

Enchufar buques de crucero y portacontenedores

Atracado en muelle, un buque de gran tamaño puede consumir hasta veinte megavoltamperes, normalmente suministrados por sus motores diésel. Sin embargo, la calidad del aire y el ruido en la zona de los muelles están siendo sometidos a revisión normativa. Unas soluciones prediseñadas basadas en la familia de convertidores de media tensión ACS6000 de ABB suministran energía del muelle al buque conforme a las exigencias, con la máxima calidad y un costo por megavoltampere óptimo.

Roberto Bernacchi
y Ester Guidi
ABB
www.abb.com.ar



Figura 1. Atracados en un muelle, los buques pueden consumir grandes cantidades de energía eléctrica. Frecuentemente, esta energía es suministrada por los motores diésel del buque, lo que puede causar un impacto adverso sobre el medioambiente local.

A menudo, cuando se encuentran atracados en puerto, los buques de cruceros generan energía eléctrica empleando sus motores diésel. Sin embargo, los motores marinos no son conocidos por su inocuidad ambiental y sus emisiones y producción de ruido en el muelle se ven cada vez más sujetos a revisión normativa, especialmente porque los puertos suelen estar situados en ambientes marinos sensibles o en ciudades grandes y densamente pobladas. Ciertamente, de las diez primeras prioridades ambientales que la Organización de Puertos Marítimos Europeos (ESPO) ha identificado para que los puertos importantes tengan en cuenta, los tres primeros lugares se refieren a la calidad del aire, la eficiencia energética y el ruido.

Conexión eléctrica desde el muelle hasta el buque

Para reducir las emisiones cuando un buque está atracado en muelle, las autoridades portuarias suelen proporcionar una conexión eléctrica desde el muelle hasta el buque. No obstante, los buques portacontenedores pueden consumir 7,5 megavoltamperes y los grandes buques de cruceros, veinte. Si se conectan varios grandes portacontenedores al mismo tiempo, la demanda de energía al muelle puede ser considerable.



Figura 2. ACS6000, de ABB

El suministro de esos niveles de energía supone una gran exigencia a la infraestructura eléctrica del puerto en términos de inversión de capital, complejidad de los equipos, costos de funcionamiento y mantenimiento. Además, los buques pueden tener a bordo una red de cincuenta o sesenta hertz (la mayoría utilizan sesenta), por lo que el convertidor estático de frecuencia (SFC) no solo debe manejar altos niveles de energía sino que además debe adaptar la frecuencia de la red local a la de cada buque.

Una aplicación, una solución

Para tratar este segmento de buques de alto consumo de energía eléctrica, ABB inició un proyecto para integrar la plataforma de alimentación modular de media tensión ABB ACS6000 en una gama de soluciones estáticas prediseñadas de conversión de frecuencia de alta calidad: la ACS6000 SFC.

La plataforma elegida para esta aplicación tiene doce variantes que cubren toda la gama de demandas de potencia: desde un buque con un solo contenedor, pasando por los portadores de múltiples contenedores, hasta los mayores buques de cruceros actualmente en servicio.

En el lado del buque, cada unidad de inversor (INU) se conecta a un devanado separado del transformador de salida, con los devanados del lado de carga conectados en serie para formar la red deseada en ese lado. Esta conexión en serie, combinada con el desfase de cada devanado en conjunción con un filtro de diseño especial, permite reducir considerablemente los armónicos característicos del convertidor. Las configuraciones estándar se presentan en las figuras 3a y 3b.

Cuando se seleccionó el SFC, se dio gran importancia a su eficiencia a fin de minimizar el OPEX del usuario final. La selección del método de refrigeración del convertidor es importante aquí: con un SFC refrigerado por agua se puede conseguir un rendimiento de conversión superior al 98 por ciento. Además, cuando se compara con un convertidor de frecuencia giratorio, el rendimiento a carga parcial está próximo al máximo, por encima del 97 por ciento, incluso bajando a un factor de carga del treinta por ciento.

La integración del equipo en la red portuaria tiene en cuenta los requisitos más exigentes de la norma global IEC-ISO-IEEE 80005-1 y las reglas de clase para el buque definidas por las compañías de certificación. Como ejemplo, la configuración optimizada de impulsos empleada para generar la forma de onda sinusoidal para el buque se elige de tal forma que las armónicas de gama baja, hasta la quincuagésima (50°), son eliminadas o controladas hasta un nivel aceptable. Se añade entonces un filtro RC o RLC a medida para atenuar las armónicas de orden superior restantes (hasta la centésima) para conseguir un nivel total de distorsión de armónicas de tensión por debajo del cuatro por ciento. La elección de la plataforma de conversión de frecuencia es únicamente el primer paso para proporcionar

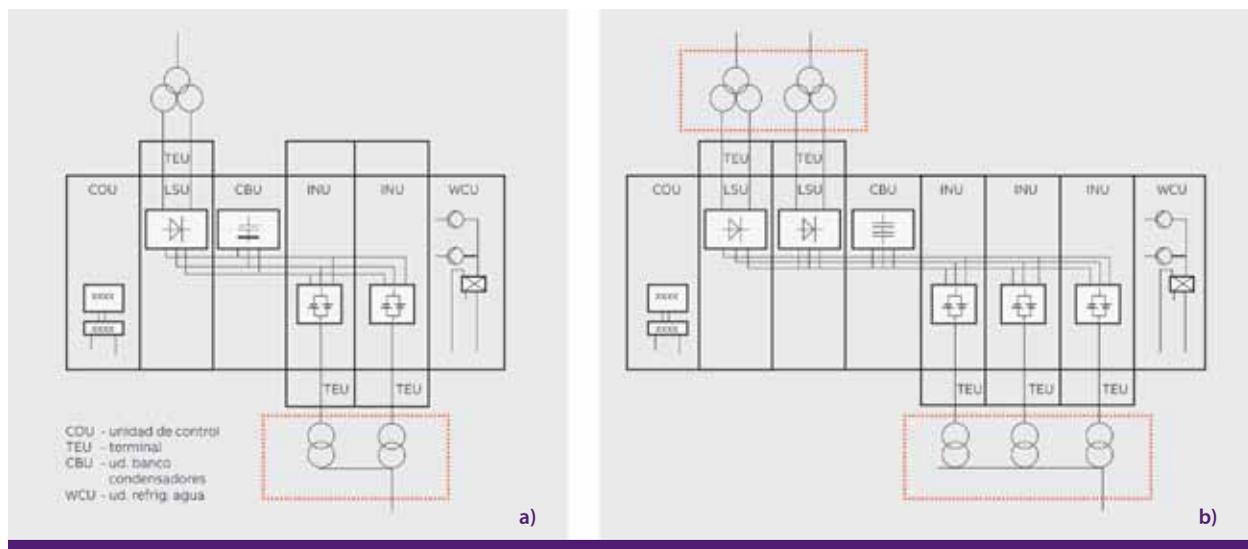


Figura 3. Configuraciones estándar del ACS6000 SFC. a) Hasta catorce megavoltamperes; b) hasta veinticuatro megavoltamperes



Figura 4. Esquema del sistema de convertidor y alcance del suministro

una solución fiable al sistema de conexión eléctrica desde el muelle hasta el buque para el usuario final.

Se deben tener en cuenta algunos aspectos adicionales específicos para el buque:

- » Tensión del sistema para el suministro al buque: 6,6 kilovolts, u once, a través de un transformador elevador. El transformador precisa un conmutador de tomas de descarga para conmutar entre estos dos niveles de tensión.
- » Sincronización y reparto de carga con el generador diésel de a bordo, en particular durante la transición inmediatamente después de la conexión del buque con la instalación de conexión eléctrica del muelle al buque.
- » Debe controlarse cualquier flujo eléctrico inverso, del buque al muelle, mediante una resistencia de frenado que evite una realimentación a la

red del muelle, ya que ello no es aceptable en ciertas normas para redes.

- » Debe conseguirse un control del factor de potencia (gestión de energía activa y reactiva) en tiempo real, teniendo en cuenta las diferentes redes de los buques.
- » Selectividad aguas abajo cuando se selecciona la capacidad de corriente de cortocircuito del convertidor, así como la sobrecarga que se presenta por las cargas de conmutación a bordo.
- » Debe proporcionarse un control eléctrico y protección del buque y el convertidor completos mediante la conveniente disposición de la aparatamenta en el lado de la carga y en el lado del buque.

Teniendo en cuenta lo anterior, se presta especial atención a la selección del dimensionado del convertidor, la especificación del transformador (entrada y salida), el sistema de refrigeración y los



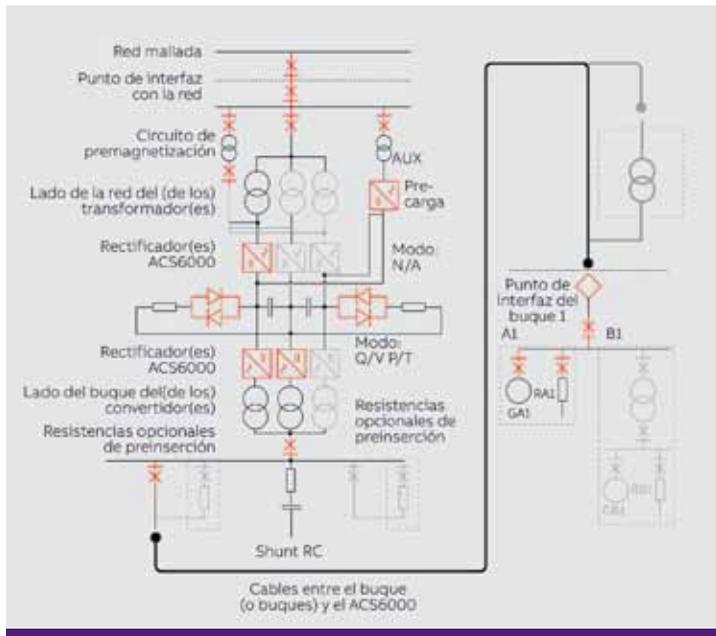
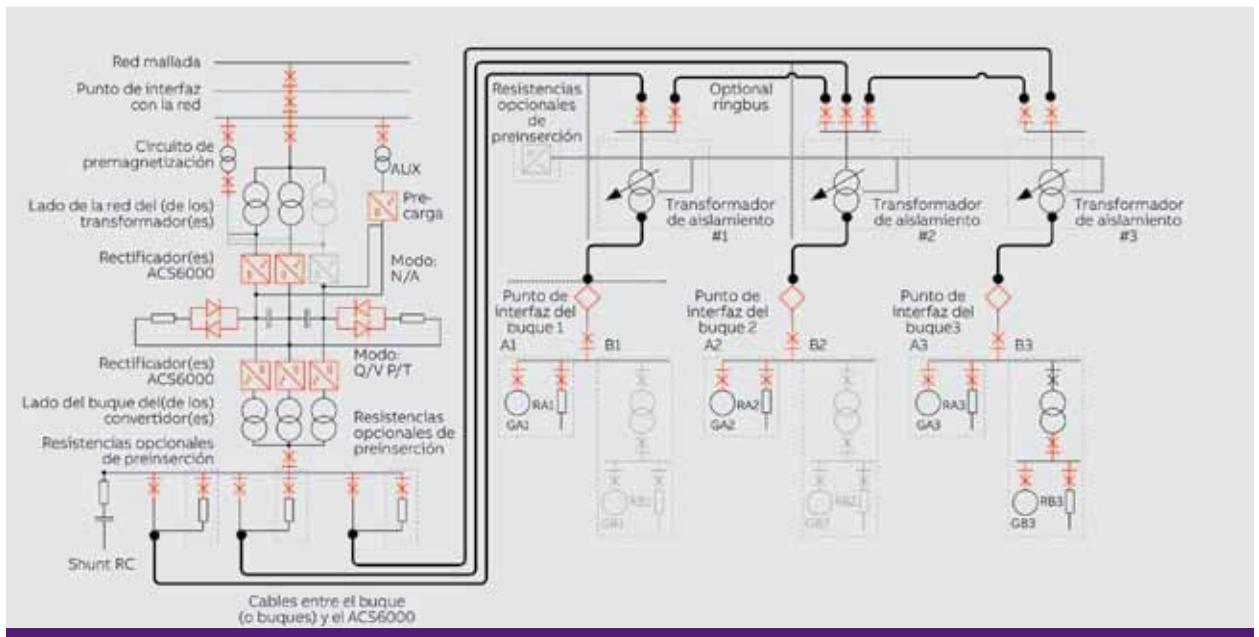


Figura 5.1 (izquierda)
Configuración con un solo muelle

Figura 5.2 (abajo)
Configuración multimuelle



dispositivos de protección y control (ver figura 4). La integración del ACS6000 SFC en una solución pre-diseñada permite una fácil ejecución de cualquier configuración del proyecto.

Como ejemplo, una solución de un solo punto de atraque/un solo buque se caracteriza por la selección de un ACS6000 SFC que no solo cumpla con los requisitos nominales del buque sino que

asimismo acepte la sobrecarga que se presente por la puesta en marcha de grandes motores en línea y la activación de transformadores de a bordo, así como la selectividad necesaria para aislar fallos en la red eléctrica del buque (ver figura 5.1). Debe prestarse especial atención a la premagnetización del transformador del lado de la red a fin de minimizar las posibles caídas de tensión en la red del puerto.

Energía y automatización para...	Descripción general	Beneficios
Conexión eléctrica desde el muelle al buque	Infraestructura para suministrar energía eléctrica a los buques desde el muelle cuando están atracados	Eliminar el 98 por ciento de las emisiones y todo el ruido y la vibración; mejorar la calidad de vida en la cercanía al puerto
Electrificación del puerto	Subestación de alta tensión; electrificación en tensiones media y baja; transformadores de potencia	Interfaz única para toda la electrificación del puerto; productos de alta tensión de alta fiabilidad
Integración de la red del puerto	Automatización de la red de distribución del puerto; integración de renovables; redes de comunicación	Mayor fiabilidad del suministro; microrred autosuficiente del puerto; comunicación potente y segura
Soluciones de e-movilidad	Infraestructura de carga de transbordadores batería-híbridos; carga para vehículos eléctricos	Necesidad de puertos sin emisiones; transporte integrado (desde el ferrocarril a los vehículos eléctricos)
Servicio/modernización	Consulta para una solución óptima; modernización de una instalación ya existente; contratos de mantenimiento/repuestos	Importantes mejoras en fiabilidad, seguridad y prestaciones; ciclo de vida ampliado del sistema

Una instalación multimuelle puede tener un OPEX global menor, puesto que se puede utilizar una sola subestación de conversión de frecuencia para alimentar varios buques al mismo tiempo (ver figura 5.2).

Debe efectuarse una evaluación adicional de la carga específica presentada por un solo buque para asegurarse de que la capacidad de la subestación se corresponde con la carga total, teniendo en cuenta las necesidades de premagnetización del transformador del muelle que asegura el aislamiento galvánico entre los buques.

Electrificación del puerto: una visión global

A causa de la complejidad de la solución y las restricciones correspondientes, una instalación eléctrica muelle-buque en la red de un puerto exige una perspectiva técnica que se extiende más allá del propio sistema muelle-buque para abarcar la electrificación del puerto en su conjunto. La red del puerto debe contemplarse como un entorno dinámico al que puedan acceder en cualquier momento nuevos consumidores o productores de energía eléctrica. Por esta razón, una red de puerto potente es un ingrediente crítico: para mantener un equilibrio acertado entre la demanda y el suministro, la red del puerto debe ser resistente en todo

momento desde la subestación de alta tensión de entrada hasta el usuario de baja tensión. Una mejora de la subestación de alta tensión o un aumento de potencia de la red del puerto puede admitir la introducción en el área del puerto de consumidores de movilidad eléctrica, tanto en el lado azul (transbordadores eléctricos o híbridos) como en el lado de tierra (vehículos eléctricos) y facilitar la integración de fuentes de energía renovable, tales como parques eólicos o plantas fotovoltaicas.

En pocas palabras, la conexión eléctrica muelle-buque y la electrificación del puerto activa los puertos en su papel como motores vitales de la economía regional: en la forma tradicional, como nudos de tránsito para personas y mercancías, y en la forma actual, como entidades comerciales sostenibles totalmente integradas con la comunidad circundante. El suministro de energía limpia y la eliminación de emisiones diésel y ruido mejorarán el entorno laboral, de tránsito y de vida en el puerto y sus alrededores. La electrificación es el único modo rentable de reducir las emisiones in situ en casi un cien por cien y de asegurar el crecimiento de los puertos a largo plazo. ■

Nota del editor. La nota aquí reproducida fue originalmente publicada en *ABB Review* 3/2017, págs. 76 a 81.