

UNIVERSELLE VERBINDUNGEN

Netzanschluss für Kreuzfahrt- und Containerschiffe

Am Liegeplatz kann ein großes Schiff bis zu 20 MVA elektrische Leistung benötigen, die für gewöhnlich von den Schiffsdieseln bereitgestellt wird. Allerdings gelten in immer mehr Häfen strengere Vorschriften in puncto Luftqualität und Geräuschemissionen. Vorkonfigurierte Lösungen auf Basis der Mittelspannungs-Frequenzumrichterfamilie ACS6000 von ABB liefern konformen und zuverlässigen landseitigen Strom mit höchster Qualität zu optimierten Kosten →1–2.



Roberto Bernacchi
ABB Power Grids,
Grid Integration
Sesto San Giovanni, Italien

roberto.bernacchi@
it.abb.com

Viele Seeschiffe erzeugen Strom mithilfe ihrer Dieselmotoren, wenn sie im Hafen liegen. Allerdings sind Schiffsmotoren nicht gerade für ihre Umweltfreundlichkeit bekannt, und da Häfen häufig von einer sensiblen Meeresumwelt oder dicht besiedelten Großstädten umgeben sind, gelten immer strengere Vorschriften in puncto Luftqualität und Geräuschemissionen. Tatsächlich belegen die Aspekte Luftqualität, Energieeffizienz und Lärm auf der Liste der Top-10-Umweltprioritäten für große Häfen der ESPO (European Sea Ports Organization) die ersten drei Plätze [1].

Landseitige Stromversorgung

Zur Reduzierung der Emissionen von Schiffen während der Liegezeit stellen Hafenbehörden häufig einen Landstromanschluss bereit. Allerdings können die größten Containerschiffe – z. B. der Super-Post-Panamax-Klasse – bis zu 7,5 MVA und große Kreuzfahrtschiffe bis zu 20 MVA benötigen. Werden mehrere große Containerschiffe gleichzeitig angeschlossen, kann der Energiebedarf am Kai erheblich ansteigen.

Die Bereitstellung solcher Energiemengen stellt die elektrische Infrastruktur im Hafen vor große Anforderungen, sowohl im Hinblick auf den Kapitalaufwand als auch auf die Komplexität der Ausrüstung, die laufenden Kosten und die Wartung. Hinzu kommt, dass Schiffe möglicherweise über ein

50- oder 60-Hz-Bordnetz (die meisten verwenden 60 Hz) verfügen, sodass der Frequenzumrichter nicht nur die hohen Leistungen bewältigen, sondern auch die örtliche Netzfrequenz an die jedes Schiffs anpassen muss.

ABB ASC6000 SFC

Mit dem Ziel, eine moderne landseitige Stromver-

ABB hat eine Reihe von vorkonfigurierten statischen Frequenzumrichterlösungen auf Basis der modularen ACS6000-Plattform entwickelt.

sorgung für Schiffe mit hohem Leistungsbedarf bereitzustellen, hat ABB eine Reihe von vorkonfigurierten statischen Frequenzumrichterlösungen auf Basis der modularen Mittelspannungs-Frequenzumrichterplattform ACS6000 mit der Bezeichnung ACS6000 SFC (Static Frequency Converter) entwickelt.



Ester Guidi
ABB Robotic and Motion,
Medium Voltage Drives
Turgi, Schweiz

ester.guidi@ch.abb.com



01

—
01 Am Liegeplatz können Schiffe große Strommengen benötigen. Diese werden häufig von den Dieselmotoren an Bord erzeugt, was sich negativ auf die lokale Umwelt auswirken kann.

Diese Lösungen sorgen für eine zuverlässige Versorgung von Schiffen mit hochwertigem Strom – in vollständiger Übereinstimmung mit globalen Standards – zu optimierten Kosten pro MVA.

—
Zur Reduzierung der Emissionen von Schiffen während der Liegezeit stellen Hafenbehörden häufig einen Landstromanschluss bereit.

Die integrierte ACS6000 SFC Landanschlusslösung bietet folgende Kernfunktionen:

- Statische Umwandlung des dreiphasigen 50/60-Hz-Hafennetzstroms für das 60/50-Hz-Bordnetz
- Vollständige Wirk- und Blindleistungsregelung für das Bordnetz
- Lastflussausgleich mit parallel geschalteten Frequenzumrichtersystemen zur Versorgung der lastseitigen Verteilungsinfrastruktur
- Festgelegter Kurzschlussstrom, um die Funktion nachgeschalteter Schutzeinrichtungen zu gewährleisten
- Hervorragendes Oberschwingungsverhalten auf Netz- und Schiffseite

Die für diese Anwendung gewählte ACS6000 SFC-Plattform umfasst 12 Varianten, die sämtliche Leistungsanforderungen – von einem einzelnen Containerschiff über mehrere Containerschiffe bis hin zu den größten derzeit in Betrieb befindlichen Kreuzfahrtschiffen – abdecken.

Wichtige Designkriterien waren die Minimierung der Auswirkungen von netzseitigen Oberschwingungen und die Maximierung der schiffseitigen Spannungsqualität. Zur Reduzierung des Oberschwingungsgehalts im Drehstromnetz kommt ein

—
In immer mehr Häfen gelten strengere Vorschriften in puncto Luftqualität und Geräuschemissionen.

12- oder 24-Puls-Diodengleichrichter als Netzgleichrichtereinheit (LSU) bzw. eine doppelte/dreifache aktive Gleichrichtereinheit (ARU) zum Einsatz.

Auf der Schiffseite ist jede Wechselrichtereinheit (INU) mit einer separaten Wicklung des Ausgangstransformators verbunden, wobei die lastseitigen Wicklungen in Reihe geschaltet sind, um das



02

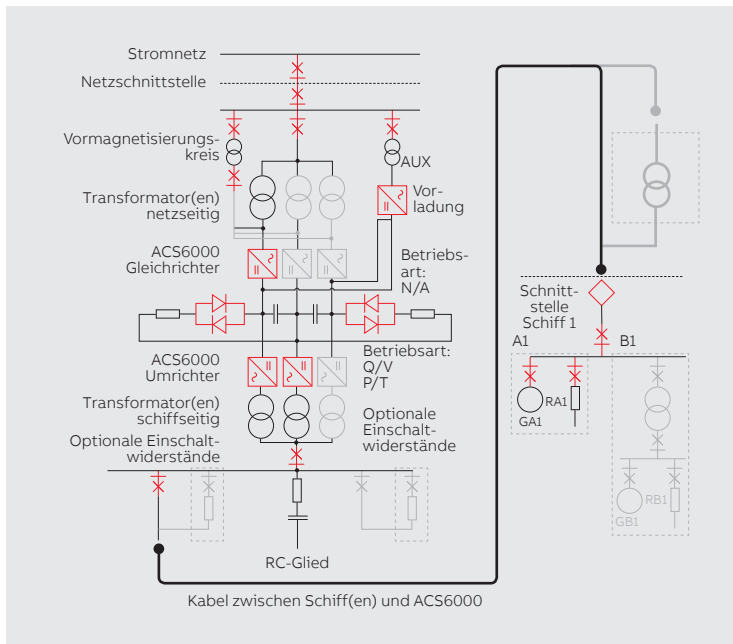
gewünschte lastseitige Netz zu bilden. Diese Reihenschaltung, verbunden mit einer Phasenverschiebung der einzelnen Wicklungen und einem speziellen Filter, ermöglicht eine erhebliche Reduzierung der charakteristischen Oberschwingungen des Umrichters. Die Standardkonfigurationen des

Die Lösungen sorgen für eine zuverlässige Versorgung von Schiffen mit hochwertigem Strom in vollständiger Übereinstimmung mit globalen Standards.

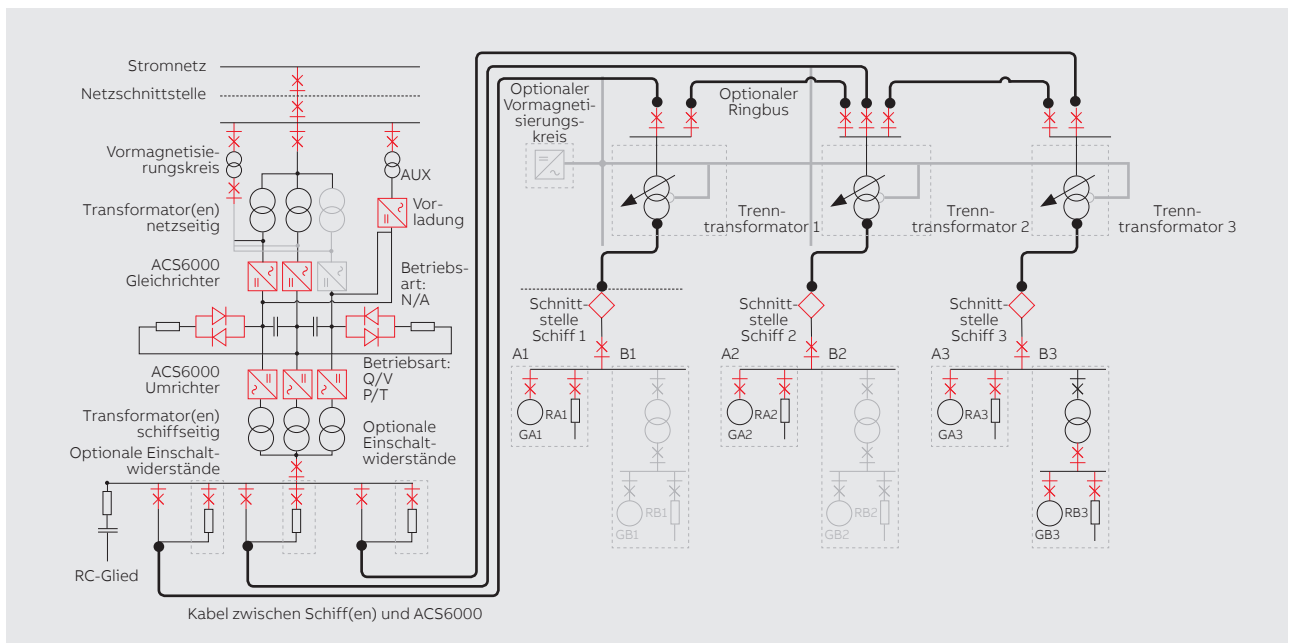
ACS6000 SFC sind in →3 dargestellt. Um die Betriebskosten für den Endnutzer zu minimieren, spielte der Wirkungsgrad bei der Wahl des statischen Frequenzumrichters eine wichtige Rolle. In diesem Zusammenhang ist die gewählte Kühlmethode von besonderer Bedeutung, denn mit einem wassergekühlten Umrichter lässt sich ein Umwandlungswirkungsgrad von über 98 % erreichen. Außerdem liegt der Wirkungsgrad – anders als bei

einem rotierenden Umformer – bei Teillast und sogar bis zu einem Lastfaktor von 30 % mit über 97 % nahe dem Höchstwert.

Die Integration des ACS6000 SFC in das Hafennetz erfolgt gemäß den strengen Anforderungen des weltweiten Standards IEC/ISO/IEEE 80005-1 „High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems“ (Hochspannungs-Landanschlussysteme) und den von den Zertifizierungsgesellschaften festgelegten Klassenregeln für das Schiff. So wird z. B. das optimierte Pulsmuster zur Erzeugung des sinusförmigen Strom- und Spannungsverlaufs für das Schiff so gewählt, dass die Oberschwingungen im unteren Bereich (bis zur 50. Harmonischen) entweder beseitigt oder auf ein akzeptables Maß reduziert werden. Durch Hinzufügen eines maßgeschneiderter RC- oder RLC-Filters werden die übrigen Oberschwingungen höherer Ordnung (bis zur 100. Harmonischen) gedämpft, um eine harmonische Gesamtverzerrung der Spannung von unter 4 % zu erreichen. Die Wahl der Frequenzumrichterplattform ist allerdings nur der erste Schritt zur Bereitstellung einer zuverlässigen Lösung für die Landstromversorgung.



05a



05b

- Eine vollständige elektrische Steuerung und ein vollständiger elektrischer Schutz des Schiffs und des Umrichters sollten durch entsprechende last- und schiffseitige Schaltanlagen gewährleistet werden.

Wichtige Kriterien waren die Minimierung von netzseitigen Oberschwingungen und die Maximierung der schiffseitigen Spannungsqualität.

In Anbetracht der genannten Punkte kommt der Dimensionierung des Umrichters, der Spezifikation des Transformators (Eingang und Ausgang), dem

Kühlsystem sowie den Schutz- und Steuergeräten eine besondere Bedeutung zu →4.

Die Integration des ACS6000 SFC in eine vorkonfigurierte Lösung ermöglicht eine reibungslose Ausführung bei jeder Projektkonfiguration.

Bei einer Lösung für einen Einzelliegeplatz bzw. ein einzelnes Schiff wird ein ACS6000 SFC gewählt, der nicht nur die Nennleistungsanforderungen des Schiffs erfüllt, sondern auch in der Lage ist, die Überlast zu bewältigen, die durch das Starten von großen, direkt ans Netz angeschlossenen Motoren und das Einschalten von Bordtransformatoren verursacht werden, und der außerdem die notwendige Selektivität zur Isolierung von Fehlern im Schiffsnetz unterstützt →5a. Besondere Aufmerksamkeit

—
05 Vorkonfigurierte Lösungen ermöglichen eine reibungslose Projektausführung.

05a Konfiguration für einen Einzelliegeplatz.

05b Konfiguration für mehrere Liegeplätze.

—
06 „Smarte Häfen“ benötigen eine schlanke und effiziente Netzintegration, die einen erfolgreichen Ausgleich von Angebot und Nachfrage ermöglicht.

—
Literaturhinweis
[1] „ESPO/EcoPorts Port Environmental Review 2016 – Insight on port environmental performance and its evolution over time“. April 2016. Online verfügbar unter: http://www.espo.be/media/news/ESPO_EcoPorts%20Port%20Environmental%20Review%202016.pdf

wird der Vormagnetisierung des netzseitigen Transformators geschenkt, um die Gefahr von Spannungsabfällen im Hafennetz zu minimieren.

Eine Lösung für mehrere Liegeplätze kann von den Betriebskosten her günstiger ausfallen, da mehrere Schiffe gleichzeitig von einer Frequenzumrichterstation versorgt werden können →5b. Zusätzlich sollte die spezifische Last der einzelnen Schiffe taxiert werden, um sicherzustellen, dass

Um die Betriebskosten für den Endnutzer zu minimieren, spielte der Wirkungsgrad bei der Wahl des SFC eine wichtige Rolle.

die Station in der Lage ist, die Gesamtlast zu bewältigen. Dabei gilt es, die Vormagnetisierungsanforderungen des landseitigen Transformators zu berücksichtigen, der die galvanische Trennung zwischen den Schiffen sicherstellt.

Hafenelektrifizierung – eine ganzheitliche Betrachtung

Aufgrund der Komplexität der Situation und der damit verbundenen Randbedingungen erfordert die Installation eines Landstromanschlusses einen Ansatz, der über das eigentliche Anschlusssystem hinausgeht und die Hafenelektrifizierung als Ganzes betrachtet. Das Hafennetz sollte als eine dyna-

mische Umgebung gesehen werden, zu der jederzeit neue Verbraucher oder Erzeuger hinzukommen können. Hierfür ist ein starkes Hafennetz von entscheidender Bedeutung. Um einen erfolgreichen Ausgleich von Angebot und Nachfrage zu gewährleisten, muss das Hafennetz durchgängig robust sein – angefangen von der einspeisenden Hochspannungs-(HS-)Schaltanlage bis hin zum Niederspannungs-Verbraucher →6. Eine Aufrüstung der HS-Schaltanlage oder eine Ertüchtigung des Hafennetzes durch Repowering kann die Aufnahme von mobilen Verbrauchern – sowohl seeseitig (elektrische oder Hybridfähren) als auch landseitig (Elektrofahrzeuge) – ermöglichen und die Integration von erneuerbaren Energiequellen wie Windparks oder Photovoltaikanlagen erleichtern.

Kurz gesagt, die landseitige Stromversorgung und die Hafenelektrifizierung helfen dabei, die Rolle von Häfen als bedeutende Wirtschaftsmotoren zu stärken – sowohl in traditioneller Hinsicht als Drehscheiben für den Personen- und Warenverkehr als auch in moderner Hinsicht als nachhaltige, vollständig in die umgebende Gemeinschaft integrierte Wirtschaftseinheiten. Die Bereitstellung von sauberer Energie und die Beseitigung von Diesel- und Geräuschemissionen tragen zur Verbesserung des Arbeits-, Verkehrs- und Lebensumfelds in und um Häfen bei. Die Elektrifizierung ist die einzige kosteneffiziente Möglichkeit, eine nahezu 100%ige Reduzierung der lokalen Emissionen und ein langfristiges Hafenwachstum sicherzustellen. ●

Energie & Automatisierungstechnik für	Übersicht	Vorteile
Landanschluss 	• Infrastruktur zur Versorgung von Schiffen mit Strom von Land während der Liegezeit	• Beseitigt 98 % der Emissionen und sämtliche Geräusche und Schwingungen • Verbesserung der Lebensqualität in Hafennähe
Hafenelektrifizierung 	• HS-Schaltanlage • MS/NS-Elektrifizierung • Leistungstransformatoren	• ABB als alleinige Schnittstelle für die gesamte Hafenelektrifizierung • Hochzuverlässige HS-Produkte
Hafennetzintegration 	• Automatisierung des Hafen-Verteilnetzes • Integration von erneuerbaren Energien • Kommunikationsnetze	• Verbesserte Versorgungszuverlässigkeit • Autarke Hafenmikronetze • Sichere/leistungsstarke Kommunikation
E-Mobilitäts-Lösungen 	• Ladeinfrastruktur für Hybridfähren • Ladeeinrichtungen für E-Fahrzeuge	• Emissionsfreie Hafenbesuche • Integriertes Transportwesen (von der Schiene auf E-Fahrzeuge)
Service/Nachrüstung 	• Beratung für optimale Lösungen • Nachrüstung vorhandener Anlagen • Wartungsverträge/Ersatzteile	• Erhebl. Verbesserung der Zuverlässigkeit, Sicherheit und Leistungsfähigkeit • Verlängerter Systemlebenszyklus