



Cluster
Mechatronik & Automation

Warum Gleichstromnetze im Industriebereich sinnvoll sind!

1. Warum DC?

In den letzten Jahrzehnten haben Fortschritte in der Leistungselektronik und die zunehmende Verwendung von Geräten, die intern mit Gleichstrom (DC) arbeiten (z. B. Elektronikgeräte, LED-Beleuchtung, Wechselrichter, Umrichter für Elektromotoren), zu einem Interesse an Gleichstromtechnologien geführt.

Bisher wird die elektrische Energie über Wechselstromnetze (AC) bis zu den einzelnen Endgeräten verteilt. Doch es geht auch anders: komplexe Produktionsanlagen mit vielen elektrischen Komponenten (Steuerungen, Motoren, Sensoren usw.) oder ganze Produktionshallen können wesentlich vorteilhafter über lokale Gleichstromnetze versorgt werden.



Wichtigste Vorteile der DC-Technik

Höhere Energieeffizienz

Einer der Hauptvorteile von DC-Netzen ist die höhere Energieeffizienz, insbesondere durch die Verringerung von Umwandlungsverlusten. In traditionellen Wechselstromnetzen (AC) müssen viele industrielle Anwendungen elektrische Energie mehrfach umwandeln – von AC zu DC und wieder zurück zu AC –, um mit verschiedenen Geräten und Systemen kompatibel zu sein. Jede Umwandlung verursacht dabei Verluste, die sich insbesondere in energieintensiven Produktionsanlagen summieren.

In Wechselstromsystemen entsteht so genannte Blindleistung, die nicht genutzt werden kann und zusätzliche Verluste verursacht. In einem Gleichstromnetz gibt es keine Blindleistung; es die gesamte elektrische Energie kann genutzt werden.

Ressourceneinsparungen

Typischerweise benötigen DC-Netze im Industriebereich nur die Hälfte der Kupfermengen für die erforderlichen Leitungen: Erstens werden statt drei Phasen nur zwei Leiter benötigt (L+ und L-), zweitens ist die Nennspannung mit 650V deutlich höher als im 230/400V-AC-System und drittens muss keine unnötige Blindleistung transportiert werden.

Außerdem werden in einem DC-Netz hauptsächlich DCDC-Wandler eingesetzt, die weniger interne Komponenten als AC/DC-Wandler oder gar als konventionelle Transformatoren aufweisen. Es ist nur ein Haupt-AC/DC-Wandler („Frontend“) zum normalen AC-Stromnetz erforderlich. Da keine Blindleistung möglich ist, entfällt auch die sonst erforderliche Blindleistungskompensation zum normalen Stromnetz.

Direkte Rekuperation möglich

Die Energie von abbremsenden elektrischen Antrieben kann direkt in ein DC-Netz eingespeist werden und steht anderen Verbrauchern zur Verfügung. In herkömmlichen AC-Netzen wird diese Energie über einen Bremswiderstand nutzlos in Wärme umgewandelt.

Energie-effiziente Integration erneuerbarer Energien und Batteriespeicher

Erneuerbare Energien wie Solarenergie und Batteriespeicher liefern bereits Gleichstrom. In einem Gleichstromnetz können diese Quellen effizienter genutzt werden, ohne die Notwendigkeit komplexer Wechselrichter und damit verbundener Umwandlungsverluste. Energiespeicher wie Akkus und Superkondensatoren spielen eine zentrale Rolle in DC-Netzen, da sie Lastschwankungen ausgleichen und eine stabile Stromversorgung auch bei kurzzeitigen Netzausfällen gewährleisten.

Flexibilität in der Energieverteilung:

Gleichstromnetze ermöglichen eine flexiblere Integration von Energiequellen wie Solarzellen oder Batteriespeicher in das industrielle Stromnetz. Die Steuerung und Verteilung von Energie aus erneuerbaren Quellen wird vereinfacht, da in DC-Netzen keine aufwändigen Phasen-Synchronisierungen wie bei Wechselstromquellen erforderlich sind.



Nachteile gegenüber einem AC-Netz:

Fehlende Standards

Derzeit besteht keine Standardisierung von Gleichstromnetzen. An der Aktualisierung und Einbeziehung von DC wird intensiv gearbeitet. Speziell für den Bereich Industrie wurde ein Systemkonzept entworfen, siehe www.dc-industrie.de

Komplexität der Integration in bestehende Systeme - Hybridnetzwerke

Eine Herausforderung ist die Integration von DC-Systemen in bestehende Wechselstromnetze. Viele industrielle Anlagen arbeiten mit einer Mischung aus AC- und DC-Systemen, was die Steuerung und Koordination erschwert. In vielen Fällen kann es notwendig sein, Hybridnetze zu schaffen, die sowohl AC- als auch DC-Technologien nutzen.

Verfügbarkeit von DC-Geräten

Gleichstromnetze erfordern spezielle Schaltanlagen, Kabel, Spannungswandler und Schutztechnologien, die in der Regel noch in geringen Stückzahlen produziert werden und damit teurer sind als vergleichbare Wechselstromkomponenten. Dies kann zu höheren Anfangsinvestitionen im Vergleich zum Aufbau von AC-Netzen führen.

Die Open DC Alliance (ODCA) ein offener Zusammenschluss von über 50 Unternehmen und Forschungseinrichtungen arbeitet daran, ein umfassendes DC-Ökosystem voranzubringen.

Sicherheitsaspekte (Geräte- und Personenschutz)

In DC-Netzen mit vielen Quellen/Lasten gibt es vielfältige Möglichkeiten, wo und wie gefährliche Fehlerströme auftreten können. Dies muss durch eine entsprechende Vielzahl an Schalt- und Schutztechnik abgesichert werden.

Fehlendes Fachwissen, fehlende Erfahrung

...bei Planern, Installateuren und Bedienern durch die noch geringe Verbreitung von DC-Netzen im Industriebereich.



Zusammenfassung Vor-/Nachteile

Zusammenfassend gesagt, bietet die DC-Technik für industrielle Anwendungen klare Vorteile, insbesondere in Bezug auf Energieeffizienz, Materialeinsatz und die Integration erneuerbarer Energien. Derzeit bestehen noch Herausforderungen, die eine breite Einführung erschweren. Die langfristigen Vorteile in Form von Effizienzsteigerungen und niedrigeren Betriebskosten können jedoch die Investitionen in die Umstellung auf Gleichstromnetze rechtfertigen.



2. Besonderheit von DC-Industrienetzen

Die jahrzehntelangen Erfahrungen mit Gleichstrom aus der Bahntechnik lassen sich nicht ohne weiteres auf den Industriebereich übertragen, obwohl beide Bereiche gewisse Gemeinsamkeiten in der Nutzung von elektrischer Energie aufweisen.

Anforderungen an Lasten und Leistung

In der Industrie gibt es eine große Vielfalt an elektrischen Lasten, die von kleinen elektronischen Steuerungen über Maschinen mit variablen Motorlasten bis hin zu energieintensiven Prozessen reichen. Diese Heterogenität stellt unterschiedliche Anforderungen an Stromversorgungssysteme und Netzkomponenten. Industrielle Prozesse erfordern oft eine flexiblere und präzisere Steuerung, was die direkte Übertragung von Lösungen aus der Bahntechnik erschwert. Im Gegensatz dazu sind die elektrischen Lasten und Anforderungen in der Bahntechnik relativ homogen und haben konstante bzw. prognostizierbare Leistungsanforderungen.

Skalierung und Netzstruktur

Industrieanlagen betreiben hochverzweigte Netze mit vielen verschiedenen Lasten und Quellen bzw. Antrieben, die im Rekuperationsbetrieb temporäre Quellen darstellen. Die Komplexität der Netzstruktur erhöht die Anforderungen an Netzmanagement, Stabilität und Flexibilität wesentlich. Jederzeit können Komponenten an das Netz angeschlossen oder von diesem getrennt werden.

Im Gegensatz dazu sind Bahnsysteme in der Regel nicht komplex verzweigt, verfügen über klare Strukturen und werden nur selten in ihrer Größe verändert.

Sicherheitsanforderungen

In der Industrie gibt es vielschichtige Sicherheitsanforderungen, da eine große Vielfalt an Maschinen, Materialien und Prozessen vorhanden ist. Es müssen spezifische Schutzmechanismen für Maschinen, Produktionsprozesse und das Personal entwickelt werden.

Die Sicherheitsanforderungen im Bahnbereich dagegen sind zwar hoch, konzentrieren sich aber auf relativ klar definierte Szenarien.



3. Anwendungsbeispiele von Gleichstromnetzen im Industriebereich

Fabrikautomation

In der Industrieautomation kann Gleichstrom eine hohe Flexibilität bieten, insbesondere in Anlagen, in denen verschiedene Geräte und Maschinen miteinander vernetzt sind. Insbesondere beim Einsatz vieler elektrischer Antriebe mit dynamischen Bewegungsabläufen können erhebliche Energieeinsparungen durch Rekuperation erzielt werden.

Intralogistik und Lagerautomation

In der Intralogistik werden zunehmend automatisierte Lager- und Fördersysteme mit einer Vielzahl elektrischer Antriebe eingesetzt. Gleichstromnetze können in automatisierten Lagern eingesetzt werden, um elektrische Antriebe, Sensoren und Steuerungssysteme effizient mit Energie zu versorgen.

Ladestationen für autonome Fahrzeuge / Fahrzeugflotte:

Gleichstromnetze können auch für den Betrieb von Ladestationen für elektrische Flurförderzeuge oder autonome Transportfahrzeuge (AGVs) in Logistikzentren oder für das Fahrzeugflottenmanagement eingesetzt werden. Da diese Fahrzeuge in der Regel batteriebetrieben sind, können DC-Ladestationen die Effizienz der Ladevorgänge erhöhen. Dies gilt sowohl für Ladeinfrastrukturen als auch für interne Stromnetze in Produktionsanlagen.

Beleuchtungstechnik

LEDs werden intern mit Gleichstrom betrieben. Durch direkte Anbindung an ein DC-Netz können die erforderlichen Vorschaltgeräte mit weniger elektronischen Komponenten und damit kleiner hergestellt werden. Gewicht und Baugröße werden reduziert, der Energiebedarf bei gleicher Lichtausbeute sinkt.

Rechenzentren

Rechenzentren nutzen zunehmend Gleichstromnetze, um Umwandlungsverluste zu reduzieren und eine stabilere Stromversorgung für Server und IT-Infrastruktur zu gewährleisten.

In einem herkömmlichen Rechenzentrum wird Wechselstrom (AC) vom Netz eingespeist, in den USVs (unterbrechungsfreie Stromversorgung) in Gleichstrom umgewandelt und anschließend wieder in Wechselstrom zurückverwandelt, bevor er zu den Servern gelangt. Bei einem DC-Netz entfällt dieser Umwandlungsprozess, was zu Energieeinsparungen von 5 % führen kann.



4. Ausblick und Trends

Größere und kostengünstigere Speicher, die schnell ge-/entladen werden können, werden den Einsatz von DC-Netzen stark fördern, weil diese insbesondere bei Schnellladeparks, unterbrechungsfreien Stromversorgungen oder der Kombination von Photovoltaik und Batteriespeichern wirtschaftliche Vorteile bieten.

Zudem werden die heute noch fehlenden Standards und Normen bald vorhanden sein. Dann wird sich auch das Henne-Ei-Problem lösen, da höhere Stückzahlen zu sinkenden Komponentenpreisen führen.

Es lohnt sich daher, die DC-Technik im Auge zu halten. Vorteile existieren durchaus jetzt schon sowohl für das eigene Gebäude als auch für Marktchancen eigener Produkte.

