

ESP



ANTXON BALDA ARANA 65876

XABIER BALDA ARANA 65697
ALEJANDRO ESTÉVEZ PLAZA 65657
LUIS OTERO LOUZÁN 69213
MANUEL VALERA REY 69216

ÍNDICE

SEGURIDAD MOTOR-VEHÍCULO.....	1
SISTEMAS DE SEGURIDAD	1
<i>Demandas sobre un sistema de control de estabilidad dinámico.....</i>	<i>1</i>
OPERACIONES BÁSICAS DEL VEHÍCULO.....	2
<i>Comportamiento del conductor</i>	<i>2</i>
CONCEPTOS BÁSICOS DE LA DINÁMICA DEL VEHÍCULO.....	2
EL SISTEMA EN SU CONJUNTO: "CONDUCTOR-VEHÍCULO-ENTORNO"	3
<i>Parámetros.....</i>	<i>4</i>
NEUMÁTICO.....	4
<i>Funciones.....</i>	<i>4</i>
<i>Fuerzas en el neumático</i>	<i>4</i>
DESGLIZAMIENTO DEL NEUMÁTICO	5
<i>Factor de fricción μ_{AB} (fricción lineal) , deslizamiento y fuerza vertical del neumático.....</i>	<i>5</i>
<i>Fuerzas laterales.....</i>	<i>5</i>
<i>Resistencia tractiva total.....</i>	<i>6</i>
<i>Dinámica longitudinal del vehículo.....</i>	<i>6</i>
<i>Dinámica lateral del vehículo</i>	<i>6</i>
SISTEMAS DE SEGURIDAD EN LA CONDUCCIÓN PARA LOS FRENOS Y LA TRACCIÓN	8
SISTEMA DE FRENO ANTIBLOQUEO: ABS.....	8
<i>Función.....</i>	<i>8</i>
<i>Diseño.....</i>	<i>8</i>
<i>Modo de operación.....</i>	<i>8</i>
SISTEMAS CONTROL DE TRACCIÓN: TCS	9
<i>Función.....</i>	<i>9</i>
<i>Diseño.....</i>	<i>10</i>
<i>El ECU.....</i>	<i>10</i>
<i>Modo de operación.....</i>	<i>10</i>
PROCESO DE DATOS:.....	11
<i>Proceso de la señal en la ECU:</i>	<i>11</i>
<i>Señales de salida:.....</i>	<i>12</i>
TRANSFERENCIA DE DATOS A OTROS SISTEMAS:	12
<i>Transmisión convencional de datos:</i>	<i>12</i>
<i>Transmisión de datos en serie:</i>	<i>12</i>
<i>Red de ECUs:.....</i>	<i>12</i>
<i>Dirección basada en los contenidos:</i>	<i>13</i>
<i>Asignación de prioridades:.....</i>	<i>13</i>
<i>Autodiagnosis:</i>	<i>13</i>
SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO Y VARIABLES CONTROLADAS:	13
<i>Concepto de ESP:</i>	<i>13</i>
<i>Estructura del sistema de control:</i>	<i>14</i>
<i>Jerarquía de los controladores:.....</i>	<i>14</i>
<i>Funciones complementarias(asistente del freno).....</i>	<i>16</i>
PROGRAMA DE CONTROL DE ESTABILIDAD ESP:	19
<i>Giros rápidos y contravolantazos:</i>	<i>19</i>

SEGURIDAD MOTOR-VEHÍCULO

SISTEMAS DE SEGURIDAD

En las operaciones cotidianas numerosos factores afectan a la seguridad del vehículo, siendo los factores principales: las condiciones del vehículo (nivel de equipamiento, los neumáticos, los componentes), las condiciones atmosféricas, el estado de la carretera y tráfico y las características del conductor, definidas por su habilidad y su estado físico y mental.

Para contribuir a la mejora del nivel de seguridad de los vehículos existen los llamados sistemas de seguridad activos y pasivos.

Los sistemas de seguridad activos son sistemas que contribuyen a la prevención de los accidentes, es decir, evitan que estos ocurran ayudando activamente a una conducción segura. Como ejemplos de sistemas activos de seguridad tenemos:

- ?? el ABS (Antiblock Braking System)
- ?? los Sistemas de Control de Tracción TCS
- ?? el Programa de Estabilidad Electrónico ESP

Estos sistemas de seguridad contribuyen a mantener la estabilidad del vehículo y controlar su respuesta en situaciones críticas.

Los sistemas de seguridad pasivos están diseñados para proteger a los ocupantes del vehículo contra impactos de carácter irreversible, destinados a reducir el riesgo de lesiones y disminuir en todo lo posible las consecuencias del accidente. Un ejemplo de sistema pasivo es el airbag, que protege a los ocupantes cuando se dan accidentes que no se pueden evitar por medio de los sistemas activos.

Demandas sobre un sistema de control de estabilidad dinámico

El programa de estabilidad electrónico ESP es un sistema en lazo cerrado diseñado para mejorar el manejo del vehículo y la respuesta de frenado mediante un programa que controla el sistema de frenado y/o de tracción.

El ABS previene el bloqueo de las ruedas cuando se aplica el freno, mientras el TCS impide que las ruedas patinen durante la aceleración.

Desde un punto de vista general, el ESP aplica un concepto unificado, para controlar la tendencia del vehículo a "irse" introduciendo correcciones a las diferentes entradas del volante; manteniendo al mismo tiempo la estabilidad para prevenir que el vehículo derrape lateralmente.

El sistema ESP mejora la seguridad en la conducción mediante las siguientes ventajas:

Asistencia activa para la dirección en la conducción, incluyendo la ayuda ante condiciones críticas cuando el vehículo está sometido a fuerzas laterales importantes.

Mejora de la estabilidad del vehículo; el sistema mantiene la estabilidad direccional bajo cualquier condición, incluyendo frenadas repentinas, maniobras comunes de frenado, en condiciones de aceleración, adelantamiento y desplazamiento de carga.

Aumento de la estabilidad del vehículo en los límites de tracción, como en maniobras en situaciones extremas (como frenazos fortuitos), para reducir el peligro de derrape o choque.

Mejoras en gran variedad de situaciones, para en el aprovechamiento de potencial de tracción cuando el ABS y el TCS entran en acción, y cuando el MSR (controlador del par de arrastre motor) es activo, aumentando automáticamente la

respuesta motora para reducir el excesivo frenado del mismo. El resultado de estos efectos es el logro distancias de frenado más cortas y mayor tracción, mejorando la estabilidad y consiguiendo mejores niveles de respuesta de dirección.

OPERACIONES BÁSICAS DEL VEHÍCULO

Comportamiento del conductor

Para analizar al conductor y sus capacidades, el primer paso que se ha de dar es la adaptación a la respuesta del vehículo. Así se analiza el comportamiento del conductor en su conjunto. El comportamiento del conductor se divide en dos partes: la que depende del gobierno del vehículo y la respuesta a inestabilidad del vehículo.

El rasgo esencial del "gobierno de vehículo" es la aptitud del conductor para anticiparse a las distintas situaciones que se puedan dar. Los factores que intervienen son: el control de la dirección requerido para mantener el trazado óptimo en curva, los puntos en que el frenado debe iniciarse para detenerse en el rango de distancias determinado, y el tiempo en que debería comenzar la aceleración para adelantar sin riesgo a otros vehículos.

El ángulo de la dirección, el frenado, la aplicación del acelerador, etc., son elementos vitales en la conducción y la precisión con que se desempeñan estas funciones dependen de la experiencia del conductor. Durante la estabilización del vehículo (respuesta a la inestabilidad del vehículo), el conductor determina que la trayectoria se desvía del camino deseado (la trayectoria fijada por la carretera) y que las entradas de control estimadas anteriormente (ángulo de la dirección, la acción sobre el pedal del acelerador) deben ser revisadas para evitar la pérdida de tracción o prevenir que el vehículo se salga de la carretera. Para cualquier maniobra, la cantidad de estabilización (corrección) necesaria para estimar las entradas iniciales de control es inversamente proporcional a la habilidad del conductor; cuanto más habilidad tenga el conductor se conseguirán mejores condiciones de estabilidad para el vehículo. Cuanto mayor sea la correspondencia entre la entrada inicial de control (ángulo de la dirección) y la trayectoria de la curva que se sigue, menores requerimientos de corrección se producirán; ante estas mínimas correcciones el vehículo reacciona con una respuesta lineal (la entrada del conductor es transferida proporcionalmente a la superficie de la carretera sin desviaciones substanciales).

Cuando surge algún imprevisto (como una curva cerrada sin visibilidad, etc.) para el conductor, éste reacciona de manera incorrecta y el auto patina o derrapa. Bajo estas circunstancias, el vehículo no responde de manera lineal y rebasa los límites físicos de la estabilidad, no pudiendo anticiparse el conductor a la trayectoria que tomará finalmente. En tales casos, sea el conductor experto o inexperto, es imposible mantener el control del vehículo.

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA DINÁMICA DEL VEHÍCULO

Sobre el vehículo en movimiento actúan innumerables fuerzas de diverso género, a pesar de estar en un estado normal de movimiento:

Un grupo de fuerzas actúa a lo largo del eje longitudinal; este grupo incluye la fuerza propulsora, la aerodinámica y resistencia de tracción. Otro conjunto de fuerzas se ejerce lateralmente; esta categoría incluye el viento lateral y el generado por fuerzas centrífugas que se producen en curva.

Esas fuerzas se transfieren a los neumáticos (y, por último, al asfalto) desde arriba o lateralmente. Los elementos de transferencia son el chasis (derivado de la fuerza de viento), la dirección (fuerza sobre la dirección), el motor, la transmisión (fuerza propulsora) y el sistema de frenado (fuerza de frenado)

Otro tipo de fuerzas actúan sobre el vehículo desde abajo, desde la superficie de la carretera y a través de los neumáticos.

Si el vehículo se va a desplazar, entonces la fuerza propulsora generada por el motor debe superar toda la resistencia (las fuerzas longitudinales y laterales) contando la pendiente del camino y la inclinación transversal.

Un requisito básico para cualquier valoración de la respuesta dinámica del vehículo y de su estabilidad es la relación de las fuerzas de trabajo entre la superficie de la carretera y los neumáticos

Como los conductores van adquiriendo experiencia reaccionan cada vez mejor ante estas fuerzas, y aprenden a notar los efectos de la aceleración y controlan mejor el frenado/deceleración ante vientos laterales y sobre terrenos resbaladizos. Cuando estas fuerzas alcanzan sus valores límite, que repercuten en mayores desplazamientos en el vehículo en movimiento, pueden llegar a ser peligrosos (derrapes), y generan fenómenos tales como el chirrío de los neumáticos (por ejemplo, si se produce una aceleración exagerada desde la arrancada), que produce un enorme desgaste sobre los materiales.

EL SISTEMA EN SU CONJUNTO: “CONDUCTOR-VEHÍCULO-ENTORNO”

El criterio básico que caracteriza los patrones de comportamiento se definen con referencia a la sinergia producida entre el conductor, el vehículo y el entorno.

El primer eslabón de esta cadena es el conductor, quien evalúa los parámetros de comportamiento del vehículo como suma de numerosas impresiones subjetivas.

En contraste, la valoración del manejo y frenado del vehículo depende de la recopilación de datos durante las maniobras especificadas por las entradas de control del conductor (operación en lazo abierto). Mientras el elemento “conductor” no puede estar exactamente definido, este proceso proporciona una corrección a la entrada dada. Posteriormente, los resultados de la reacción del vehículo son analizados. Las maniobras siguientes son definidas en los estándares ISO o pasan por un proceso de estandarización. Estos ejercicios sobre superficie seca sirven como procedimientos reconocidos para valorar la estabilidad del vehículo:

?? Regulación de la estabilidad en plataforma deslizante

?? Respuesta transitoria

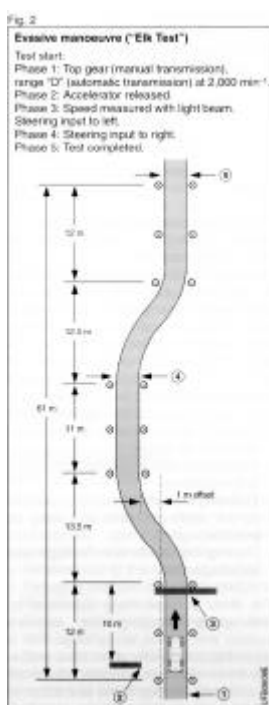
?? Frenado en curva

?? Sensibilidad a vientos laterales

?? Propiedades en recta (estabilidad de la tracción)

?? Transitorios de potencia de encendido/apagado sobre plataforma deslizante.

Debido a la naturaleza subjetiva del comportamiento humano, aún no viene definido el comportamiento dinámico en lazo cerrado (operación en lazo cerrado, incluyendo al conductor). A pesar de esto, los test de conducción se componen de varios test que informan acerca de la estabilidad y manejo del vehículo (ejemplo: marcha en curvas) puesto a prueba por conductores experimentados.



La "prueba del alce", por ejemplo, simula unas condiciones extremas estudiando la acción de esquivar un obstáculo imprevisto (Ver Fig. 2).

Parámetros

Los principales parámetros aplicados en la valoración del comportamiento dinámico son:

- ?? Ángulo de direccionamiento de las ruedas
- ?? Aceleración lateral
- ?? Aceleración/deceleración lineal
- ?? Ratio del ángulo de giro vertical (yaw)
- ?? Ángulo de carrocería y de balanceo

Los datos adicionales permiten una mayor precisión de parámetros de maniobra específicos como base para evaluar otros resultados:

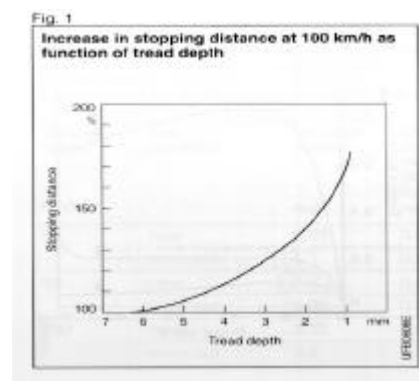
- ?? Velocidad transversal y longitudinal
- ?? Ángulos de dirección de las ruedas delanteras y traseras
- ?? Ángulos de deslizamiento de todas las ruedas
- ?? Par torsor aplicado en las ruedas de la dirección

NEUMÁTICO

Funciones

El neumático es el elemento de contacto entre el vehículo y la superficie de la carretera. Uno de los elementos de seguridad del vehículo más importantes se define por el área de contacto entre el neumático y el suelo. El neumático transfiere la propulsión, el frenado y las fuerzas laterales dentro de la situación operativa en el que son definidos los límites de carga dinámica.

Como la escasa profundidad de dibujo perjudica la tracción, este factor es esencial para la seguridad de los coches que circulan a gran velocidad sobre suelo mojado. La distancia de parada en el frenado aumenta de forma desproporcionada con la disminución de la profundidad del dibujo.



Fuerzas en el neumático

La fuerza vertical del neumático F_N es la fuerza ejercida hacia abajo en la zona de contacto entre el neumático y la superficie de la carretera. La fuerza vertical del neumático deforma la zona de contacto del neumático con el suelo.

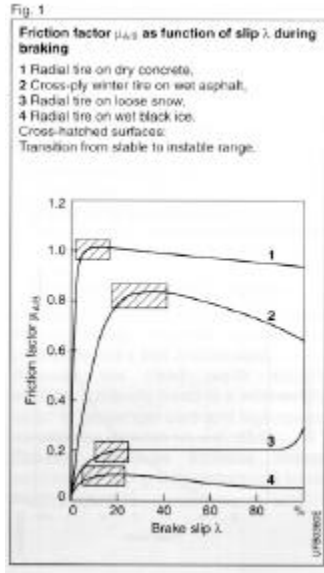
Cuando una rueda circula a lo largo de la carretera u otra superficie (ignorando la resistencia al giro de la rueda, por el momento) la rotación de las ruedas es directamente proporcional a la velocidad del eje de dicha rueda.

DESLIZAMIENTO DEL NEUMÁTICO

El deslizamiento se produce por la distancia teórica y la distancia real cubierta por los neumáticos.

Los siguientes ejemplos servirán para subrayar lo principal:

El perímetro del neumático de un coche es aproximadamente de 1,5 metros, entonces sería lógico esperar que diez rotaciones de la rueda se tradujesen en 15 metros de avance del vehículo. En realidad, la distancia recorrida por el neumático será más corta debido al deslizamiento del neumático. Este deslizamiento se produce por una flexibilidad inherente al neumático.



Las curvas de “deslizamiento de freno / coeficiente de fricción” (figura 1) responden a relaciones de deslizamiento con una ascensión radical seguida por un agudo descenso. Este descenso se da dentro del rango inestable donde se exceden sus valores límites. Como regla general, cualquier incremento en el deslizamiento generado dentro de este rango conducirá a reducciones de adhesión efectiva. Durante la aceleración, el incremento de par torsor sobrante causa un incremento en la velocidad de rotación en una o ambas ruedas tractoras; el resultado es el derrape.

Factor de fricción μ_{AB} (fricción lineal) , deslizamiento y fuerza vertical del neumático

La aplicación del freno provoca un par torsor en la rueda que genera la fuerza de frenado F_B entre el neumático y el suelo. Bajo condiciones estables de funcionamiento (sin aceleración de rueda) esta fuerza de frenado es proporcional al par torsor. La relación entre la fuerza vertical del neumático y la fuerza de frenado que se puede transmitir al camino está definida por μ_{HF} .

El coeficiente de fricción estática refleja las propiedades del material del neumático y la superficie de la carretera en diferentes condiciones.

La fricción generada por un neumático está determinada principalmente por su deslizamiento longitudinal (giro de la rueda). La relación entre la fuerza de frenado y la fuerza vertical del neumático es aproximadamente lineal si hay deslizamiento constante.

Otro factor que define la fricción es el ángulo de deslizamiento de la rueda (deslizamiento lateral).

Fuerzas laterales

El deslizamiento lateral produce fuerte inestabilidad en el vehículo.

La relación de la velocidad lateral y la velocidad longitudinal se conoce como deslizamiento lateral. El ángulo que separa la resultante de la velocidad de la rueda y la velocidad longitudinal es el ángulo de deslizamiento α .

La relación de la fuerza lateral F_S transferida a través del eje y la fuerza vertical del neumático F_N es el coeficiente de fricción lateral μ_s .

La relación entre el ángulo de deslizamiento α y el coeficiente de la fuerza lateral μ_s es no lineal y está definido por la curva de “deslizamiento / ángulo”. El coeficiente μ_s contrasta con el coeficiente estático de fricción μ_{HF} exhibiendo una sensibilidad substancial a la fuerza F_N durante la aceleración y la frenada.

Resistencia tractiva total

La resistencia tractiva total es suma de las resistencias de rodadura, aerodinámica y la resistencia de subida.

La fuerza tractiva disponible en las fuerzas tractoras incrementa muchos factores como el par torsor y la conversión del par entre el motor y las ruedas. Para superar la resistencia tractiva total se necesita una parte de la fuerza tractiva. El "excedente" de fuerza tractiva es lo que acelera el vehículo. Si la resistencia tractiva es menor que la fuerza tractiva el vehículo acelera; si es mayor, decelera.

Resistencia de rodadura en la conducción en línea recta y en curva

La resistencia de rodadura origina los procesos de deformación entre la rueda y el suelo. La resistencia de rodadura es inversamente proporcional al radio de la rueda y al ángulo de deformación de la rueda (afectada por factores como la presión de inflado). La resistencia de rodadura aumenta con el incremento del peso y de la velocidad. Otro factor es el material del pavimento: el coeficiente de rodadura del asfalto es aproximadamente el 25% del de una superficie mugrienta.

En la curva, la resistencia de rodadura se une a la resistencia de la curva, cuyo coeficiente o magnitud viene definido por factores como la velocidad del vehículo, el radio de curvatura, la geometría de la suspensión, el diseño de la rueda, la presión de éstas y la respuesta del vehículo en curva (aceleración lateral a varios ángulos de deslizamiento).

Resistencia aerodinámica y de subida

La resistencia aerodinámica está determinada por varios factores individuales. Esto incluye la presión atmosférica, el coeficiente aerodinámico del obstáculo del vehículo (determinado por su forma), la sección máxima del vehículo y la velocidad del vehículo teniendo en cuenta la velocidad frontal del viento.

La resistencia de subida (signo positivo) y la fuerza de descenso (signo negativo) son calculados a partir del peso del vehículo y el ángulo de subida o de bajada.

Dinámica longitudinal del vehículo

La distancia de parada en la seguridad vial es de vital importancia. Por ello es más importante estudiar la distancia recorrida durante el frenado que durante la aceleración.

La aceleración y deceleración máxima se obtienen con las fuerzas de tracción y de frenado actuantes en las ruedas de manera que se mantengan justo en el punto de adhesión máxima.

En realidad la adhesión es más baja porque todas las ruedas no pueden explotar al máximo la adhesión bajo todas las condiciones de aceleración o deceleración: los sistemas de tracción, frenado y estabilidad electrónicos (TCS, ABS y ESP) mantienen la fuerza de transferencia en el rango de adhesión máxima mediante sistemas de control en lazo cerrado.

Dinámica lateral del vehículo

Respuesta del vehículo a viento lateral y a las fuerzas centrífugas en curva

Los intensos vientos laterales cambian a los vehículos de su dirección inicial en un proceso que es especialmente pronunciado cuando la velocidad del vehículo es alta y cuando sus dimensiones son desfavorables.

Los modelos aplicables para el estudio del efecto del viento lateral (relacionados con la posición relativa entre la suspensión y el cuerpo del vehículo) utilizan el punto de estudio O, que ocupa el punto medio de la parte frontal del vehículo.

Fig. 5

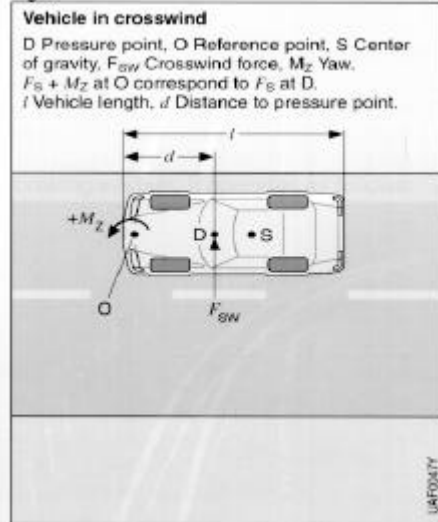
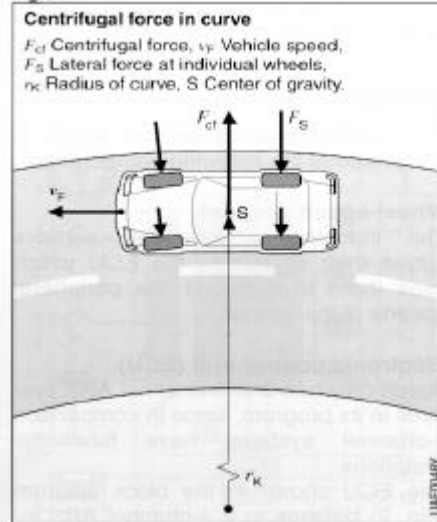


Fig. 6



Cuando la fuerza debida al viento lateral se representa basándonos en el punto de referencia O, la fuerza del viento se sustituye por una fuerza y un momento resultantes en dicho punto O. La fuerza lateral que se da en las ruedas (fuerzas de curva) actúan como una fuerza contraria al viento lateral. La fuerza lateral que se da en la rueda depende del ángulo de deslizamiento, el factor de carga, dimensiones del neumático, presión de inflado y de las características de fricción de la carretera.

El punto de aplicación de la fuerza centrífuga es el centro de gravedad S, figura 6. Sus efectos dependen de diferentes factores como el radio de curvatura, la velocidad del vehículo, la altura del centro de gravedad del vehículo, la masa del vehículo, la distancia entre ruedas de un mismo eje, el par de fricción entre neumático y suelo (clima, pavimento, neumático), y la distribución del peso en el vehículo

Las ruedas no comienzan a deslizarse a la vez. El ESP aprovecha este hecho y reacciona al desequilibrio del vehículo y a la rotación incipiente del vehículo respecto del eje vertical graduando el freno activo para devolver la estabilidad al vehículo.

SISTEMAS DE SEGURIDAD EN LA CONDUCCIÓN PARA LOS FRENOS Y LA TRACCIÓN

SISTEMA DE FRENO ANTIBLOQUEO: ABS

Función

En frenadas de emergencia, el ABS impide el bloqueo de las ruedas permitiendo mantener la dirección porque el riesgo de patinar se reduce considerablemente. La maniobrabilidad de la dirección en un frenazo de emergencia puede permitir sortear un obstáculo contra el que, de otro modo chocaríamos por el descontrol del coche.

Diseño

El sistema ABS está comprendido de los siguientes componentes: sensores de velocidad de rueda, la unidad de control electrónico (ECU), el regulador hidráulico y el freno de las ruedas.

Unidad de control electrónico: ECU

El ECU recibe, filtra y amplifica las señales de los sensores de velocidad de las ruedas y con esas señales calcula el deslizamiento y la aceleración-deceleración de cada rueda.

Por razones de seguridad comprende de 2 microcontroladores que son completamente independientes uno de otro. Cada microcontrolador procesa la información de un par de ruedas y ejecuta los procesos lógicos. El complejo procesador lógico convierte las señales de control en comandos de control para las válvulas solenoide del regulador hidráulico.

El regulador hidráulico y el freno de las ruedas

El regulador hidráulico transpone las señales de control del ECU mediante las válvulas solenoide y controlan la presión del freno para frenada óptima, aunque si se da un frenazo de emergencia la presión seleccionada sea muy diferente a la realizada por el conductor. El regulador hidráulico está localizado entre el ECU y los cilindros de frenado de las ruedas.

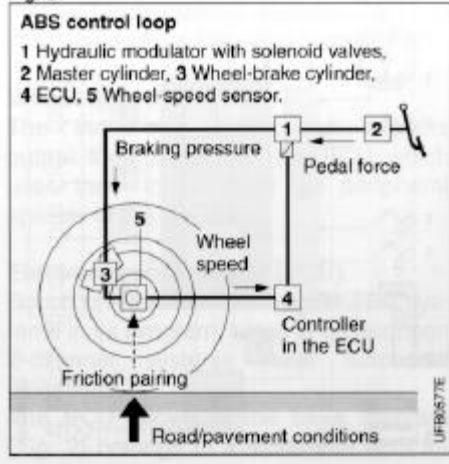
En los frenos de las ruedas, la presión de frenado transferida desde el regulador hidráulico sirve para forzar los pistones de freno contra los tambores o contra los discos de freno.

Modo de operación

Independientemente del estado actual de conducción del vehículo, con la ignición encendida, los sensores de velocidad en ambas ruedas y en el eje trasero (o en las cuatro ruedas) genera las señales que pasan al ECU para calcular la velocidad periférica de las ruedas. Si el ECU detecta un bloqueo incipiente por las señales recibidas, éste manipula la circulación de la bomba dentro del regulador hidráulico y la válvula solenoide de cada rueda reacciona. Cada uno de los frenos de las ruedas frontales lleva un par de válvulas solenoide: estos influyen en el frenado de tal

manera que, independientemente de los frenos restantes, hallan la mejor contribución posible al proceso de frenado (control individual).

Fig. 3



En el eje trasero, la rueda con menor coeficiente de deslizamiento entre neumático y suelo determina la presión conjunta en cada uno de los frenos de las ruedas traseras. Esto dirige a la rueda con el mayor coeficiente de deslizamiento dentro del límite del no bloqueo durante el ABS. Aunque esto produzca un aumento leve de la distancia de parada, esto es compensado en gran manera por el incremento de la estabilidad del vehículo. Dependiendo de la superficie del suelo, en cada segundo pueden darse de 4 a 10 ciclos. El ABS logra una reacción tan alta debido a la señal electrónica y al corto tiempo de respuesta.

El control de lazo del ABS comprende

- ?? Sistema controlado: el vehículo con el freno de rueda, el neumático y el coeficiente entre neumático y suelo.
- ?? Las irregularidades: condiciones de la carretera, del freno, peso del vehículo, maniobras de conducción y los neumáticos (p.e. presión insuficiente).
- ?? El controlador: los sensores de velocidad de las ruedas ABS-ECU.
- ?? Las variables controladas: aceleración o deceleración periférica y deslizamiento de frenado todas las cuales han sido derivadas de las velocidades de las ruedas.
- ?? Las variables de referencia: la presión de frenado (la que hace el conductor).
- ?? La variable manipulada: la presión de frenado.
- ?? El proceso de las variables controladas individualmente depende, entre otras cosas en si las ruedas están acopladas al motor o no y en el estado de la superficie de la carretera (alta adherencia o deslizamiento).

SISTEMAS CONTROL DE TRACCIÓN: TCS

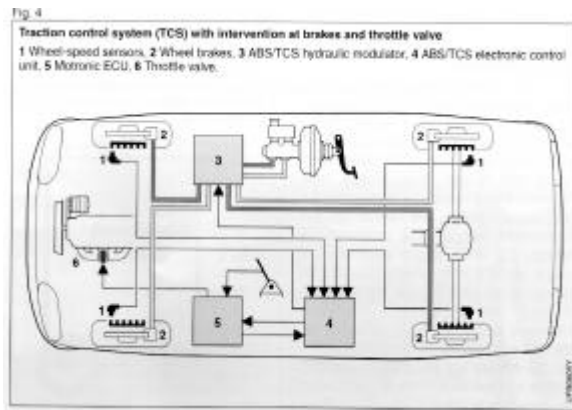
Función

Su aplicación particular se da en los suelos resbaladizos en pendiente o en curva. Estas situaciones pueden ser controladas por el sistema de control de tracción: TCS. Este sistema frena la rueda tractora que muestra tendencia a la rodadura (o en vehículos con tracción a las cuatro ruedas las que tiendan a rodar), y/o adapta la torsión del motor al par torsor de tracción que puede transferirse al suelo, de tal modo que el vehículo mantiene la estabilidad. El TCS es una extensión del sistema de frenos antibloqueo.

Diseño

Aunque el TCS usa los mismos componentes que el ABS, algunos de ellos cumplen una función añadida (figura 4). Están: Sensores de velocidad de las ruedas, el ECU, el regulador hidráulico y los frenos de rueda.

El ECU



El procesador recibe las mismas señales que el sistema ABS, pero controla el par motor, además del regulador hidráulico. Regula la válvula de admisión (en motores de gasolina) y la bomba de inyección (en motores diesel).

El regulador hidráulico

Se ha añadido una etapa TCS al regulador hidráulico ABS. Este trata las órdenes desde el ECU e, independientemente del conductor, controla la presión hidráulica individualmente en los frenos de las ruedas por medio de las válvulas solenoide. Durante un único proceso TCS, una válvula piloto suplementaria cambia del modo convencional de frenado al modo TCS. Con este sistema puede aplicarse la presión de frenado en los cilindros de las ruedas tractoras sin ninguna acción por parte del conductor.

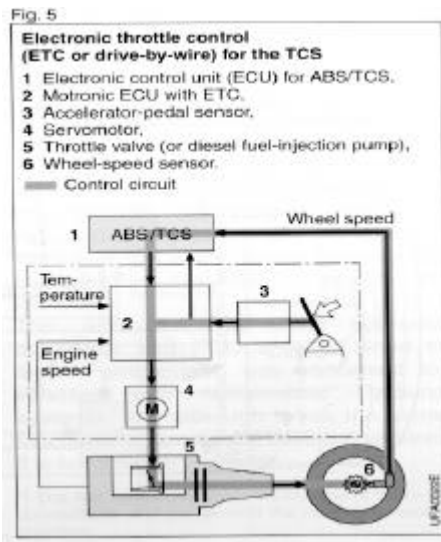
Modo de operación

Cuando las ruedas tractoras muestran tendencia a patinar, el TCS controla la fuerza propulsora del vehículo como una función del deslizamiento de la rueda y la aceleración o deceleración. Funciona como sigue:

Cuando se conduce el vehículo, los cuatro sensores de las ruedas generan señales que pasan al ECU. Cuando el conductor presiona el pedal de aceleración, el par torsor del motor incrementa el par torsor de tracción. Si el par torsor de tracción excede al par torsor que físicamente es posible transferir al suelo, la velocidad de por lo menos una de las ruedas se incrementa y muestra una tendencia al deslizamiento. Como resultado, el vehículo puede volverse inestable debido a la pérdida de fuerza lateral en la superficie de contacto. Aquí es donde interviene el TCS controlando la torsión de tracción de las ruedas tractoras de tal manera que no tiendan a deslizarse y el vehículo se vuelva estable.

Para que el TCS pueda intervenir independientemente de cómo haya apretado el acelerador el conductor debe ser colocado un control electrónico de válvula de admisión entre el pedal del acelerador y la válvula de admisión del motor (o de la bomba de inyección diesel).

El sensor del acelerador convierte la posición del pedal en una señal eléctrica. Los parámetros programados y las señales de los otros sensores se procesan y envían la señal procesada a un control de voltaje de un servomotor eléctrico que actúa en la válvula de admisión del motor, o palanca de la bomba inyectora diesel. Figura 5.



Tan pronto como el ECU detecta una seria desviación de la señal deseada en la velocidad de las ruedas, la rueda que muestra una tendencia al deslizamiento es frenada automáticamente sin ninguna acción por parte del conductor. Mediante la etapa de control de tracción, el ECU interviene activando el actuador de la válvula de admisión para reducir el exceso de par torsor de tracción. El TCS controla el deslizamiento de las ruedas tractoras con el nivel óptimo. La acción de frenado de las ruedas con tendencia al deslizamiento es controlada por la regulación de la presión del freno (incremento de presión, presión constante, reducción de presión) a los cilindros de freno de las ruedas.

Cuando se da un cambio descendente o el acelerador se libera repentinamente en una superficie resbaladiza, el efecto del freno motor puede causar un deslizamiento de frenado excesivo. En tales casos se aumenta brevemente la velocidad del motor y con ello su par torsor para que el efecto del freno sobre las ruedas sea reducido a un nivel que asegure la estabilidad.

El módulo TCS calcula los pares motor y de frenado necesarios para las ruedas motrices, así como la reducción necesaria en el par motor que debe realizar la ECU de control de gestión del motor. Esta reducción la consigue a base de cambiar el momento de ignición. Otra opción posible es la de especificar el número de cilindros en los cuales se suprima durante un periodo de tiempo la inyección de combustible(corte de inyección)

El tiempo de respuesta de la variación de velocidad del eje motor está influenciado por la inercia de todo el conjunto(motor, transmisión, ruedas tractoras y el propio eje). Esto implica que dicho tiempo de respuesta sea elevado. Sin embargo en el caso del diferencial de la velocidad de las ruedas, la respuesta es más rápida ya que sólo depende de la propia inercia de las ruedas. Otro factor relevante es que el diferencial de velocidad de las ruedas(al contrario de la velocidad de giro del eje no está afectado por el motor).

Los pares establecidos para el eje del motor y el diferencial de velocidad de las ruedas son tomados como la base para diseñar las fuerzas de posición de los actuadores. El sistema consigue la diferencia necesaria en el par de frenado entre cada una de las ruedas motrices, transmitiendo las señales de control adecuadas a las válvulas del regulador hidráulico.

El par motor es regulado al nivel necesario utilizando tanto una frenada simétrica como la intervención del motor. Los ajustes acometidos a través de la válvula de admisión tienen un efecto relativamente lento. Para intervenir rápidamente en el motor se retrasa el tiempo de ignición y se realizan sucesivos cortes de la inyección. El frenado asimétrico también puede ser utilizado para realizar pequeñas reducciones del par motor.

PROCESO DE DATOS:

El ESP utiliza los componentes del ABS y del TCS. Lleva sensores para determinar los parámetros de entrada, un ECU (Unidad de Control Electrónico) más un controlador y actuadores para modular la frenada y la fuerza tractora. También puede intercambiar datos con otros sistemas.

Proceso de la señal en la ECU:

Las señales de entrada son procesadas por microprocesadores en la ECU. Están basadas en distintos tipos de memorias:

Memoria EEPROM (Memoria permanente de lectura-escritura). Para almacenar los datos específicos del vehículo: calibración e información sobre la producción.

La ECU presenta un código para cada modelo de automóvil, sin embargo, en la memoria EPROM se almacenan los datos de todas las versiones del mismo modelo (esto permite la fabricación de un solo tipo de ECU).

RAM (Memoria de escritura-lectura volátil): se necesita para almacenar variables y resultados de la autodiagnos (posibles errores o fallos del ESP). Si se desconecta la batería se pierden estos datos por lo que el ECU tendría que recalcularlos; este problema se evita almacenando los datos de adaptación en la EEPROM.

Señales de salida:

Los microprocesadores transmiten señales de salida a circuitos con potencia suficiente para disparar actuadores. Estos circuitos están protegidos contra cortocircuitos y sobretensiones. También se puede mandar información a otros sistemas.

TRANSFERENCIA DE DATOS A OTROS SISTEMAS:

El hecho de que los sistemas estén comunicados entre sí les permite compartir los mismos sensores reduciendo el número total de éstos en el automóvil. Existen dos tipos de interfaces para el automóvil:

Convencionales.

Interface serie: CAN (Area de Control de la Red)

Transmisión convencional de datos:

Se transmite por una línea distinta cada tipo de señal. Sin embargo existen sistemas basados en pulsos que permiten transmitir infinidad de variables por la misma línea. El gran tráfico de datos que hay entre los controles electrónicos de abordo implica que no sirva la transmisión convencional ya que uno de los mayores problemas en el montaje actual del automóvil es la complejidad del cableado.

Transmisión de datos en serie:

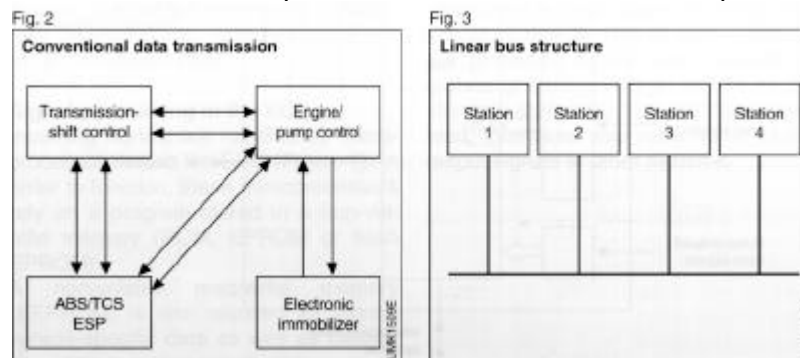
El problema se soluciona con un sistema bus como el CAN (específico para automóviles). Este se usa para varias funciones dentro de la electrónica del automóvil pero nos centraremos únicamente en lo referente a la comunicación entre ECUs.

Red de ECUs:

Mediante esta estrategia todos los sistemas electrónicos comparten la misma línea tipo bus (ver figuras)

Ventajas de este sistema:

La principal ventaja consiste en que el fallo de alguna de las unidades no afecta al resto, lo que sí ocurriría en una estrategia de tipo lazo o estrella (en este caso el fallo de la ECU central impediría todas las comunicaciones).



Dirección basada en los contenidos:

Cuando se manda un mensaje tradicionalmente se incluye en él la dirección del destinatario, sin embargo BOSCH utiliza un sistema distinto: cada mensaje tiene un código por el que se le reconoce y cada estación lo compara con una lista de códigos que incluye los mensajes que puedan ser útiles para ella. La gran ventaja de este sistema es que se puede mandar un mensaje a varias estaciones a la vez, lo cual es muy importante para coordinar las tareas del TCS y el ABS.

Asignación de prioridades:

El identificador de cada mensaje también indica su grado de prioridad. Los mensajes sujetos a una variación muy rápida tendrán prioridad sobre el resto. Si varias estaciones mandan a la vez mensajes de máxima prioridad el bus es capaz de decidir cual debe ocupar la red sin perder ningún tiempo. La estación que ha perdido la prioridad pasa a situación de receptor a la espera de que la red quede libre. Cuando esto ocurre vuelve a mandar su mensaje.

Autodiagnos:

Se toma como medida la devolución de cada mensaje a la estación que lo ha mandado. Esta comprueba que el mensaje coincide con el que ella mandó y si no es así manda por la red una bandera de interrupción. Esto advierte a las demás estaciones que la red no está funcionando correctamente.

Esta medida conlleva un problema añadido: si una estación se estropea y empieza a emitir banderas de error ininterrumpidamente puede bloquear la red. Para evitar esto el CAN cuenta con un mecanismo diseñado para distinguir una interrupción ocasional o permanente. De esta manera sabe si el error es debido a un fallo de la transmisión o de la propia estación.

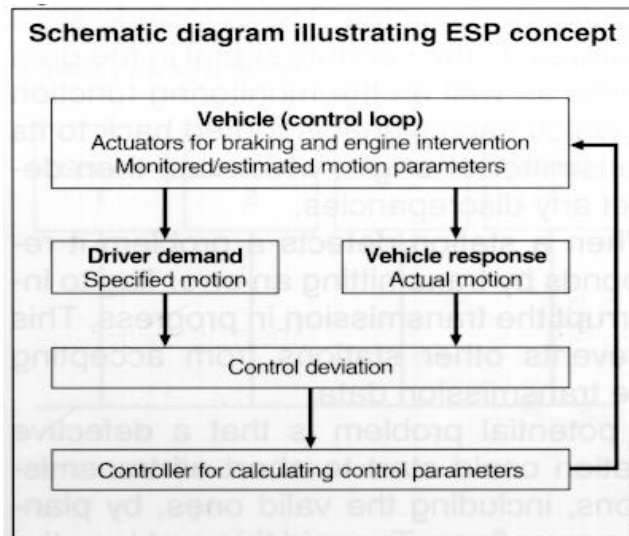
SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO Y VARIABLES CONTROLADAS:

Concepto de ESP:

El sistema intenta en situaciones límite que no se excedan los límites últimos de control. Actúa sobre las siguientes variables:

?? Velocidad longitudinal.

- ?? Velocidad lateral.
- ?? Angulo respecto al eje vertical (Yaw).



El ESP pretende que la intención del conductor se traduzca en un comportamiento dinámico del automóvil adaptado a las características de la carretera.

Como se ve en la figura 1, el primer paso es determinar como el vehículo debería responder a la demanda del conductor en condiciones límite (respuesta ideal) y también como responde realmente. Los actuadores se aplican entonces para minimizar la diferencia entre la respuesta real y la ideal.

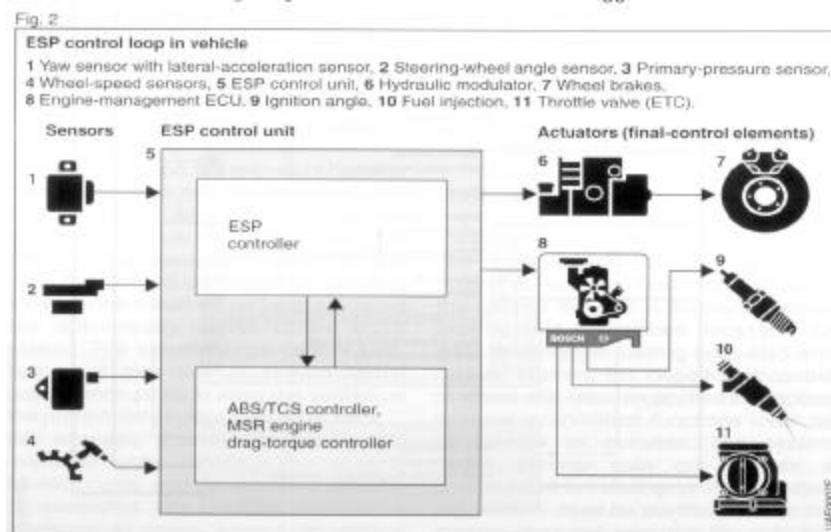
Estructura del sistema de control:

El ESP engloba las capacidades del TCS y el ABS, permitiendo una frenada activa en las cuatro ruedas con un alto nivel de sensibilidad dinámica. Controla el frenado, la fuerza propulsora y la fuerza lateral en un intento de que la respuesta del coche converja a un comportamiento ideal bajo las circunstancias dadas (velocidad, estado de la carretera,...).

El sistema de gestión del motor puede variar la salida del par motor para ajustar la relación de deslizamiento de las ruedas motrices. El ESP permite ajustar en cada rueda por separado la fuerza longitudinal y lateral que actúa sobre ella.

La figura muestra un diagrama esquemático del control ESP:

- ?? Los sensores que determinan los parámetros de entrada del controlador.
- ?? La unidad de control del ESP (ECU) al cual están subordinados los otros sistemas de control de deslizamiento (ABS, TCS y MSR).
- ?? Los actuadores que se usan para el control final de la frenada, la tracción y las fuerzas laterales.



Jerarquía de los controladores:

El ESP tiene prioridad total, lo cual implica que define la relación de deslizamiento de los neumáticos ideales para el ABS y el TCS. También determina el ángulo de deslizamiento (ángulo de deslizamiento: la diferencia entre la dirección real del movimiento y el eje longitudinal del automóvil).

El ESP se encarga de registrar los deseos del conductor para calcular la respuesta ideal a través de las siguientes señales:

- ?? A través de los datos que proporciona el sistema de gestión del motor (por ejemplo, la presión en el pedal del acelerador).
- ?? Los sensores primarios de presión (por ejemplo, la activación de los frenos).
- ?? Sensor de la dirección.
- ?? El coeficiente de fricción y la velocidad del vehículo se incluyen como parámetros complementarios tras un proceso de cálculo. El monitor del ESP estima estos factores a través de los sensores que miden:
- ?? La velocidad de giro de las ruedas.
- ?? Aceleración lateral.
- ?? Presión de los frenos.
- ?? El ángulo Yaw.

Nivel 1: Controlador ESP

Objetivo:

El ESP se encarga de:

- ?? Calcular el estado del vehículo a través de la señal del rango del yaw y el ángulo de deslizamiento estimado por el monitor.
- ?? Acercar lo más posible la respuesta del vehículo en condiciones límites a la respuesta en las condiciones habituales de conducción.

Como directamente no se puede variar la fuerza lateral, tampoco se puede variar la velocidad lateral y el ángulo de deslizamiento. Sin embargo, la fuerza lateral es ocasionada por el momento "yaw" (que sí se puede generar) y esto conduce a la variación del ángulo float (desviación direccional respecto al eje longitudinal del vehículo) y del ángulo deslizamiento, llevándolos al óptimo. El ESP también puede intervenir en la relación de deslizamiento de los neumáticos para influir indirectamente en las fuerzas longitudinales y transversales que actúan en cada rueda, lo cual será realizado por los controladores subordinados ABS y TCS. Para generar el ángulo de yaw necesario el ESP transmite las modulaciones necesarias de deslizamiento a las ruedas seleccionadas. El ABS y el TCS disparan los actuadores que controlan el sistema hidráulico de frenos y el sistema de gestión del motor utilizando los datos generados por el ESP.

Diseño:

La monitorización del ESP determina:

- ?? La fuerza lateral en la rueda.
- ?? Ángulo de derrapaje.
- ?? El ángulo float.
- ?? La velocidad lateral del vehículo.
- ?? El ángulo float y el rango del yaw son determinados a través de los siguientes parámetros (es importante saber que no todos son decididos por el conductor):
- ?? Ángulo de la dirección.
- ?? Velocidad lineal estimada del vehículo.

- ?? El coeficiente de fricción, que se calcula a partir de los datos longitudinales y la aceleración lateral medida.
- ?? El sensor del acelerador (Par Motor) y el del freno (Presión del circuito hidráulico).

También tiene en cuenta situaciones especiales como carreteras convexas o superficies ?-split(ej. mucha tracción en un lado y deslizante en el otro)

Método de operación

El ESP calcula el momento de yaw necesario para que los parámetros sean los deseados. Se basa en datos sobre la máxima aceleración lateral posible y otros elegidos para reflejar los patrones dinámicos del vehículo. Estos últimos se determinan mediante un test de estado continuo de patinaje. Este test define la relación que hay entre el ángulo de dirección y la velocidad del coche con la relación del yaw, sirviendo estos datos para definir las bases de la trayectoria ideal.

En la realidad el agarre puede ser menor que el necesario para mantener la aceleración lateral dentro de unos límites por lo que el coche puede llegar a volverse inestable. En dichos casos el coeficiente de fricción se ha calculado con un valor demasiado elevado(la situación se ha estimado como demasiado optimista comparado con la realidad). La función que se ocupa del control del ángulo de deslizamiento deberá intervenir para reducir la aceleración lateral y mantener así el vehículo dentro de una trayectoria viable. Por ejemplo si el coche sobrevira en una curva a derechas y el ángulo límite de yaw es superado, el ESP responde frenando la rueda delantera izquierda para crear el definido deslizamiento del freno que cambia el momento de yaw hacia una mayor rotación en el sentido opuesto a las agujas del reloj.

Las funciones de control del ESP mientras actúan ABS y TCS

Mientras el ABS actúa(las ruedas sufren una tendencia a bloquearse) el ESP le informa de los siguientes parámetros como base para conseguir el deseado deslizamiento del ABS:

- ?? Velocidad lateral
- ?? Relación de yaw
- ?? Ángulo de la dirección
- ?? Velocidad de las ruedas.

Mientras el TCS está actuando(las ruedas amenazan con derrapar) el ESP le informa de:

- ?? El cálculo medio de lo que avanza un vehículo y lo que tendría que avanzar por el giro de las ruedas.
- ?? Rango de tolerancia del deslizamiento.
- ?? El valor del momento de bloque de los frenos requerido para suministrar el momento de yaw necesario.

El frenado activo en las ruedas no motrices está directamente gobernado por el ABS. comparado con el ABS el TCS recibe un mayor numero de datos del ESP, por ejemplo, a diferencia con el ABS también recibe los siguientes datos:

La media del valor absoluto del rango de deslizamiento para las dos ruedas motrices

El par de bloqueo necesario para ajustar directamente el momento de yaw.

Funciones complementarias(asistente del freno)

Requerimientos:

El asistente de frenado ayuda al conductor aumentando la presión de frenado más allá de la que el propio conductor ejerce sobre el pedal de freno durante las frenadas de emergencia. El primer paso para disparar el asistente de freno ocurre cuando el sistema registra la demanda de frenado a través de la presión en el pedal de freno. Este dato es transmitido a la ECU. El objetivo principal es asegurarse de que los conductores inexpertos son capaces de responder a situaciones críticas deteniendo sus vehículos en la menor distancia posible.

Funciones del asistente de freno:

Reconocimiento de la frenada de emergencia como paso previo a aumentar la presión de frenado más allá de la petición del conductor. La presión de frenado aumenta en todas las ruedas hasta llegar al umbral del bloque de las mismas, momento en que el ABS interviene.

Reconocimiento del final de la frenada de emergencia con lo que el sistema reducirá el nivel de frenado hasta el solicitado por el conductor.

Diseño de operación de la “válvula de emergencia”:

Las intenciones de frenado del conductor son registrados por un mecanismo instalado en el servofreno vacum booster. La frenada normal se caracteriza por unos niveles estándar del de actuación servofreno. (Ver primera figura)

El mecanismo reacciona a pisadas bruscas en el pedal del freno cambiando desde el nivel estándar hasta un mayor nivel de presión.

Esta nueva curva del servofreno continúa definiendo la presión de frenado mientras el asistente de freno permanezca activo. Con este sistema la presión de frenado siempre es una función de la fuerza ejercida en el pedal. El asistente de freno se desconecta cuando el conductor reduce la presión de freno por debajo de un nivel específico.

Diseño y operación del “smart booster”:

El “smart booster” determina la demanda de freno del conductor por medias del recorrido del pedal y con una válvula de disparo instalada en el servofreno.

Una actuación normal sobre el pedal del freno desemboca en una frenada estándar, pero cambios en el recorrido del pedal que ocurren más rápido que un rango definido dispararán el “smart booster”.

Fig. 5

Emergency Valve Assist

① Normal boost, ② Enhanced boost.

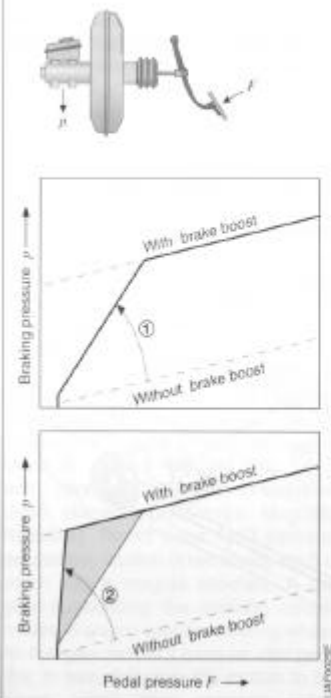
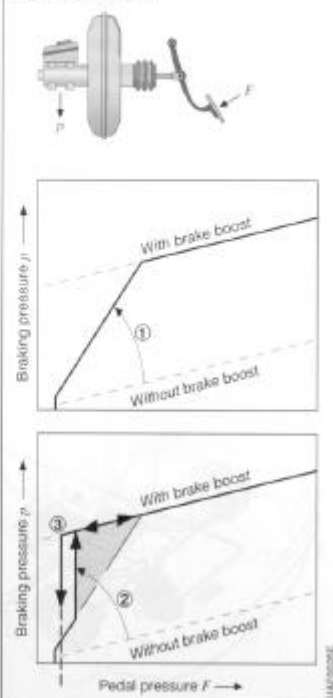


Fig. 6

Smart Booster

① Normal boost, ② Force threshold for release switch to trigger enhanced boost, ③ Brake Assistant switches off.



Una válvula solenoide incorporada en el servofreno se abre en respuesta a la activación del “smart-booster”. Esto produce un rápido aumento en la fuerza de frenado subiendo la presión hasta que se llega al nivel máximo.

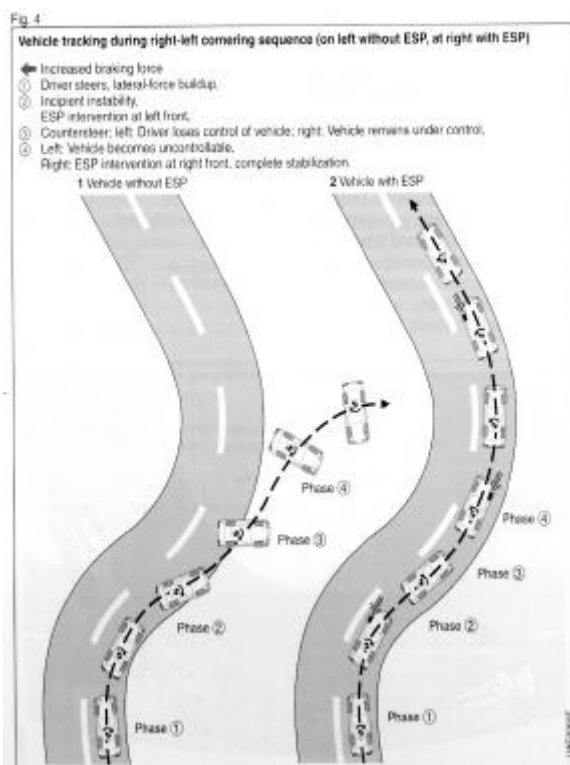
Cuando la presión de frenado llega hasta el umbral de bloqueo en las ruedas, el ABS entra en acción regulando los rangos de deslizamiento de las ruedas para una explotación óptima del nivel de frenado.

La válvula de disparo desactiva el “smart booster” cuando el conductor reduce la presión sobre el pedal de freno por debajo de un nivel específico. A partir de aquí el conductor puede seguir frenando sin ayuda suplementaria. (Ver segunda figura)

PROGRAMA DE CONTROL DE ESTABILIDAD ESP:

El programa electrónico de estabilidad utiliza el sistema de frenado como herramienta para dirigir el vehículo. Cuando la función de control de estabilidad asume su funcionamiento cambian las prioridades que gobiernan el sistema de frenado. La función básica del frenado de ruedas (acelerar o parar el coche) asume una importancia secundaria cuando interviene el ESP para mantener la estabilidad del vehículo. Una intervención específica es dirigida a cada rueda individualmente. Para completar los objetivos de estabilidad el ESP no sólo inicia una intervención en el freno sino que también puede actuar sobre el motor para acelerar las ruedas tractoras.

Este concepto de control depende de dos estrategias individuales, el sistema tiene dos opciones para direccionar el vehículo: puede frenar las ruedas seleccionadas o acelerar las ruedas tractoras. Dentro de los invariables límites impuestos por las leyes de la física, el ESP mantiene el vehículo sobre la carretera y reduce el riesgo de accidente y sobregiro. El sistema aumenta la seguridad en carretera proporcionando al conductor un soporte efectivo.



vehículo falla en el intento de contravolantear perdiéndose el control del mismo.

En el caso de que el vehículo posea ESP, se produce una actuación del freno sobre la rueda delantera izquierda para contrarrestar la amenaza de inestabilidad. La acción reduce el riesgo de girar hacia dentro de la curva. Luego se produce el contravolanteo y el coche tiende a deslizar hacia el otro sentido. Se vuelve a producir una actuación del freno recuperando de nuevo la estabilidad.

Giros rápidos y contravolantazos:

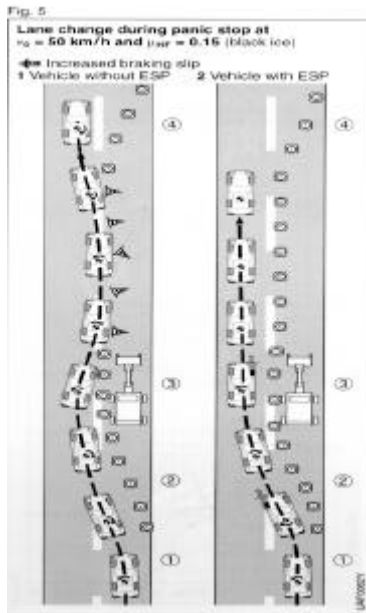
Son situaciones habituales en la conducción diaria. Son reflejo de una serie de maniobras como pueden ser apariciones de obstáculos, carreteras con chicanes a alta velocidad o adelantamientos fallidos.

Chicanes:

en la siguiente figura se puede observar la diferente respuesta entre un vehículo con ESP y sin él ante una chicane.

Si el vehículo no tiene ESP los giros bruscos son una amenaza para la estabilidad. Cuando el giro se produce se generan de repente unas importantes fuerzas laterales sobre las ruedas delanteras. Hay un pequeño retraso hasta que se generan unas fuerzas similares en las ruedas traseras. El vehículo reacciona con un movimiento en el sentido de las agujas del reloj sobre su eje vertical (yaw). El

Cambio de carril con frenazo brusco:



Si el vehículo posee ABS pero no ESP, cuando ocurre una situación como la de la figura el conductor tendrá que contravolantear una serie de veces hasta conseguir la estabilidad.

Si el vehículo está equipado con ESP entonces se reduce la posibilidad de giro alrededor de su eje vertical actuando el freno sobre cada una de las ruedas delanteras según la situación (ver figura) de tal manera que el vehículo se mantiene estable en todo momento. Además la distancia de frenado es menor en el coche con ESP que en el coche que está equipado sólo con ABS.

Largas secuencias de giros y contravolantazos con aumento progresivo del ángulo de entrada en la curva:



La salida del motor tiene que ser incrementada continuamente para mantener constante la velocidad en esta carretera. Esto provocará un deslizamiento creciente en las ruedas tractoras. Una secuencia de maniobras con un ángulo de giro de las ruedas de 40° que pronto puede provocar un incremento de la conducción deslizante hasta niveles en que un vehículo sin ESP llega a la inestabilidad. Mientras la aceleración lateral se mantiene constante los ángulos de deslizamiento y giro del eje vertical se incrementan radicalmente.

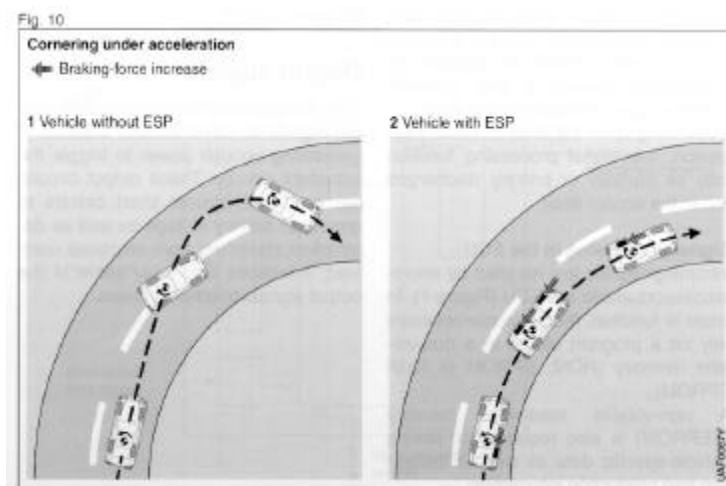
El ESP actúa desde los comienzos de estas maniobras para contener la inestabilidad. El ESP actúa sobre el motor y controla individualmente los frenos de las cuatro ruedas para mantener la estabilidad del vehículo y su respuesta.

Aceleración/deceleración

durante la curva:

Una curva con un ángulo de giro decreciente provoca un aumento de la fuerza centrífuga si mantenemos la velocidad constante.

Un frenazo excesivo en curva es otra causa potencial de fuerzas radiales y tangenciales culpables de provocar la inestabilidad.



También tendremos este efecto cuando aceleremos demasiado pronto en la curva.

Si el vehículo no posee ESP, el ángulo de deslizamiento aumenta rápidamente cuando la demanda de giro crece. Se produce entonces el fallo de las ruedas traseras y el conductor tendrá que contravolantear para salvar la situación.

Si el vehículo posee ESP una intervención activa en el freno y el motor provoca que se reduzca la necesidad de giro del volante cuando aumenta el ángulo de deslizamiento. Esto se traduce en unas desviaciones menores respecto a la trayectoria inicial pudiéndola corregir el conductor fácilmente. El ESP mantendrá las fluctuaciones de deslizamiento y el ángulo vertical dentro de unos rangos suficientemente estables.