

CONVERTIDOR DE TRACCIÓN 750 VDC

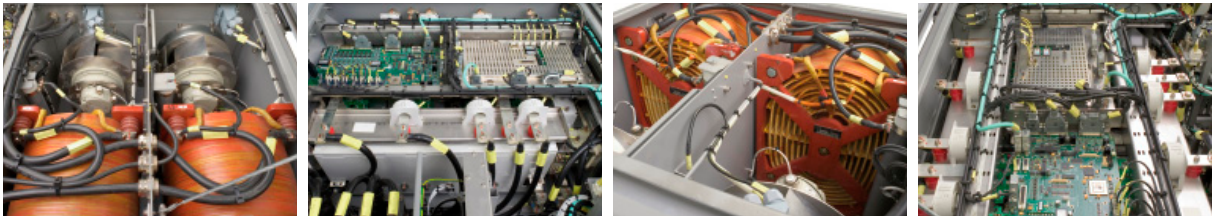


trainelec

Traction solutions for the railway industry

Índice

1. General	3
1.1. Tensiones de alimentación	4
2. Alcance de suministro	5
2.1. Alcance suministro composición básica para una unidad	5
3. Unidad de potencia	6
3.1. Circuito de potencia	6
3.2. Convertidor de tracción	8
3.2.1. Contactor de línea y circuito de precarga	10
3.2.2. Filtro de entrada	10
3.2.3. Sensorización de tensiones y corrientes	12
3.2.4. Ondulador trifásico o núcleo del inversor	12
3.2.5. Chopper de frenado	13
3.2.6. Sistema de refrigeración	13
3.2.7. Aparallaje eléctrico	13
3.2.8. Unidad de control	13
3.3. Resistencias de frenado	14
3.4. Motor de tracción	15
3.5. Refrigeración	17
4. Electrónica de control	18
4.1. Arquitectura de la electrónica de control	18
4.2. Unidad de control del inversor	19
4.3. Unidad de control de tracción	20
4.3.1. Tarjeta de filtros de alimentación	20
4.3.2. Convertidor DC/DC	20
4.3.3. Tarjeta CPU	20
4.3.4. Tarjeta de entradas digitales y entradas PWM	21
4.3.5. Tarjeta de salidas digitales y salidas PWM	21
4.3.6. Tarjeta de entradas y salidas analógicas	21
4.4. Normativa	22
5. Descripción software	23
5.1. Software de tren	23
5.1.1. Modos de conducción	23
5.1.2. Comunicación con el tren	23
5.1.3. Coordinación con el equipo de freno	23
5.1.4. Autocalibración del diámetro de ruedas	23
5.1.5. Control de la refrigeración	24
5.1.6. Registro de alarmas e históricos	24
5.1.7. Monitorización	24
5.1.8. Autodiagnóstico	24
5.2. Software de control	25
5.2.1. Control del inversor	25
5.2.2. Control del chopper de frenado	25
5.2.3. Sistema antipatinaje/antibloqueo	25
5.2.4. Limitaciones	25
5.2.5. Protecciones	25
5.2.6. Autodiagnóstico	25



1. General

En esta especificación se describen las características del sistema de tracción de 750V para Tranvía.

Se trata de un sistema que alimenta los dos bogies motorizados con los que cuenta la unidad del tranvía.

Cada bogie es alimentado a través su cofre inversor.

Cada uno de los inversores, a su vez, alimenta dos de los cuatro motores de cada bogie.

Este documento incluye la siguiente información:

- Información de las características generales del vehículo.
- Descripción de la electrónica de potencia.
- Descripción de la electrónica de control y el esquema de las comunicaciones del vehículo.
- Descripción del software que gobernará la estrategia de control de tracción.

1.1. Tensiones de alimentación

Las tensiones disponibles en la unidad son:

Tensión de catenaria	
Tensión Nominal U_n	$750V_{DC}$
Variaciones de la Tensión (EN 50163)	$500 - 900V_{DC}$ (continuo)
Tensión Máxima no Permanente	$950 V_{DC}$ (durante cinco minutos máx.)
Sobretensiones	De acuerdo al Anexo A de EN50163

Media tensión AC	
Tensión Nominal U_n	400 Vac eff.
Variaciones de la Tensión (EN 50155)	$0.9U_n - 1.1 U_n$ (continuo)
	$0.7U_n - 1.25U_n$ (durante 1seg.)
	$0.6U_n - 1.4U_n$ (0.1 seg.)
Variación de Frecuencia	49-51 Hz

Baja tensión DC	
Tensión Nominal U_n	$24V_{DC}$
Variaciones de la Tensión (EN 50155)	$0.7U_n - 1.25U_n$ (continuo)
	$0.6U_n - 1.4U_n$ (durante 0.1seg.)
	$1.25U_n - 1.4U_n$ (1seg. sin daños en equipo)
Rizado	<15% (EN 50155)

2. Alcance de suministro

2.1. Alcance suministro: composición básica para una unidad

El alcance del suministro para una unidad de tranvía incluye:

- Dos cofres de tracción con cuatro inversores independientes.
- Dos cofres de resistencias de frenado.
- Dos manipuladores de tracción.
- Un disyuntor.
- Ocho motores de tracción.
- Un pararrayos.
- Un pantógrafo.

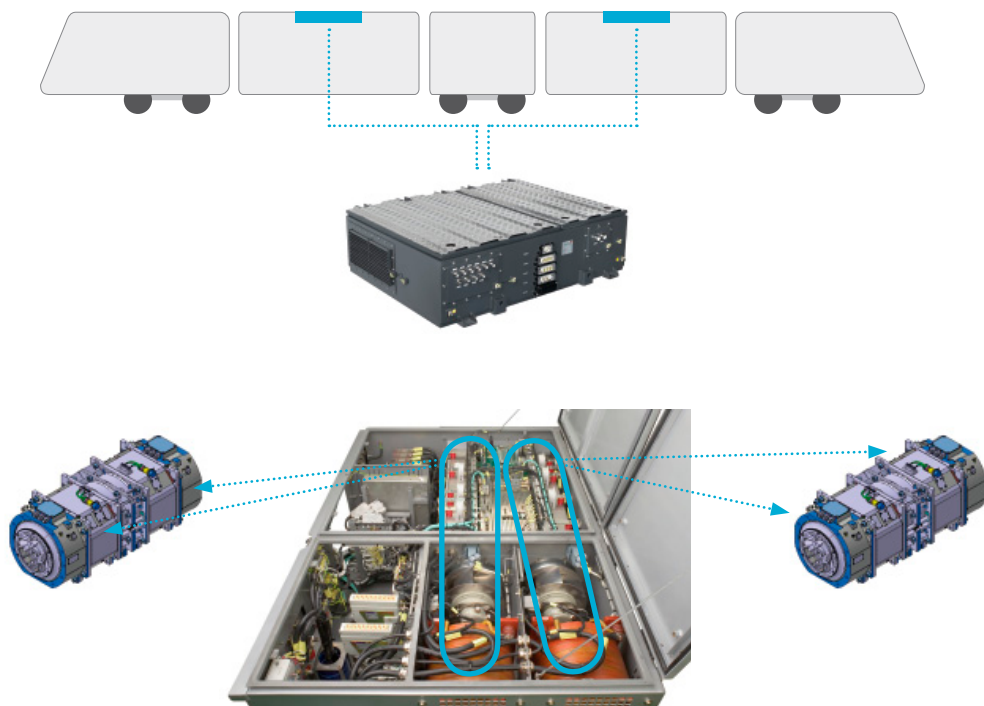
Cada uno de los cofres de tracción incluye, a su vez, los siguientes elementos funcionales:

- 2 Contactores principales y 2 para circuito de precarga.
- 2 Inductancias de filtro de entrada.
- 2 Capacidades de filtro de entrada.
- 2 Condensadores de bus.
- 2 Choppers de frenado.
- 2 Núcleos del inversor.
- 2 Electrónicas de control.
- 2 Sistemas de refrigeración.

3. Unidad de potencia

3.1 Circuito de potencia

Cada unidad tendrá un cofre de inversor montado por cada bogie motorizado. Cada cofre, a su vez, estará integrado por dos inversores independientes e intercambiables que alimentarán los cuatro motores de tracción (uno por rueda) de cada bogie.



La Figura 1 muestra un esquema del circuito de potencia del tranvía con sus principales componentes.

Cada inversor incluirá el circuito de precarga, el filtro de entrada y el núcleo del inversor. Este último estará formado por seis IGBTs encargados de ejecutar los disparos necesarios para generar la tensión de entrada en los motores. Adicionalmente existen dos IGBTs (uno por inversor) que forman parte del freno de crowbar.

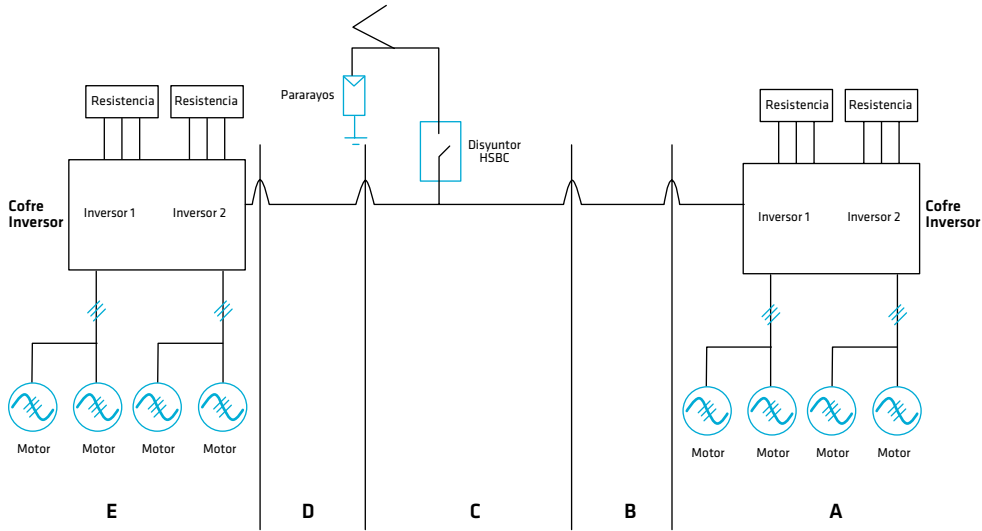
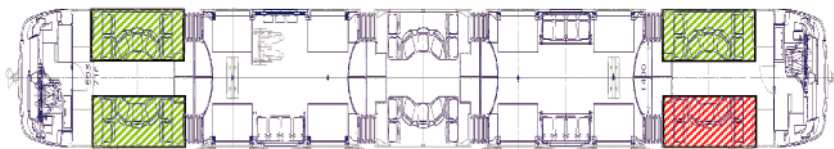


Figura 1. Esquema preliminar de potencia del tranvía.

El hecho de que todos los elementos del cofre de tracción estén duplicados, implica una redundancia total en el sistema, de forma que la anulación de uno de los inversores asegura un 75% de prestaciones en tracción.



75% de prestaciones aseguradas.

En los siguientes apartados se especifican las características de la unidad de potencia del equipo de tracción. El alcance de suministro incluye, además, un pantógrafo para la unidad, un pararrayos para proteger de las sobretensiones transitorias a los equipos conectados directamente a catenaria. Asimismo incluye un disyuntor monopolar de corriente continua bidireccional que protege al equipo de tracción.

3.2 Convertidor de tracción

El convertidor de tracción es el encargado de proporcionar al motor de tracción la forma de onda de tensión y frecuencia que requieren para conseguir las prestaciones solicitadas en cada momento. Requiere de elementos de protección y seguridad (disyuntor principal, pararrayos, pantógrafo...).

Características mecánicas y eléctricas principales	
Dimensiones	W=1677mm; L=1335mm; H=478mm
Peso	447 kg
Material	Cofre autoportante de aluminio
Potencia Nominal (por cofre)	300 KW
Potencia Máxima	500 KW
Intensidad Máxima Salida	370 A
Rendimiento	97%
$V_{\text{alimentación}}$	Según EN 50163 (500 – 900V _{DC})
V_{salida}	565V _{rms} ($V_{\text{cat}} = 750 V_{\text{DC}}$) 680 V _{rms} ($V_{\text{cat}} = 900 V_{\text{DC}}$)
Semiconductores (IGBT)	$V_{\text{CEmax}} = 1,7 \text{ KV}$ $I_{\text{Cmax}} = 800 \text{ A}$ $I_{\text{Cpic}} = 1600 \text{ A}$ $T_{\text{junction}} = 125 \text{ °C}$
Frecuencias de Conmutación Máxima	1200 Hz
Frecuencia de Conmutación Chopper	700 Hz
Frecuencia Estator	0 – 145 Hz
Refrigeración	Ventilación forzada de aire

Cada cofre convertidor de tracción consta de dos inversores totalmente independientes. Cada inversor alimenta, a su vez, a dos motores de tracción cada uno. El núcleo del inversor está formado por seis IGBTs controlados por los drivers y disparados vía fibra óptica y encargados de ejecutar los disparos necesarios para generar la tensión de entrada en el motor. Adicionalmente un conjunto de IGBT + diodo constituye el chopper de frenado. Las resistencias de frenado se instalan en un cofre separado. Se tienen por tanto un total de 6 semiconductores para el ondulator y 1 semiconductor para el chopper de frenado.

Ambos cofres, de tracción y de resistencias, van instalados sobre el techo de la unidad.

A continuación se incluye el esquema de la unidad de potencia de uno de los cofres de inversores:

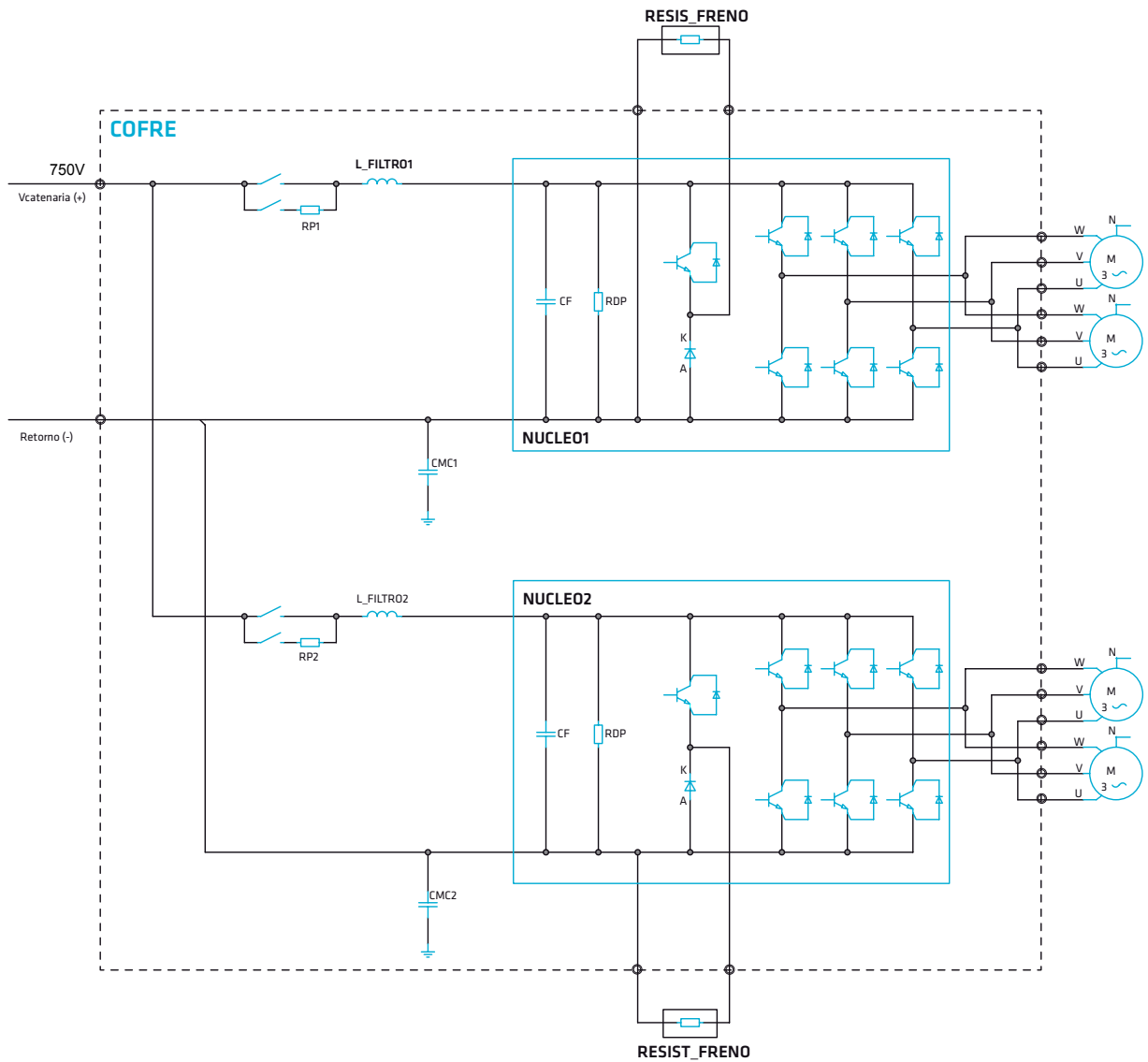


Figura 2. Esquema del convertidor de tracción.

El convertidor de tracción consta de los siguientes conjuntos funcionales:

3.2.1. Contactor de línea y circuito de precarga:

Cada inversor de tracción cuenta con un circuito de precarga y conexión. Está compuesto por un contactor de red, una resistencia de precarga y un contactor de precarga. Su función consiste en limitar la corriente de carga del condensador del circuito intermedio e impedir que sobreoscile su tensión. La unidad de control regula la carga del condensador del circuito intermedio y la de los condensadores del filtro.

Para ello se vale del contactor de precarga y de la resistencia de precarga, hasta que la tensión alcanza un valor predefinido. Sólo después se cierra el contactor de red y se abre el contactor de precarga. Los contactores permiten el aislamiento del inversor incluso cuando éste está trabajando a máxima potencia (tanto en tracción como en freno).

En la Figura 3 se muestra el panel de contactores de entrada del equipo de tracción del tranvía:

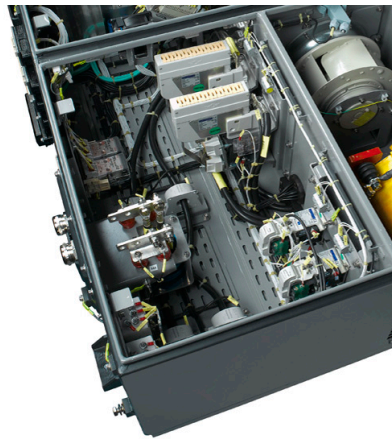


Figura 3. Contactor de línea y circuito de precarga del equipo de tracción.

3.2.2. Filtro de entrada:

El filtro de entrada del equipo de tracción está constituido por una inductancia en serie junto con un condensador en paralelo, integrados ambos dentro del convertidor de tracción. Su función consiste en minimizar el vertido a la red eléctrica de armónicos producidos por el sistema de tracción y proteger al propio sistema contra condiciones transitorias de la red. Adicionalmente también se encarga de limitar la impedancia de entrada.

A partir de los datos correspondientes al filtro de entrada la impedancia máxima es:

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{\max} = \frac{V_{\max}}{L} = \frac{1000}{4.28} = 233 \left[\frac{A}{ms}\right]$$

Los valores de los componentes del filtro de entrada para el equipo de tracción del tranvía son los habituales en los tranvías:

Unidad Tranvía	L filtro	C filtro	Frec. Corte	Z _{50Hz}
Tranvía	4,28 mH	5 mF	34 Hz	0,708 Ω

El filtro de entrada contiene inductancias de núcleo de aire con el fin de minimizar el peso del equipo. La refrigeración de las inductancias es forzada aprovechando el aire templado de salida de refrigeración de los núcleos de los inversores. Los ventiladores están accionados por motores trifásicos de una potencia de 250W cada uno.

El filtro es de simple etapa para disminuir el peso y volumen total de las inductancias de filtro y proporcionar las condiciones óptimas de tensión en el circuito intermedio. Las bobinas han sido dimensionadas para cumplir los requisitos de filtrado de armónicos y soportar la máxima corriente nominal permanente.

Las principales características de las inductancias de filtro son:

Características de la inductancia	
Inductancia	4,28 mH
Corriente Nominal Permanente	200 A
Corriente Máxima	350 A
Tipo de Aislamiento	clase H
Grado de Polución	PD4
Tipo de Refrigeración	ventilación forzada por aire
Dimensiones (máx.)	H = 300mm; L = 380mm; W = 272mm

En la Figura 4 se muestran las inductancias del equipo de tracción del tranvía:

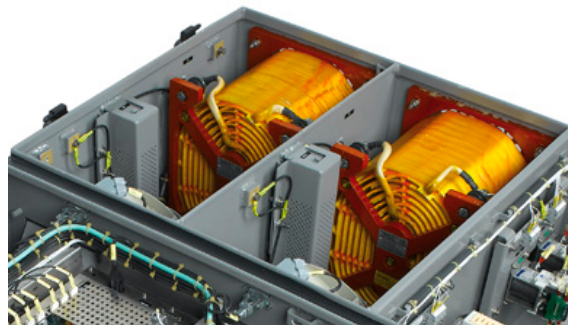


Figura 4. Inductancias del equipo de tracción del tranvía.

Al igual que la inductancia, el condensador de filtro va montado en el interior del cofre del inversor lo más cercano a los núcleos de los inversores y realiza también la función de condensador de bus. Este condensador estabiliza la tensión y proporciona la potencia activa y reactiva para los motores de tracción.

Las principales características de los condensadores de filtro son:

Características de los condensadores	
Capacidad	5000 μ F
Tensión Nominal	1000 V _{DC}
Corriente Eficaz Nominal	180 A
Corriente Eficaz Máxima	460 A
Resistencia Serie Interna	0,24 m Ω
Inductancia Interna	60 nH
Tecnología	Condensador seco de película de polipropileno
Dimensiones (máx.)	H = 560mm; L = 240mm; W = 130mm

3.2.3. Sensorización de tensiones y corrientes:

El convertidor de tracción contiene una serie de sensores de tensión y de intensidad mediante los cuales se miden las tensiones DC e intensidades DC y AC en diversos puntos del convertidor. La información de estos sensores y sus acondicionadores es enviada a la unidad de control de tracción para controlar los diferentes procesos (precarga del condensador de bus, protecciones, detección de averías, etc.).

En la Figura 5 se observan diversos sensores del equipo de tracción del tranvía:



Figura 5. Sensores del equipo de tracción del tranvía.

3.2.4. Ondulador trifásico o núcleo del inversor:

El núcleo del inversor es el encargado de transformar la tensión de bus en un sistema de corrientes trifásicas de amplitud y frecuencia variables para alimentar los motores de tracción. Mediante patrones de modulación optimizados se minimizan las pérdidas en los motores de tracción, así como la generación de ruido. Se trata de un ondulador bi-nivel equipado con IGBTs con una tensión de bloqueo de 3,3kV. Cada rama de cada fase dispone de 2 IGBTs.

Las principales características de los IGBTs son las adecuadas de acuerdo con las simulaciones realizadas:

Características de los IGBTs	
Topología del Semiconductor	
Tensión Colector-Emisor Máxima VCES	1700 V _{DC}
Corriente Nominal (80 °C)	800 A
Corriente Máxima (tp=1mseg)	1600 A
Tensión de Aislamiento	4 KV (50Hz, 60s)
Material de la Base	AlSiC

Cada IGBT está gobernado por sus correspondientes drivers que realizan el interface entre las señales de control y las señales de potencia necesarias para gobernar los IGBTs mediante fibra óptica.

Estos drivers disponen de diversas protecciones tales como:

- **Cortocircuito:** detección de un cortocircuito para abrir el IGBT.
- **Undervoltage:** detección de una caída de la tensión de alimentación para la apertura del IGBT.
- **Sobretensiones:** El driver evita que la tensión entre colector-emisor supere la tensión de ruptura VCES. Este valor de tensión es de $1700V_{DC}$.

Asimismo el núcleo del inversor contiene un busbar que realiza de interface de conexión entre el condensador de bus y los semiconductores del Inversor. El Busbar está compuesto por dos láminas separadas entre sí mediante un material aislante.

Por otro lado, la resistencia de descarga permanente va fijada sobre el mismo radiador en el que se asientan los semiconductores de cada semi-inversor trifásico. Esta resistencia cortocircuita el polo positivo con el polo negativo del bus con el fin de descargar la energía acumulada en los condensadores de bus cuando se deja de alimentar el inversor. El valor óhmico es tal que el bus se descarga en menos de 5 minutos a un valor de tensión menor que 50V partiendo de la tensión de bus máxima.

3.2.5. Chopper de frenado:

El chopper de frenado es el encargado de habilitar y controlar la disipación de la energía cinética de la unidad en la fase de frenado en el caso en que la línea no sea receptiva. También se activa en caso de sobretensiones en el circuito intermedio.

Cada cofre de tracción incorpora dos circuitos de crowbar, uno por cada inversor trifásico. Cada circuito de Crowbar está constituido por un IGBT, un diodo y una resistencia de disipación externa. Ambos circuitos se controlan de forma independiente en función de los requerimientos de frenada y/o sobre-tensiones que se produzcan en el bus correspondiente.

Cada rama del chopper de frenado se conecta a una resistencia de frenado, donde se absorben la energía cinética del tren y las sobre-tensiones generadas.

3.2.6. Sistema de refrigeración:

Es el encargado de evacuar el calor producido por las pérdidas de los semiconductores tanto del ondulador trifásico como del chopper de frenado. Este sistema se explica en el apartado 3.5.

3.2.7. Aparallaje eléctrico:

Está constituido por todos los contactores necesarios para la realización de la maniobra y control de elementos auxiliares.

3.2.8. Unidad de control:

Se encarga de la gestión de todos los elementos que conforman el sistema. Este sistema se explica en el [apartado 4](#).

3.3. Resistencias de frenado

La misión de las resistencias de frenado es la conversión de la energía cinética generada por el motor de tracción en energía calorífica en el caso de que la catenaria no sea receptiva y no se pueda devolver esta energía a la red para su aprovechamiento. También se activan en caso de sobre tensiones en el circuito intermedio del convertidor de tracción.

Características de las resistencias de frenado	
Resistencia Óhmica (cada rama)	1,31 Ω (+7 %, - 5 %) a 20 °C
Resistencia Óhmica Máxima	1,7 Ω \pm 5 %
Potencia Nominal a Disipar (2 ramas)	2 x 265 KW
Tensión Nominal	750 V
Tensión Máxima	1270 V
Corriente Máxima (cada rama)	480 A
Tipo de Aislamiento	Doble
Tipo de Refrigeración	Ventilación Natural

3.4. Motor de tracción

Los motores, cuatro por bogie motorizado, van suspendidos en el bogie y la transmisión del esfuerzo se realiza a través de los acoplamientos existentes entre motor y reductora. El aislamiento de los motores es de clase térmica C (clase 200) según [normativa IEC 60349-2](#).

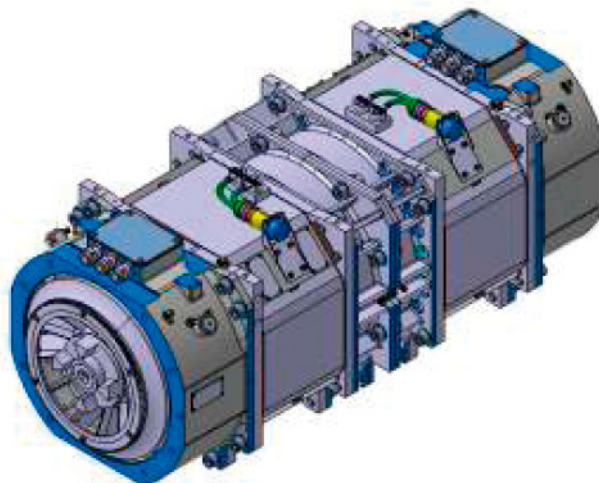


Figura 6. Motores de tracción para tranvía.

Características eléctricas y mecánicas	
Potencia Nominal	60 KW
Tensión de Catenaria	650 V; 625 V en motor
Corriente Máxima	162 A
Velocidad de Giro Máxima	3960 rpm
Peso	300 ± 10%
Factor de Transmisión	5.44
Número de Polos	4
Número de Rodamientos	2
Factor de Potencia	0.86
Rendimiento	0.90
Tipo Aislamiento	Clase térmica C (clase 200) según normativa IEC 60349-2 e IEC 60085
Refrigeración	
Tipo de Refrigeración	Autoventilado Motor Cerrado
Medio Refrigerante	Aire

Motor characteristics	
Motor Type	4DDA3030
Number of Poles	4
Cooling Motor	Self-ventilated and totally enclosed with double circuit ventilation, external air is not in contact with the internal parts of the motor.
Max. Temperature	Tamb max=45 °C
Nominal Link Voltage	625 V _{DC}
Nominal Line Voltage	650 V _{DC}
Max. Motor Voltage	490 V _{rms} (traction)
Max. Motor Voltage	680 V _{rms} (braking)
Nominal Frequency (S1)	53 Hz
Rated Current (S1)	106 A
Rated Torque (S1)	370 Nm
Max. Current of Motor	162 A
Rated Power of Motor	60 kW
Max. Power in Traction	106 kW
Max. Torque in Traction	460 Nm
Max. Power in Braking	160 kW
Max. Torque in Braking	565 Nm
Max. Speed of Motor	3960 rpm
Max. Speed of Train	70 km/h (overspeed 80 km/h)
Train characteristics	
Wheel Diameter	590 / 510 mm
Gear Ratio	5.44
Efficiency Gear Box	97%
Starting Effort	65.5 kN

3.5. Refrigeración

El sistema de refrigeración del inversor es el encargado de evacuar el calor producido por las pérdidas de los semiconductores del ondulator trifásico, del choper de frenado y de las inductancias del filtro de entrada que se encuentran en el mismo cofre.

La refrigeración del convertidor se realiza por ventilación forzada con ventiladores. Éstos son los encargados de absorber el aire desde el exterior y hacerlo circular sobre el soporte de un disipador donde están los semiconductores de potencia. Los IGBTs del ondulator y del chopper de frenado van situados sobre la placa base, que es la encargada de distribuir la potencia disipada lo más uniformemente posible y que hay que refrigerar mediante el caudal de aire absorbido.

Adicionalmente, este flujo de aire es aprovechado para refrigerar la inductancia de filtro. El diseño del sistema de refrigeración está optimizado para absorber eficazmente las pérdidas de los semiconductores. De esta forma se consigue mantener la temperatura de los IGBTs por debajo de un umbral de diseño definido en función de la temperatura de ruptura de los semiconductores.

La siguiente tabla muestra las características principales del equipo de refrigeración:

Refrigeración	
Tipo de Refrigeración	Indirecto mediante coldplate y ventiladores
Medio Refrigerante	Aire
Método de Ventilación	Forzado
Pot. Refrig. (velocidad rápida)	250 W
Temp. de la Pletina del Coldplate	85 °C
Caudal de Aire (velocidad rápida)	520 m ³ /h
Temp. Máx. del Aire a la Entrada	50 °C
Temp. Máx. del Aire a la Salida del Núcleo del Inversor	60 °C
Temp. Máx. del Aire a la Salida del Cofre	85 °C

4. Electrónica de control

4.1. Arquitectura de la electrónica de control

Cada inversor de tracción dispone de su electrónica de control de tracción independiente. Esta electrónica de control de tracción está basada en dos módulos: la **TCU** o “Traction Control Unit” y la **ICU** o “Invertir Control Unit”, que se instalan dentro del cofre del convertidor de tracción. En total, cada inversor dispone de dos módulos TCU y dos módulos ICU.

La TCU se encarga fundamentalmente de la comunicación con los mandos de cabina y de la ejecución de la aplicación de control de tracción a alto nivel. La TCU envía a la ICU los comandos de tracción vía bus CAN. Asimismo se encarga del cálculo del freno de fricción necesario en los discos y de la coordinación entre el freno eléctrico y el hidráulico (blending) en los bogies motores de la unidad. Finalmente también se encarga del control del antibloqueo en los bogies motores.

La ICU, por su parte, aplica las estrategias de control de tracción de bajo nivel generando las consignas para los semiconductores de potencia. Ambos módulos necesitan interactuar con otros elementos del tren utilizando para ello líneas de comunicación serie y entradas / salidas discretas.

La Figura 7 representa de forma esquemática la interfaz aproximada de la electrónica de control.

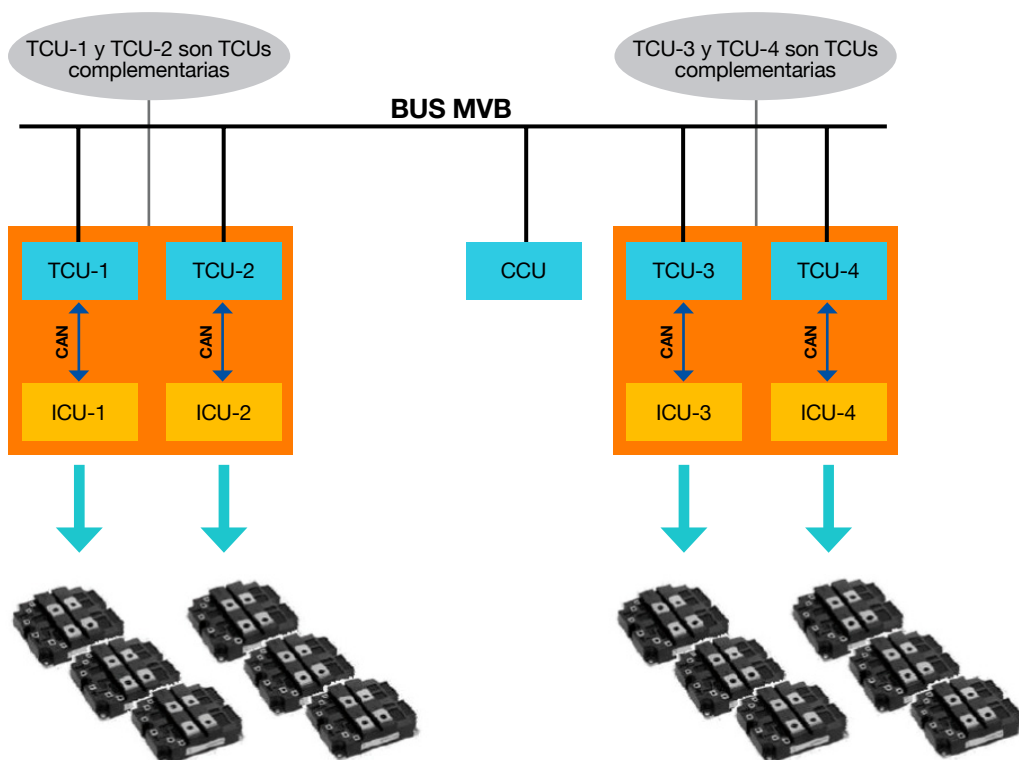


Figura 7. Arquitectura aproximada de la electrónica de control.

4.2. Unidad de control del inversor

Esta unidad está diseñada en formato mono placa (ver Figura 8) e incorpora tres bloques de control fundamentales:

1. El **microcontrolador**, que se encarga de supervisar el funcionamiento general de la ICU y de las comunicaciones vía CAN con la TCU.
2. El **DSP** que ejecuta los algoritmos de control en tiempo real.
3. El **bloque FPGA** que resuelve la comunicación con todos los periféricos externos a la tarjeta y proporciona protecciones a nivel de hardware para preservar la integridad del sistema.

La alimentación de la ICU se realiza desde la tensión de batería del tren de 24V necesarios para la ICU. Esta etapa de alimentación incorpora protecciones contra polaridad inversa y los filtros necesarios para cumplir la normativa EMC.

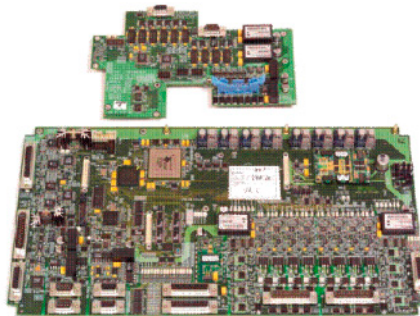


Figura 8. Unidad de Control del Inversor (ICU).

La interfaz de la ICU con el resto de los elementos del sistema es la siguiente:

- 2 canales CAN para la comunicación TCU-ICU.
- 8 canales bi-direccionales (Command/acknowledge) de fibra óptica para control de IGBTs.
- 4 canales para lectura de encoders.
- 4 entradas analógicas de 14 bits de resolución para lecturas de corrientes.
- 3 entradas analógicas de 14 bits de resolución para lectura de tensiones.
- 7 canales multiplexados para la lectura de temperaturas con sensores Pt100.
- Dos grupos independientes de 4 entradas digitales + 4 salidas digitales. Para cada grupo las entradas comparten cero y umbral de disparo. Las entradas aceptan tensiones de 24V a 110V nominales. Las salidas admiten corrientes de hasta 1A y están protegidas contra sobrecorrientes y sobretensiones.

4.3. Unidad de control de tracción

La TCU es un equipo modular que monta en un rack de tamaño 3U x 42 E (1/2 de 19”).



Figura 9. Unidad de Control del Tracción (TCU).

Dispone de las siguientes tarjetas:

- Tarjeta de filtros de alimentación (1 por rack).
- Tarjeta DC/DC (1 por rack).
- Tarjeta CPU (1 por rack).
- Tarjeta de 12 entradas digitales.
- Tarjeta de 8 salidas digitales.
- Tarjetas de 4 entradas y 4 salidas analógicas cada una.

4.3.1. Tarjeta de filtros de alimentación:

Es el punto de entrada de la tensión de alimentación (tensión de batería) del módulo. Contiene filtros para cumplir con los requisitos de compatibilidad electromagnética y protecciones contra polaridad inversa.

4.3.2. Convertidor DC/DC:

Convierte la tensión de batería a los 5Vdc de trabajo del módulo, dando una potencia superior a 50W incluso en las condiciones más desfavorables.

4.3.3. Tarjeta CPU:

El núcleo de esta tarjeta es el procesador de 32 bits ColdFire MCF5272. La tarjeta está concebida para que puedan ejecutarse aplicaciones de control embarcado. El acceso a las tarjetas de entradas/salidas lo realiza a través del bus VME. Dispone además de una comunicación redundante MVB (clase 2), dos canales de CAN y dos líneas serie RS232 aisladas. Para el registro de históricos la tarjeta CPU dispondrá de al menos 1Mbit de memoria no volátil.

4.3.4. Tarjeta de entradas digitales y entradas PWM:

La tarjeta de entradas digitales dispone de tres bloques de 4 entradas cada una, dando un total de 12 entradas por tarjeta. Cada uno de los bloques comparte el cero y la tensión de referencia. Las entradas admiten un amplio rango de tensiones, incluyendo los 24, 72 y 110V_{DC} (-30 % + 25 %) usuales en las baterías.

El umbral de disparo de las entradas de cada grupo se fija en el 50% de la tensión de referencia. Así, si para un grupo se elige una tensión de referencia de 24V, las entradas se activarán a partir de 12V.

La impedancia de entrada de cada canal es de 75,5 KΩ con lo cual la corriente consumida permanentemente por cada entrada estará entre los 0,3mA para 24V y los 1,5mA para 110V. Sin embargo, cada entrada dispone de un circuito de limpieza de contactos que provoca un consumo periódico de 60mA. La duración del pico de corriente es de 1ms, y el período configurable entre 50 y 250ms.

Las 4 entradas de uno de los grupos pueden configurarse en modo PWM. Los niveles de tensión admitidos en este modo son los mismos que en el modo normal de lectura de entradas, y la frecuencia base de la señal PWM puede ser de hasta 2KHz. Las lecturas se realizan con una resolución de 8 bits.

En fase inicial de proyecto se definirá el número de tarjetas de entradas digitales necesarias para señales internas de la unidad de potencia (monitorización de alimentación de la ICU, monitorización del estado de los ventiladores, etc.) y señales externas (señal PWM del manipulador de tracción) dejando un número suficiente de entradas disponibles.

4.3.5. Tarjeta de salidas digitales y salidas PWM:

Esta tarjeta dispone de 8 salidas digitales independientes aisladas entre sí. Cada salida dispone de dos terminales libres de potencial pudiéndose conectar la carga en el lado alto o bajo del contacto. El conmutador del contacto es de tipo MOSFET y es capaz de soportar una corriente nominal de 1A y picos de 5A con una tensión nominal máxima de 110V.

Además de las protecciones habituales frente a transitorios, cada canal está provisto de protección contra polaridad inversa, cortocircuito y sobrecalentamiento.

4 de las 8 salidas pueden configurarse como salidas PWM, con tensión externa de hasta 110V (+30%), frecuencia base máxima de 2KHz y resolución de 8 bits.

En fase inicial de proyecto se definirá el número de tarjetas de salidas digitales necesarias para señales internas de la unidad de potencia (alimentación de la ICU, control de los ventiladores, control de la bomba del sistema de refrigeración, etc.) y señales externas (lazo apertura del disyuntor, etc) dejando un número suficiente de salidas disponibles.

4.3.6. Tarjeta de entradas y salidas analógicas:

La tarjeta de entradas y salidas analógicas dispone de un grupo de 4 entradas y otro de 4 salidas analógicas, todas ellas de 12 bits de resolución. Tanto las entradas como las salidas pueden configurarse en fase de fabricación como canales de tensión (0 - 5V ó ±10V) o canales de lazo de corriente (0 - 20mA). Adicionalmente, una de las 4 entradas puede configurarse para lectura de 4 sensores de temperatura tipo Pt100 (-50 °C a 150 °C).

En la fase inicial del proyecto se definirá el número de tarjetas de entrada/salida analógicas necesarias para las señales internas de la unidad de potencia (entradas para lectura de sensores de temperatura, etc) y para las señales externas (salidas para monitorización en cabina), dejando un número suficiente de entradas/salidas disponibles.

4.4. Normativa

Cumple con la normativa ferroviaria vigente, más en concreto:

EN50155: Aplicaciones ferroviarias. Equipos electrónicos utilizados sobre material rodante.

EN 50121: Aplicaciones ferroviarias. Compatibilidad electromagnética. Parte 3-2: Material rodante. Aparatos.

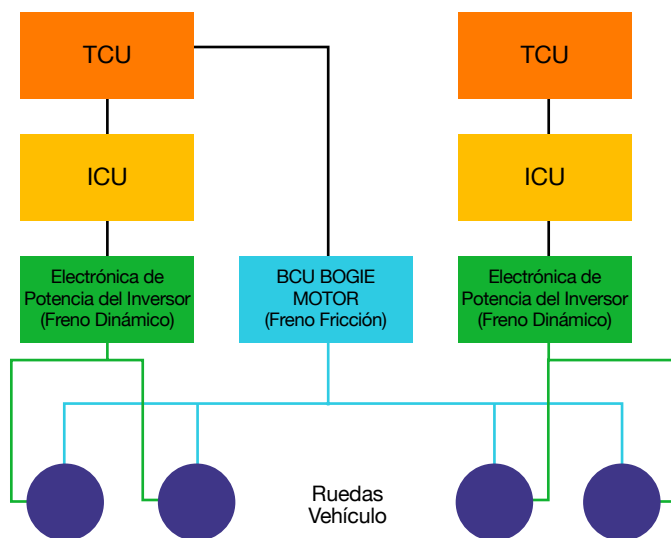
IEC 61375-1: TCN: Train Communication Network.

5. Descripción software

5.1. Software de tren

El software de tren se ejecuta en la unidad de control de tracción de alto nivel y se encarga principalmente de la comunicación con el equipo de mando y monitorización vía TCN y de implementar las funcionalidades de control de tracción específicas a la unidad de tracción transmitiendo a la unidad de control de bajo nivel las consignas de par necesarias y supervisando su funcionamiento.

Asimismo la unidad de tracción de alto nivel realiza el cálculo de la consigna de freno de fricción de los bogies motores y la coordinación entre el freno eléctrico e hidráulico (blending), es decir, realizarán la funcionalidad de BCU. El control del antibloqueo de los bogies motores también estará contemplado dentro de las funcionalidades de la unidad de control de tracción de alto nivel. El bogie remolque, si existe, dispondrá de su propia BCU.



5.1.1. Modos de conducción:

Implementa los modos de conducción definidos para la unidad de tracción específica.

5.1.2. Comunicación con el tren:

Permite la conexión mediante bus TCN con el equipo de mando y monitorización del tren. Se trata de un nodo de clase 2 permitiendo mensajería esporádica.

La comunicación con el equipo de mando y monitorización deberá responder al documento de referencia TCN, que se establecerá en fase inicial de proyecto.

5.1.3. Coordinación con el equipo de freno:

Establece un diálogo (llamado 'blending'), a través del bus TCN, entre el equipo de tracción y el equipo de freno de manera que se coordine la actuación del freno eléctrico y el freno hidráulico.

5.1.4. Autocalibración del diámetro de ruedas:

Calcula el diámetro de la rueda en función del diámetro de referencia y la velocidad del tren, que le llegan del equipo de mando y monitorización vía TCN, y en función de la lectura del encoder del motor.

5.1.5. Control de la refrigeración:

Controla los ventiladores del cofre de tracción y demás elementos que forman parte del sistema de refrigeración de los motores, filtros, resistencias de frenado, etc.

5.1.6. Registro de alarmas e históricos:

Registra en un soporte de memoria no volátil las alarmas que se produzcan, manteniendo un histórico de sucesos y del contexto en el que se produjo que puedan permitir un análisis del problema. Las alarmas podrán ser notificadas, según se defina conveniente, en tiempo real mediante bus TCN al equipo de mando y monitorización.

Implementa un mecanismo de descarga remota de registros de alarma e históricos a través del bus TCN y también mediante conexión local (RS-232).

5.1.7. Monitorización:

A través del bus TCN se puede monitorizar una lista de parámetros configurable dinámicamente sin interferir en la ejecución de la estrategia de control.

5.1.8. Autodiagnos:

Implementa lógicas de autodetección de averías que se ejecutan periódicamente, como resultado de un determinado evento (arranque del equipo de control, conexión de un equipo electrónico, etc.), o a iniciativa del personal de mantenimiento.

5.2. Software de control

El software de control se ejecuta en la unidad de control del inversor y se encarga básicamente del control a bajo nivel de la electrónica de potencia (inversor, chopper de frenado, etc.). Implementa la estrategia de control recibiendo consignas periódicas de la unidad de control de tracción de alto nivel a través de un bus CAN.

5.2.1. Control del inversor:

Implementa las estrategias de control necesarias para el control de los motores optimizando el consumo y ciclos de trabajo de la unidad de potencia. Implementa los algoritmos adecuados con el fin de cumplir los requisitos impuestos, tanto en velocidad, consumo y confort.

Es capaz de implementar modos de control ISC, DSC-A, TLC y DSC-W.

5.2.2. Control del chopper de frenado:

Controla el chopper de frenado para implementar diferentes funcionalidades como el control de la tensión de bus en frenado eléctrico, protección de elevaciones bruscas de tensión, etc.

5.2.3. Sistema antipatinaje/antibloqueo:

Implementa un sistema de detección y corrección de patinajes durante la tracción y un sistema de bloqueo durante el frenado. El sistema de antibloqueo detecta y corrige los bloqueos generados durante la aplicación de freno eléctrico. Durante la aplicación de freno conjugado los antibloqueos eléctrico e hidráulico serán coordinados por el equipo de tracción.

5.2.4. Limitaciones:

Implementa diferentes limitaciones: limitación de sobre-aceleraciones, limitación de pendientes de par, limitaciones en función de las curvas características de tracción/frenado, limitaciones en función de la velocidad máxima, limitaciones en función de las temperaturas, etc.

5.2.5. Protecciones:

Implementa diferentes protecciones: sobre-corrientes, sobre-voltajes, sobre-temperaturas, errores de lectura de datos de los periféricos, pérdida de comunicaciones y errores de la lógica de ejecución. Puede llegar a reducir prestaciones, deshabilitar la tracción o reiniciar el equipo según el caso.

5.2.6. Autodiagnos:

Implementa comprobaciones de funcionamiento de todos los componentes en el arranque. Si durante este proceso detecta un error grave aborta inmediatamente el arranque para evitar daños en el equipo.

trainelec[®]

Polígono katategi · Parcela 3 bis · Pabellón nº 1
20271 IRURA · Gipuzkoa (ESPAÑA)

T + 34 943 69 08 70 · **F** + 34 943 69 09 12

trainelec.com