

SISTEMA DE FRENO

El tren está equipado con dos sistemas de freno:

- Freno electrodinámico
- Freno de fricción

Freno electrodinámico

El freno de servicio se realiza prioritariamente en forma electrodinámica, ya que así se evitan desgastes en pastillas y discos de freno. Por lo tanto, en las condiciones normales del freno de servicio, la mayor parte es por freno electrodinámico. Si éste no es suficiente, se utiliza el freno de fricción para garantizar que se alcance la deceleración requerida por el comando de freno.

Cuando la velocidad desciende a 8 km/h, el freno electrodinámico se suprime y el frenado se hace completamente por fricción.

Freno de fricción

Se controla por el microprocesador de la unidad de control de freno (EBCU: Electronic Brake Control Unit). El sistema de freno de fricción utiliza el aire comprimido, por medio del cilindro de freno y de las pastillas de las pinzas de freno, para presionar el disco de freno. El freno de fricción se controla continuamente por la unidad electrónica de control instalada en cada coche.

Modos de freno

Freno de servicio normal

El freno de servicio se utiliza en situaciones normales. Durante el frenado, el conductor tiene que pasar la manija del controlador principal a la posición de freno. La orden de freno es directamente proporcional a la posición de la manija del controlador principal. Para el freno de servicio, se utiliza principalmente el freno electrodinámico. Si es necesario, se activa el freno de fricción para complementar el freno electrodinámico. El freno de servicio tiene control antideslizamiento y límite de sacudidas (jerk).

Nota: cuando se conduce en modo manual, se debe accionar la manija del controlador principal con precaución para realizar el frenado constante del tren mediante el freno electrodinámico, evitando la aplicación del freno de fricción y así evitar el desgaste de discos y pastillas de frenos. Si se activa el control antideslizamiento, significa que hay mayor desgaste de ruedas y/o pastillas de freno.

Freno de emergencia

Es un modo de frenado de elevada deceleración. El freno de emergencia utiliza solamente el freno de fricción. Se controla directamente por el circuito de seguridad del freno de emergencia. Cuando éste se desconecta, todos los coches del tren aplican al mismo tiempo el freno de emergencia. Una vez aplicado, el freno de emergencia se mantiene hasta que el tren se detiene completamente.

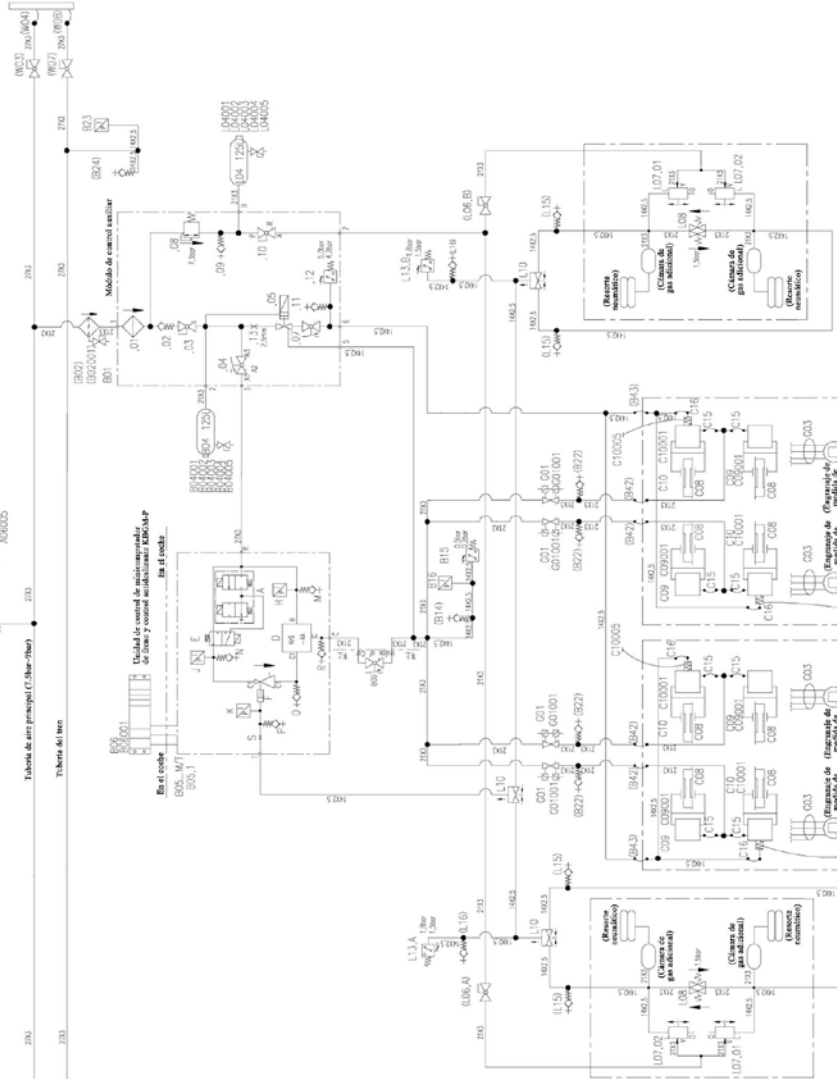
Freno de estacionamiento

Se aplica mediante el resorte de las pinzas de freno y se afloja por aire comprimido. Sólo actúa cuando el tren está estacionado. La llave de freno de estacionamiento (SAPB: Switch Application Parking Brake) en la consola del conductor puede aplicar o aflojar el freno de estacionamiento. El freno de estacionamiento puede prevenir el deslizamiento del tren en condiciones de carga máxima AW5 y una rampa del 3.8 %.

Sistema de suministro de aire comprimido y freno

El esquema del sistema de freno se observa en los planos 1 y 2.

0000-000-0027065



Código	Nombre	Estado normal del cuerpo de la válvula	Estado de escape	Clasificación de seguridad
B0002	Tapón de la válvula de la S.C.D.N.S.	La posición normal es cerrar, la posición vertical se abre.	Se	Tipo A
B01,03	Con tapón de escape lateral	La posición normal es abrir, la posición vertical se cierra.	Si	Tipo A
B01,04	Con tapón de escape de punto de control	La posición normal es abrir, la posición vertical se cierra.	Si	Tipo A
B01,07	Con tapón de escape de punto de control	La posición normal es abrir, la posición vertical se cierra.	Si	Tipo A
B01,10	Con tapón de escape lateral	La posición normal es abrir, la posición vertical se cierra.	Si	Tipo A
B02,01	Tapón de escape de agua 3/8"	La posición normal es cerrar, la posición vertical se abre.	Se	Tipo A
B04022	Tapón de válvula de la S.C.D.N.S.	La posición normal es cerrar, la posición vertical se abre.	Se	Tipo A
B09001	Tapón de escape de punto de control eléctrico 3/8" (con escape lateral)	La posición normal es abrir, la posición vertical se cierra.	Si	Tipo A
B04	Tapón de cono 3/4"	La posición normal es abrir, la posición vertical se cierra.	Se	Tipo B
B35	Tapón de cono 3/4"	La posición normal es abrir, la posición vertical se cierra.	Se	Tipo B
B04022	Tapón de válvula de la S.C.D.N.S.	La posición normal es cerrar, la posición vertical se abre.	Se	Tipo A
B06,8	Tapón de cono 1/2"	La posición normal es abrir, la posición vertical se cierra.	Se	Tipo A
B06,9	Tapón de cono 1/2"	La posición normal es abrir, la posición vertical se cierra.	Se	Tipo A
B03	Tapón de cono 3/4"	La posición normal es abrir, la posición vertical se cierra.	Se	Tipo B
B07	Tapón de cono 3/4"	La posición normal es abrir, la posición vertical se cierra.	Se	Tipo B

Descripción: los tapones del tipo A utilizan el escape rojo, los tapones del tipo B utilizan el escape blanco.

Código		Descripción		Fecha	
0000	000	0027065		2013	02/02
0000	000	0027065		2013	02/02
0000	000	0027065		2013	02/02
0000	000	0027065		2013	02/02
0000	000	0027065		2013	02/02
0000	000	0027065		2013	02/02
0000	000	0027065		2013	02/02
0000	000	0027065		2013	02/02
0000	000	0027065		2013	02/02
0000	000	0027065		2013	02/02

0000-000-0027065

Sistema de freno

Regla primaria

Regla secundaria

Regla terciaria

Regla cuaternaria

Regla quinary

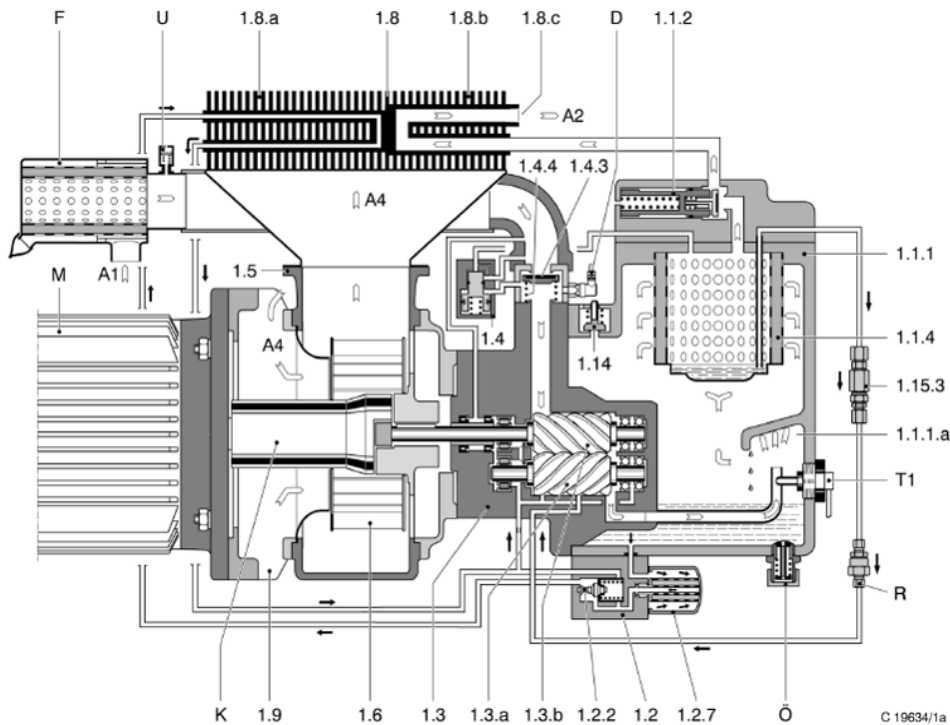
Regla sextaria

Equipo de suministro de aire comprimido Compresor de aire

El aire comprimido para el sistema de freno es suministrado por el compresor de tornillo tipo SL22 (A00), que tiene los siguientes componentes:

- Compresor de aire de tornillo
- Motor de corriente alterna trifásico 380 VCA, 50 Hz
- Postenfriador

Estos componentes forman un equipo compacto, que se sujeta a la carrocería por medio de suspensión elástica.



El grupo del compresor de aire se controla por la unidad de control de freno mediante el transductor de presión A10. La señal eléctrica originada en el presóstato A9 también controla al mismo tiempo el contactor del motor.

Dos válvulas de seguridad se utilizan para proteger el sistema de suministro de aire de una presión demasiado alta. La válvula de seguridad A11 ajustada a 10.5 bar protege el sistema de una presión elevada causada por el aumento de temperatura exterior. La otra

válvula de seguridad A03, dentro del grupo del compresor, con un ajuste de 12 bar, se utiliza para proteger de una presión elevada causada por el bloqueo de la entrada de aire proveniente del desecador.

A través del dispositivo de prueba A08, se puede verificar el valor de ajuste del presóstato A09, utilizando aire comprimido externo.

La capacidad de cada unidad de suministro de aire es de alrededor de 1060 l/min en condición de 1450 rpm (después del desecador).

Desecador de aire



El aire comprimido entra en el desecador de doble torre LTZ015.1H, se realiza el secado en una de las torres, y al mismo tiempo en la otra torre, el aire hace el tratamiento de regeneración para eliminar partículas de polvo. El temporizador electrónico en las torres controla el secado y la regeneración en las dos torres. Sólo cuando el compresor funciona, está activo el ciclo de control del temporizador, así se puede garantizar que las dos torres de secado funcionen en forma alternada. El desecador de aire de doble torre elimina la humedad en el aire comprimido y hace que la humedad relativa sea $\leq 35\%$.

Depósito principal de aire



Después del secado, el aire comprimido se almacena en el depósito principal A06. La válvula de seguridad integrada en el módulo de suministro de aire A11 se utiliza para proteger el sistema de aire de una presión demasiado alta.

La presión de aire en el depósito principal se puede observar por medio del manómetro B30.

Cada depósito se provee de un grifo de drenaje A06001.

Control del compresor de aire

Durante el funcionamiento normal, un compresor funciona como compresor principal y el otro como compresor auxiliar (de repuesto).

Si la presión del aire es inferior a 8.0 bar, el dispositivo de control de freno emite una señal para arrancar el compresor principal. En los días impares se arranca el compresor de aire del coche TC1, en los días pares el del TC2, para evitar que funcione uno solo de los compresores durante largo tiempo. Cuando la presión del aire se reduce a 7.5 bar, los dos compresores arrancan al mismo tiempo para mantener continuamente el suministro de aire. Cuando la presión del tubo de aire principal aumenta a 9.0 bar, todos los compresores dejan de funcionar.

El aire se envía a la tubería del depósito principal del tren MRE (Main REservoir), con presión de 8 a 9 bar, conectándose al coche siguiente por medio de la manga W04 y la llave de paso de aislamiento W03. La tubería de MRE se utiliza para el suministro de aire comprimido a todos los coches. Cuando el compresor está imposibilitado de funcionar, puede realizarse el llenado del depósito de aire desde el coche vecino.

El manómetro de doble aguja B30 ubicado en la cabina se utiliza para indicar la presión del tubo de aire principal y la presión del cilindro de freno del coche Tc.

El tubo principal de aire suministra aire comprimido a los siguientes subsistemas:

- Sistema de freno (incluyendo la protección de deslizamiento de las ruedas)
- Suspensión de aire
- Bocina
- Control de enganche automático

Equipo de control de freno (grupo B)



Funcionamiento del sistema de freno

Cada coche utiliza un módulo de control auxiliar B01 para almacenar el aire comprimido necesario para el sistema de control y otras aplicaciones neumáticas. El depósito de aire B04 permite disponer rápida y seguramente del aire a la presión requerida por la unidad de control de freno. Se previene la pérdida de presión de este depósito ante la comunicación a la

atmósfera del tubo principal mediante la válvula de retención B01.02. Para trabajos de mantenimiento se puede utilizar la válvula B01.03 para interrumpir completamente el suministro de aire a los controles de freno y de freno de estacionamiento, y la válvula B01.10 para cortar el suministro de aire a la suspensión neumática.

Nota: el freno de estacionamiento se controla por el módulo de control auxiliar B01.

El aire comprimido se envía desde el módulo de control auxiliar B01 a la unidad de control de freno B05. Esta unidad está instalada en la parte inferior del coche, y se utiliza para controlar la unidad de freno de disco en los dos bogies del coche. Para fines de mantenimiento y separación, el aire comprimido que pasa a la unidad de freno del bogie se puede cortar por la válvula de aislamiento B09 debajo de un asiento del salón de pasajeros.



Peligro: la válvula B09 sólo se puede operar por personal de taller. Si hay que operar estas válvulas durante el servicio (en caso de emergencia), sólo se puede realizar por el conductor según la normativa de la empresa operadora.

Siempre debe tenerse en cuenta que si se ha aislado el freno del bogie por medio de la válvula B09, el rendimiento del frenado se reducirá.

Cuando se separa una unidad de freno, se debe circular limitando la velocidad. Los pasajeros deben bajar en la siguiente estación. El tren debe volver al depósito inmediatamente.

La electroválvula B01.07 puede realizar la aplicación de los frenos en forma automática o manual basada en cada coche.

El actuador de aplicación de resorte del freno de estacionamiento se provee de un alambre para el afloje manual (cuando no hay presión en el actuador se aplica el freno de estacionamiento).

La electroválvula B01.07 integra las funciones de válvula bidireccional, para prevenir la aplicación superpuesta del freno de estacionamiento cuando se aplican freno de servicio o freno de emergencia, que puede originar un esfuerzo de frenado excesivo.

El estado del cilindro de aire del freno de estacionamiento se controla por el presóstato B01.12 en el módulo de control de freno B01.

En cada coche, el suministro de aire a la suspensión neumática se realiza por medio del módulo de control de freno central B01, a través de la válvula de ajuste de altura.

Cuando en el sistema de suspensión hay fallo y se realiza el mantenimiento, se puede utilizar la válvula B01.10 para aislar el suministro de aire al balón de aire.

La presión en la suspensión de aire se utiliza como una indicación de la carga del coche, y se envía a la unidad de control de freno correspondiente, para que el sistema de freno pueda obtener la compensación de carga requerida en la aplicación de freno de servicio o de emergencia.

Sistema de control de freno KBGM-P

El equipo de control de freno principal incluye una unidad de control de freno B05 activada directamente por una unidad de control de microprocesador EBCU B06. Las funciones de la unidad de control B05 son las siguientes:

- Freno de servicio
- Freno de emergencia
- Freno de mantenimiento

Freno de servicio

El aire comprimido suministrado por el tubo de aire principal llega al depósito de freno B04 a través del filtro de aceite y agua B02, filtro de aire B01.01, válvula de retención B01.02 y llave de aislamiento B01.03. La válvula de retención protege el depósito de freno de la pérdida de presión cuando el tubo de aire principal tiene fugas.

La señal de comando de freno se transmite por el sistema principal de tren TMS (Train Main System) a través de del bus principal MVB (Main Vehicle Bus). Según el valor de la fuerza de freno electrodinámico disponible, la unidad electrónica de control B06 calcula si hace falta complementar mediante freno de fricción para satisfacer la necesidad de esfuerzo de freno. La válvula de conmutación B05.A convierte la presión del aire principal en presión precontrolada Cv, de control proporcional según las necesidades del freno de fricción de la unidad de control. La válvula de conmutación regula el esfuerzo de freno correspondiente a la carga según la señal de carga proveniente del sensor de presión B05.K y el límite de sacudidas, para satisfacer las necesidades de fuerza total de frenado.

En el freno de servicio, la presión precontrolada Cv se genera por la válvula de conmutación B05.A, llega a la válvula relé B05.D a través de la electroválvula de emergencia B05.E, la válvula limitadora de presión B05.F y controla la carga y descarga del cilindro de freno. La electroválvula de emergencia B05.E se alimenta por el circuito de freno de emergencia.

El presóstato B15 transmite el estado de afloje o aplicación de freno al sistema principal de tren. La llave de aislamiento B09 se utiliza para aislar y aflojar el freno en forma manual.

El freno de servicio utiliza el freno de fricción, éste se realiza en la unidad de dos coches motores y un remolque. Como el freno electrodinámico no produce desgaste de las ruedas, se lo utiliza prioritariamente. Cuando la capacidad del freno electrodinámico no es suficiente, el esfuerzo de freno restante se comparte por igual por el freno de fricción.

Todo el proceso del pase de freno electrodinámico a freno de fricción y la aplicación/afloje del freno de fricción puede dividirse en los siguientes pasos:

- A. Sustitución del freno electrodinámico por freno de fricción.
- B. Aplicación del freno de fricción.
- C. Freno de mantenimiento.
- D. Supresión del freno de mantenimiento.

Etapas A: cuando la velocidad del tren alcanza 8 km/h, el VVVF emite la señal de salida del freno electrodinámico "ED Fade" (nivel lógico 0) mediante MVB. Después de un retraso de 500 ms, el freno electrodinámico comienza a salir y se inicia la aplicación de freno de fricción.

Etapas B: el freno de fricción sustituye completamente al freno electrodinámico, y aplica el esfuerzo de freno correspondiente según el comando de freno.

Etapas C: cuando la unidad de control detecta el estado de freno y la velocidad del tren es inferior a 1 km/h, el freno de mantenimiento se aplica automáticamente.

Etapas D: Cuando la unidad electrónica de control detecta el comando de tracción y la velocidad del tren es superior a 3 km/h, se suprime el freno de mantenimiento.

Freno de emergencia

Cuando el circuito de freno de emergencia queda desenergizado, la electroválvula B05.E queda sin energía y acciona el freno de emergencia. El aire comprimido proveniente del depósito B04 atraviesa la válvula de conmutación B05.A, y con la carga-presión preestablecida por la válvula limitadora de presión B05.F llega a la válvula relé B05.D y aplica el freno de

emergencia. Al mismo tiempo, la unidad electrónica de control B06 envía la señal de freno a la unidad de control B05 para controlar la presión de salida de la válvula de conmutación B05.A, como respaldo de la electroválvula de emergencia B05.E.

En el modo de freno de emergencia, están activos la corrección por carga y el control de protección antideslizamiento. No está activo el freno electrodinámico. Al mismo tiempo, la unidad electrónica de control envía la señal EdBrakeCutOut (corte de freno electrodinámico) mediante hard wire y establece la señal de EdBrakeDemand (demanda de freno electrodinámico) en el bus principal como cero para cortar la tracción.

Freno de mantenimiento

En el caso de que el sistema de control de la red del tren TMS es normal, la aplicación del freno de mantenimiento se realiza por la unidad de control de freno según la señal de velocidad y la señal de estado de freno. La unidad de control de freno suprime el freno de mantenimiento según el comando del sistema principal del tren.

En el modo de freno de emergencia, la aplicación y supresión del freno de mantenimiento se controla automáticamente por la unidad de control de freno.

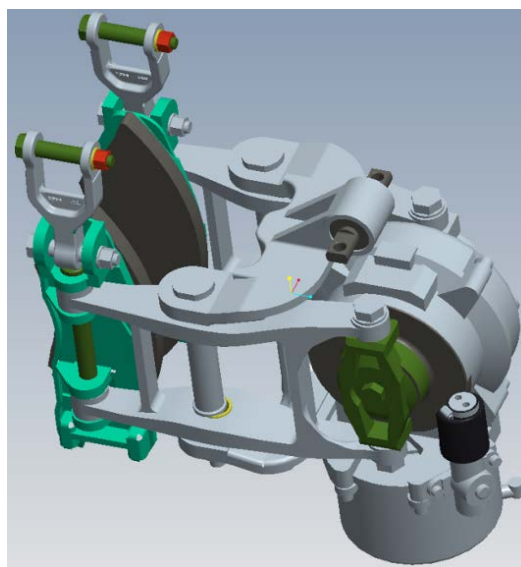
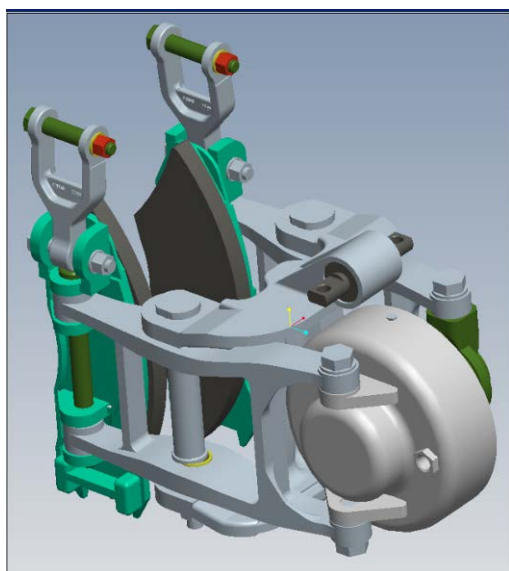
Freno de estacionamiento

El freno de estacionamiento se aplica mediante resorte en forma automática en caso que el cilindro de freno de estacionamiento no tiene presión de aire. Se puede aplicar o aflojar por medio de la electroválvula B01.05. La válvula de aislamiento se utiliza para separar manualmente el freno de estacionamiento. Para evitar la superposición del esfuerzo de freno de servicio o emergencia y el esfuerzo de freno de estacionamiento y daños en la unidad de freno, la electroválvula B01.05 aísla el freno de servicio/emergencia y el freno de estacionamiento.

El estado del freno de estacionamiento se controla mediante el presóstato B01.12.

La unidad de control electrónica lee la señal de "Apply park brake" (aplicar freno de estacionamiento), "Release park brake" (aflojar freno de estacionamiento) y la señal de "parking brake" (freno de estacionamiento) del presóstato y transmite esta señal a sistema principal de tren mediante el bus principal. La unidad electrónica de control no participa en el control del freno de estacionamiento.

Equipo de freno del bogie (grupo C)



El equipo de freno básico incluye las pinzas de freno C10 con freno de estacionamiento y las pinzas de freno C09 sin freno de estacionamiento, cada rueda se equipa con un disco de freno C08.

La pinza de freno efectúa la función de freno de estacionamiento mediante un resorte, y cada pinza se provee de un dispositivo de afloje manual.

Después de cargar aire comprimido, el dispositivo de afloje mecánico se restablecerá automáticamente.

Protección de deslizamiento de las ruedas (grupo G)



La unidad electrónica de control de freno detecta la velocidad de cada eje, y de acuerdo con la adherencia entre las ruedas y el riel, calcula la deceleración alcanzable, controla la presión del cilindro de freno mediante la válvula de antideslizamiento G01.

El sistema de protección de antideslizamiento se basa en el control de eje. Los equipos incluyen válvula de antideslizamiento G01, sensor de velocidad G03 y rueda dentada G04.

Una vez detectado el deslizamiento, la unidad de control de freno electrónico va a aflojar / mantener / aplicar el freno controlando la energización o desenergización de la electroválvula de antideslizamiento. En el freno de emergencia, la protección de antideslizamiento también trabaja.

El antideslizamiento del freno electrodinámico y el antideslizamiento del freno de fricción se controlan independientemente. En la etapa inicial del deslizamiento, se ejecuta primero el antideslizamiento de freno electrodinámico.

Durante esta etapa, el VVVF envía la señal de deslizamiento de freno electrodinámico a través de la unidad electrónica de control, para garantizar que cuando el esfuerzo de freno eléctrico se reduce, la unidad de control no aumenta el esfuerzo de freno de fricción para complementar el esfuerzo de freno electrodinámico perdido. Una vez que el antideslizamiento de freno electrodinámico no puede eliminar el deslizamiento, el antideslizamiento del freno de fricción pasa a controlar el deslizamiento. En este momento, la unidad de control enviará la señal de "EdBrakeCutOut" al VVVF respectivo mediante hard wire, cortará el freno electrodinámico y accionará el antideslizamiento de freno de fricción.

Equipo de suspensión de aire (grupo L)

Cada coche se equipa con un sistema de suspensión de aire. La presión del balón de aire y la altura de la carrocería se controlan por las válvulas de nivelación L07.01 y L07.02. El aire comprimido proveniente del tubo de aire principal llega al balón de aire L09 pasando la válvula B01.08, la válvula B01.10 y las válvulas de nivelación L07.01 y L07.02. El suministro al sistema de suspensión de aire puede separarse mediante la válvula B01.10. Este sistema ajusta la presión del balón de aire según la carga del coche. La función de la válvula diferencial L08 es evitar que la diferencia de presión entre dos balones de aire conectados sea superior a 1.5 bar.

Los presóstatos L13.A y L13.B controlan la presión del balón de aire, ésta entra en la válvula de ajuste de carga B05.F de la unidad de control de freno B05 después de pasar por la válvula de presión media L10.

Equipo de enganche (grupo W) y bocina (grupo P)

El equipo de enganche incluye las mangas de conexión W02, W04, W06 y W08, y válvulas de aislamiento W01, W03, W05 y W07. Por medio de las válvulas de aislamiento, se puede aislar el tubo de aire principal y el tubo de freno de cada coche.

El equipo de bocina incluye la válvula de aislamiento P03, la válvula de descompresión P04, la electroválvula P01 y la bocina P02. El conductor controla la electroválvula por medio del control de bocina instalado en la cabina para realizar el silbato.

Diseño de redundancia

Redundancia del equipo del compresor de aire

Cada tren tiene dos compresores de aire, cuando uno de ellos falla, el otro puede satisfacer las necesidades de aire comprimido de todo el tren.

Redundancia del control del compresor de aire

En condiciones normales, el arranque del compresor de aire se controla por la unidad electrónica de control de freno. Cuando esta unidad falla, el arranque del compresor se controla por el presóstato principal A09 ubicado en la cañería de aire, si la presión de aire es inferior a 7 bar.

Redundancia del dispositivo de control de freno

Cuando la EBCU de algún coche tiene falla, se lo informa a las otras unidades de control en esta unidad de control de freno (2M+1T) mediante la red.

En el freno de servicio, las otras unidades de control complementan automáticamente el esfuerzo de freno perdido de la unidad de control en falla.

Redundancia del comando de freno de servicio

Composición del comando de freno de servicio: hard wire del comando de freno de servicio + comando del valor del freno de servicio transmitido por la red.

En el freno de servicio, 500 ms después que la unidad de control la unidad electrónica de control recibe el comando del hard wire (comando de estado de freno provisional), si todavía no recibe la señal de comando del valor de freno, se aplica el freno de servicio máximo.

Redundancia del sensor de velocidad

Cuando algún sensor de velocidad tiene falla, se puede utilizar la señal del sensor de velocidad vecino del mismo bogie para realizar el control de antideslizamiento.