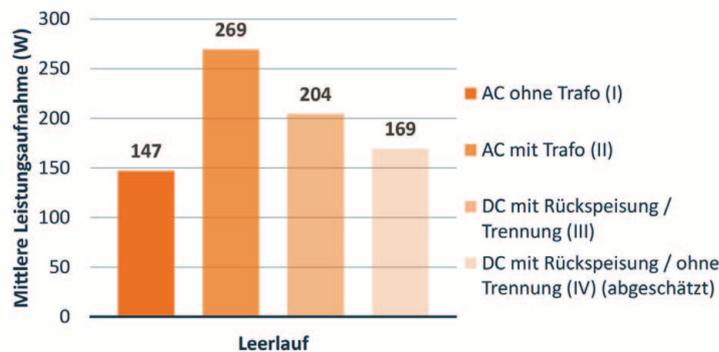


Abbildung 5: Messergebnisse der mittleren Leistungsaufnahme der Anlage im Leerlauf.

beibehalten und viele der Nachteile vermieden. Eine galvanische Trennung ist vorhanden und die Ausgangsspannung sowie der Ein- und Ausgangsstrom lassen sich regeln. So kann das Hochlaufen der nachgeschalteten Anlage kontrolliert ablaufen. Nachteilig ist die höhere Komplexität in der Umsetzung und eine leicht geringere Effizienz im Vergleich zu I und II.

Wege zum größtmöglichen Nutzen

Um den größten Nutzen aus DC-Netzen zu ziehen – wie verbesserte Effizienz, verringerte Anschlussleistung und optimale Ausnutzung der Bremsenergie durch Rückspeisung – ist eine Umsetzung mit Variante I oder IV empfehlenswert. Um dies zu belegen, hat Block in Zusammenarbeit mit einem Projektpartner Messungen an einer Industrieanlage mit 6kW Eingangsleistung durchgeführt, deren Aufbau in Abbildung 1 bzw. 2 gezeigt wird. Dabei wurde die mittlere Leistungsaufnahme in den folgenden Konfigurationen verglichen, sowohl im Betrieb unter Last als auch im Leerlauf:

- **I:** AC-Netz ohne Transformator, wie Abb. 1
- **II:** AC-Netz wie I, nur mit Transformator zur galvanischen Trennung

- **III:** DC-Netz mit Rückspeisung und galvanischer Trennung, wie Abb. 2
- **IV:** DC-Netz mit Rückspeisung wie III, ohne galvanische Trennung (Werte abgeschätzt)

Abbildung 4 zeigt die Messergebnisse dieser vier Varianten im Betrieb mit Last. So ist in der untersuchten Anwendung eindeutig zu erkennen, dass eine Umrüstung auf DC unter Verwendung von hocheffizienten Netzteilen im Betrieb zu einem Effizienzgewinn führt. Die Leistungsaufnahme sinkt sogar im Vergleich zur direkten Anbindung (I) um 6%, obwohl zusätzlich eine galvanische Trennung zur Verfügung steht (III). Die Effizienz könnte weiter gesteigert werden, wenn auf eine galvanische Trennung verzichtet werden kann (IV).

Durch die zusätzlichen Verluste des Netztransformators ergibt sich der größte relative Gewinn von 19%, wenn eine galvanische Trennung gefordert ist und auf DC-Netze umgestellt wird (II im Vergleich zu III). Vor allem die Rückspeisung der Bremsenergie wirkt sich im Betrieb positiv auf die mittlere Leistungsaufnahme des Systems aus. Dies erklärt auch das etwas schlechtere Abschneiden im Leerlauf (Abbildung 5), wenn diese zusätzliche Energie nicht zur Verfügung steht und keine Verluste durch einen Transformator anfallen.

Komponenten bereits heute verfügbar

Es lässt sich folglich festhalten, dass die eingangs aufgezeigten Vorteile von DC-Netzen auch auf Anlagenebene bei der Kopplung mit AC-Netzen ausgeschöpft werden können. Für die Umrüstung auf DC-Netze in Schaltschränken können bereits jetzt verfügbare AC-Schaltnetzteile eingesetzt werden, wenn diese für die höhere Spannungs-kategorie ausgelegt sind. Block bietet schon heute ein umfangreiches Portfolio an Netzteilen, die in DC-Netzen bis über 800V eingesetzt werden können. Zukünftige kundenspezifische Anpassungen senken hier weiter die Kosten und steigern die Effizienz durch Verzicht auf die integrierten Gleichrichterstufen. Mit den steigenden Energiepreisen haben sich die höheren Kosten eines solchen Systems bereits nach kurzer Zeit amortisiert.

Block Transformatoren-Elektronik GmbH

www.block.eu

Autor: Dipl.-Ing. Henning Sauerland, Entwickler im Bereich Schaltnetzteile und Leistungselektronik