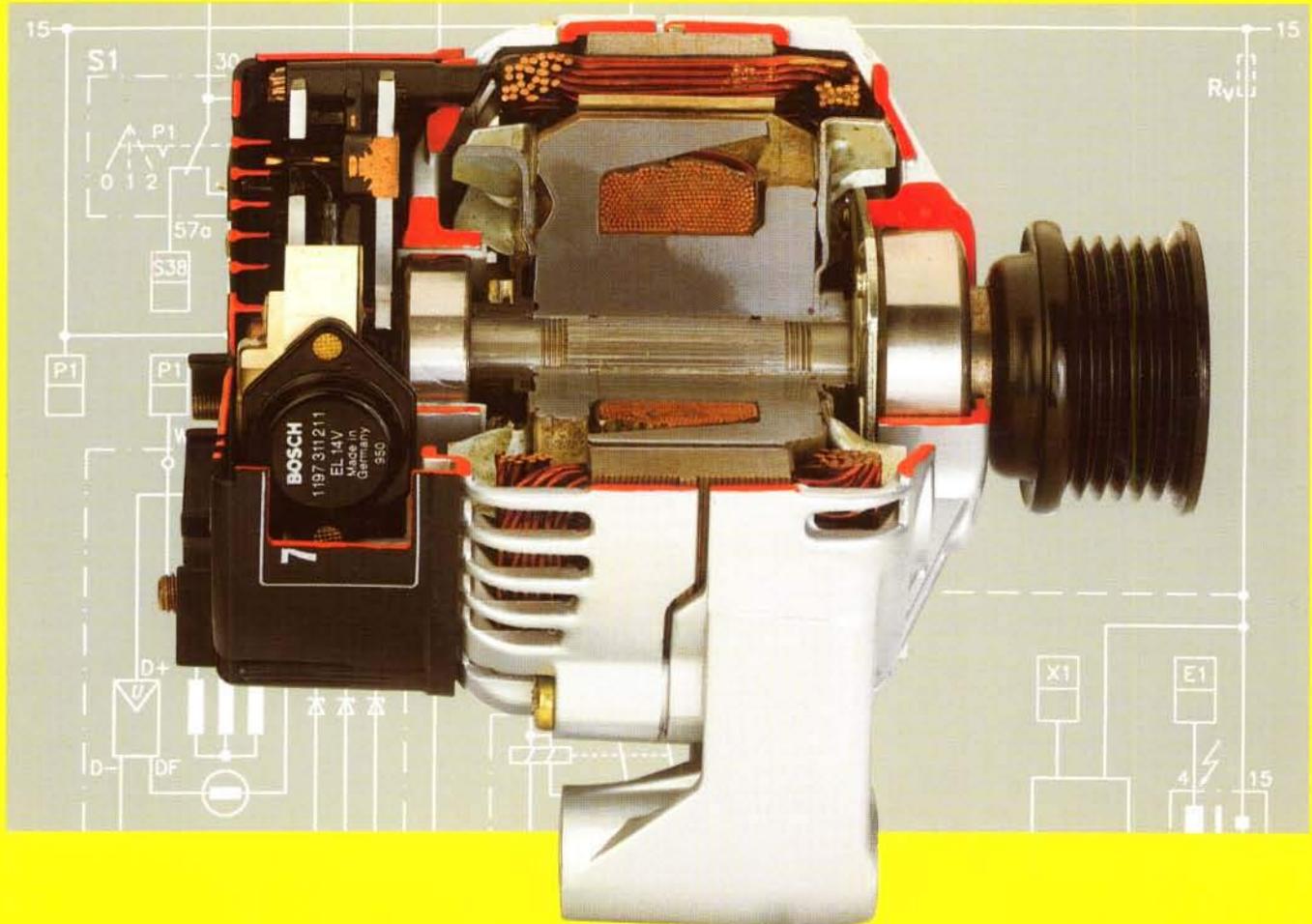


Electricidad y electrónica del automóvil

Alternadores

Edición 2000



Instrucción técnica



BOSCH

Alternadores

Las exigencias planteadas a la alimentación eléctrica en el automóvil han aumentado considerablemente: entre 1970 y 1990, la potencia necesaria del alternador aumentó aproximadamente dos veces y media, y hasta el año 2000 cabe esperar una duplicación adicional de la demanda promedio de potencia. Desde la introducción del alternador trifásico, su tamaño se ha reducido a pesar del aumento de potencia, habiéndose ampliado simultáneamente su gama de velocidades de rotación.

Las grandes variaciones en la velocidad de giro y las grandes oscilaciones de carga de un motor de combustión requieren también un sistema regulador fiable para la tensión del alternador. Los reguladores electrónicos, libres de desgaste, de muy poco peso y reducido tamaño, son capaces de mantener constante la tensión del alternador a cualquier velocidad de giro del motor del vehículo. En este cuaderno se explica cómo están contruidos los diversos tipos de alternador, en qué se diferencian y cómo aseguran con sus componentes la alimentación del sistema eléctrico del vehículo.

Generación de energía eléctrica en el vehículo	2
Principios básicos	7
Principio del alternador, rectificación, circuitos de corriente, regulación de tensión, estructura del alternador	
Versiones de alternadores	18
Criterios, datos, tamaños constructivos, alternadores de polos intercalados, alternadores de polos individuales, alternadores con rotor-guía	
Versiones de reguladores	28
Reguladores de tensión electromagnéticos, reguladores de tensión electrónicos	
Protección contra sobretensiones	32
Causas de las sobretensiones, formas de protección, diodo extintor	
Refrigeración y ruido	36
Refrigeración sin y con aspiración de aire fresco, refrigeración líquida, refrigeración de los diodos, ruido	
Pérdidas de potencia	39
Grado de rendimiento, fuentes de pérdidas de potencia	
Curvas características	40
Comportamiento del alternador, curva característica de corriente, curva característica de la potencia de accionamiento, código de modelo	
Circuitos de alternador	42
Variantes de circuito	
El alternador en el vehículo	44
Balance energético, Determinación de la capacidad necesaria del alternador, montaje y accionamiento, Indicaciones para un correcto funcionamiento, Kilometrajes e intervalos de mantenimiento	
Técnica de comprobación de taller	51

Alternadores

Generación de energía eléctrica en el vehículo

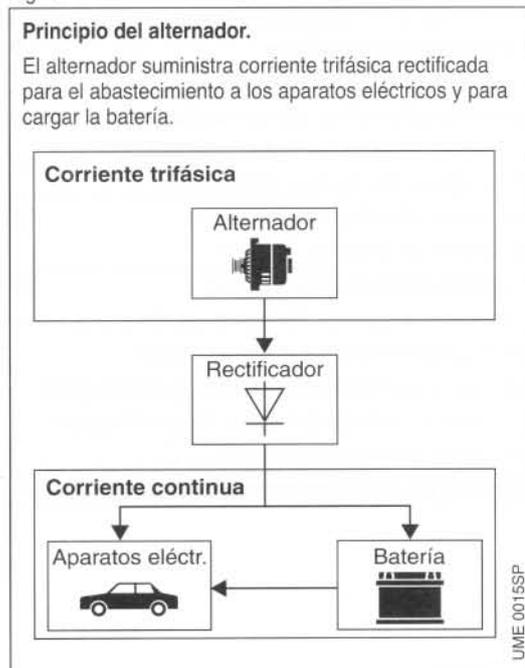
Energía eléctrica a bordo

Los vehículos a motor necesitan para la alimentación de energía al motor de arranque, sistema de inyección y encendido, unidades de control de aparatos electrónicos, electrónica de seguridad y confort, alumbrado, etc., una fuente de energía propia que sea eficaz y fiable, y esté disponible en todo momento.

Mientras que en los vehículos la batería desempeña el papel de un acumulador de energía cuando el motor está parado, con éste en marcha el alternador es la auténtica "central eléctrica" del vehículo. Su misión consiste en abastecer de energía a todos los aparatos eléctricos de a bordo (fig. 1).

La potencia del alternador, la capacidad de la batería y el consumo del motor de arranque y

Fig. 1



de todos los demás consumidores eléctricos deben estar en óptima consonancia para que el conjunto de la instalación funcione con seguridad y sin averías.

Después de un ciclo de marcha típico (p. ej. recorrido urbano en invierno), la batería debería estar todavía suficientemente cargada para que sea posible el siguiente arranque bajo las temperaturas reinantes. Deben presentar siempre aptitud funcional las unidades de control, los sensores y elementos actuadores de los sistemas electrónicos (p. ej. para la preparación del combustible, el encendido, el sistema Motronic, el control electrónico de la potencia del motor, el sistema antibloqueo, el sistema de tracción anti-deslizante).

Además deben funcionar el sistema de seguridad, el equipo de señalización y, en la oscuridad o con niebla, el sistema de alumbrado.

Asimismo han de estar siempre operativos los sistemas de información y confort.

Con el vehículo parado, deben poder funcionar los consumidores eléctricos durante un tiempo razonable sin que ello imposibilite el arranque sucesivo.

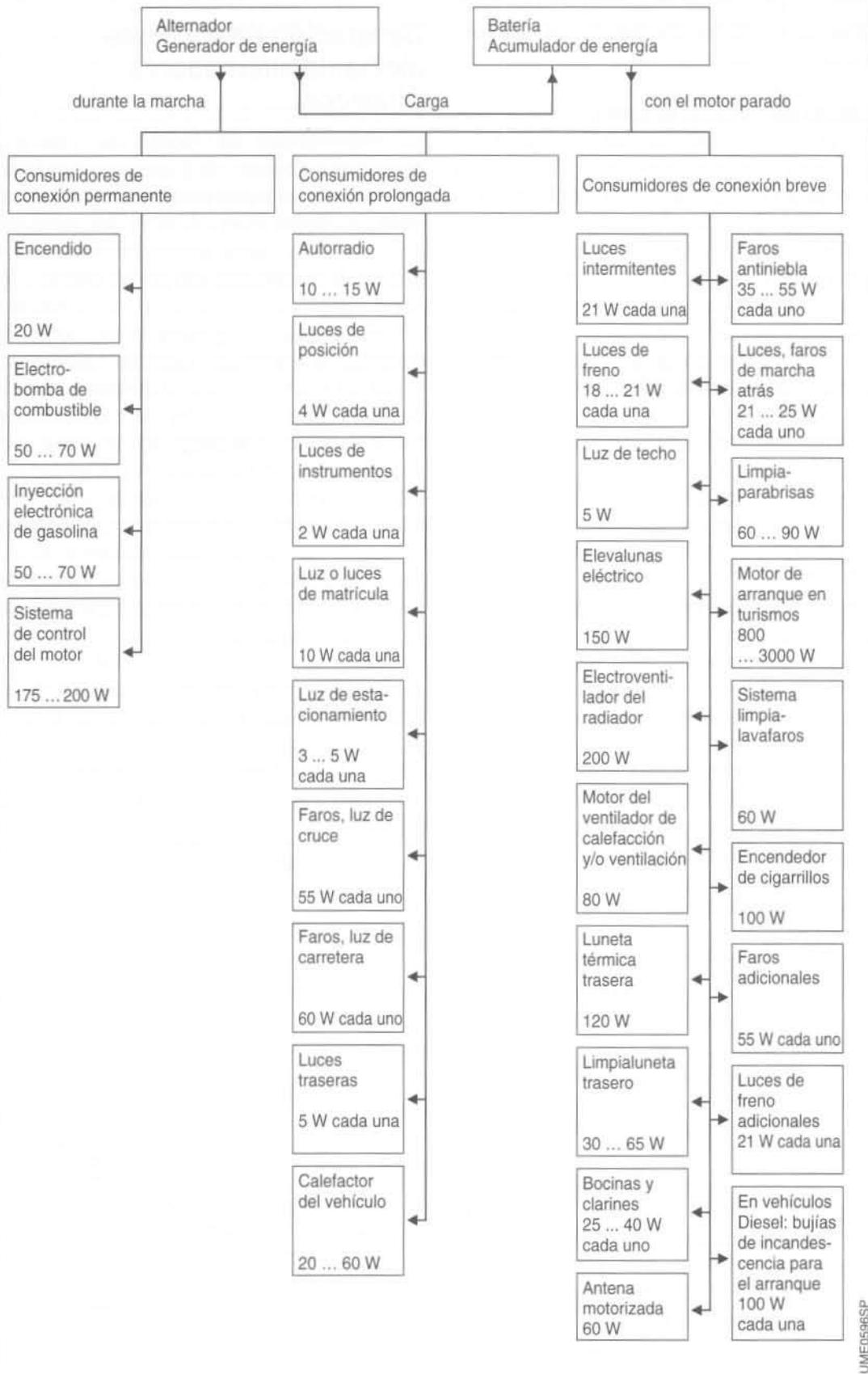
Cualquier conductor espera que su vehículo esté siempre listo para circular y que el sistema eléctrico funcione con seguridad y sin problemas. Y esto a lo largo de muchos miles de kilómetros, tanto en verano como en invierno.

Potencias de los consumidores

Los consumidores eléctricos presentan diferentes tiempos de conexión (fig. 2). Se distingue entre consumidores de conexión permanente (encendido, inyección de combustible, etc.), de conexión prolongada (iluminación, autorradio, calefactor del vehículo, etc.) y de conexión breve (intermitentes, luz de freno, etc.). La utilización de algunos consumidores depende de la época del año

Fig. 2

Demanda de potencia de los consumidores del vehículo (valores medios).



Generación de energía eléctrica.

UMED596SP

Alternadores

(acondicionador de aire en verano, calefacción del asiento en invierno). La frecuencia de conexión del ventilador eléctrico del radiador depende de la temperatura y de las condiciones de marcha.

Cálculo del balance de carga

En el cálculo del balance de carga se determina con ayuda de un programa de ordenador el estado de carga de la batería al final de un ciclo de marcha típico. Para ello deben tenerse en cuenta ciertas influencias, como p. ej. el tamaño y estado de carga de la batería, el tamaño del alternador y las potencias de los consumidores.

Un ciclo corriente en los turismos es el tráfico de ida y vuelta al lugar del trabajo (baja oferta de revoluciones) combinado con el servicio en invierno (reducida entrada de corriente de carga a la batería).

En vehículos con acondicionador de aire, el servicio en verano puede ser aún más desfavorable.

Configuración de la instalación eléctrica del vehículo

La forma del cableado entre el alternador, la batería y los consumidores influye asimismo en el nivel de tensión y, con ello, en el estado de carga de la batería.

Si los consumidores están todos conectados por el lado de la batería, pasa por el cable de carga la totalidad de la corriente, es decir, la suma de la corriente de carga de la batería y la corriente de los consumidores y, debido a la elevada caída de tensión, la tensión de carga es más baja.

Si, por el contrario, todos los consumidores están conectados por el lado del alternador, la caída de tensión es pequeña y la tensión de carga es alta, pero en este caso pueden resultar afectados negativamente los consumidores sensibles a los picos de potencia o a la tensión sinusoidal (componentes electrónicos).

Es aconsejable conectar al alternador los consumidores insensibles a la tensión que tengan un elevado consumo de potencia y, a la batería, los consumidores sensibles a la tensión con menor consumo de potencia.

Los cables de sección apropiada y los buenos puntos de conexión, cuyas resistencias de paso no empeoran ni siquiera después de un

prolongado tiempo de servicio, no dan lugar a caídas de tensión.

Generación de corriente mediante alternadores trifásicos

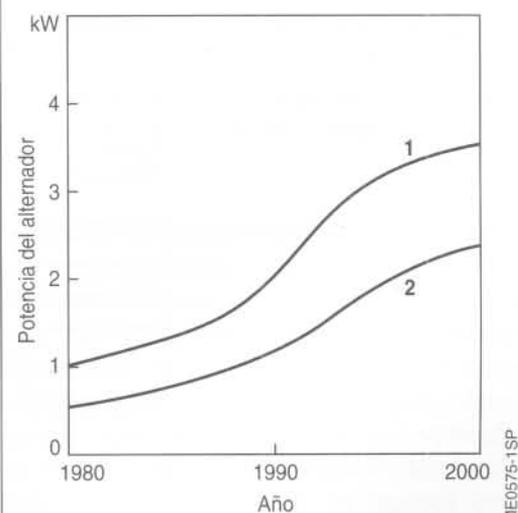
La disponibilidad de diodos de potencia económicos (desde 1963 aproximadamente) fue la condición previa para la introducción en serie de alternadores trifásicos por parte de Bosch. Por su mayor aprovechamiento electromagnético condicionado por su ejecución y por el margen de revoluciones, esencialmente mayor que con el generador de corriente continua, el alternador síncrono trifásico es capaz de entregar potencia incluso a velocidades de ralentí del motor de combustión y cubrir la gran demanda de potencia del vehículo a motor. Gracias a la posibilidad de adaptar la velocidad de rotación del alternador a la del motor mediante una desmultiplicación adecuada, la batería puede mantenerse en buen estado de carga, incluso en invierno y durante la circulación urbana, caracterizada por frecuentes paradas.

La mayor demanda de potencia se debe a la mayor cantidad de aparatos eléctricos instalados en el vehículo, a las unidades de control para sistemas electrónicos (p. ej. control del motor y del tren propulsor) y a la electrónica de seguridad y de confort. La fig. 3 muestra la

Fig. 3

Potencia del alternador.

Evolución previsible para turismos hasta el año 2000.
1 Clase superior, 2 Clase media.



UME0575-1SP

demanda de potencia previsible hasta el año 2000.

Además han cambiado los ciclos de marcha. Ha aumentado la parte proporcional de recorridos urbanos con paradas prolongadas en ralentí (fig. 4).

Los frecuentes tiempos de espera cuando se forman atascos debido a la creciente densidad del tráfico y ante los semáforos implican para el alternador un funcionamiento a bajas revoluciones, correspondiente al ralentí del motor. La falta de viajes prolongados por carretera influye también negativamente en el balance de carga.

En los motores de combustión es, pues, necesario garantizar la carga de la batería incluso en ralentí.

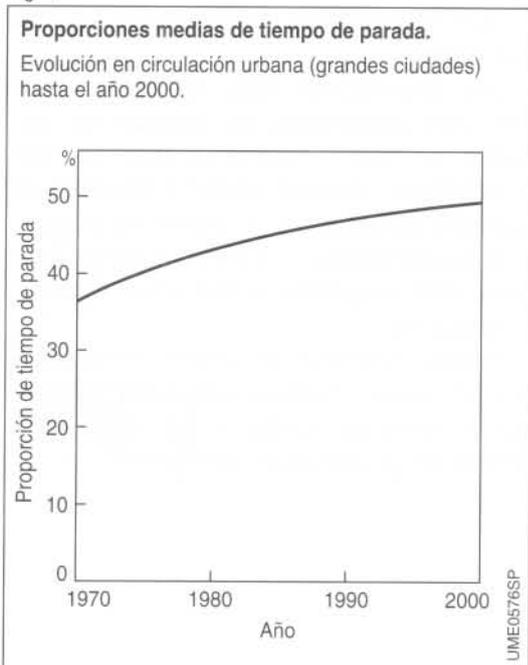
El alternador trifásico entrega ya, al régimen de ralentí del motor, por lo menos un tercio de su potencia nominal (fig. 5).

Los alternadores trifásicos están dimensionados para tensiones de carga de 14 V y 28 V (para vehículos industriales). En el estátor existe un devanado de corriente trifásica de tres fases y en el rotor se encuentra el devanado de excitación.

La corriente alterna trifásica generada se somete a rectificación. Los rectificadores impiden que se descargue la batería estando parado el vehículo.

Se prescinde del relé adicional previsto en los generadores de corriente continua.

Fig. 4



Magnitudes influyentes

Velocidad de giro

El rendimiento de un alternador (energía generable por kg de masa) aumenta con la velocidad de giro; por eso debe procurarse que la relación de desmultiplicación entre el cigüeñal del motor y el alternador sea lo más alta posible. En el sector de turismos, los valores típicos están entre 1:2 y 1:3; en el de vehículos industriales llegan hasta 1:5.

Temperatura

Las pérdidas en el alternador elevan la temperatura de los componentes. El suministro de aire fresco al alternador es una medida apropiada para reducir la temperatura de componentes y, con ello, aumentar la vida útil del alternador y su grado de rendimiento.

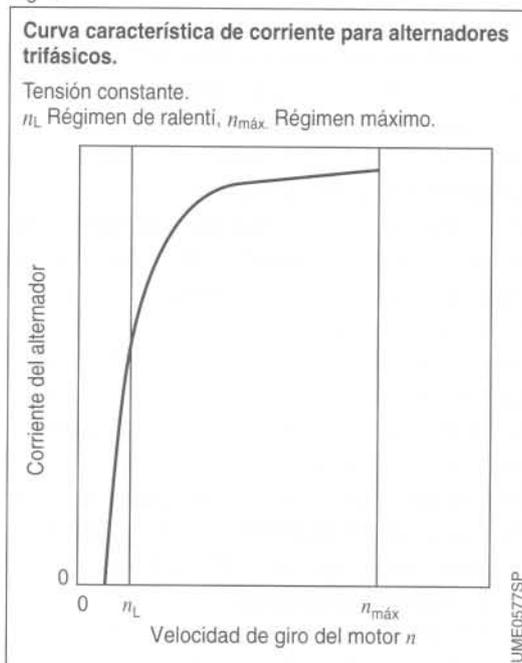
Vibraciones

Según las condiciones de montaje y las características de trepidación del motor, se producen aceleraciones de vibración de hasta 500 ... 800 m/s². Deben evitarse las resonancias críticas.

Otras influencias

Asimismo, el alternador está expuesto a la influencia de las salpicaduras de agua, la suciedad, la neblina de aceite y combustible y la sal antihielo.

Fig. 5



Generación de energía eléctrica mediante generadores de corriente continua

La batería de plomo usual en el automóvil condujo en un principio al desarrollo del generador de corriente continua. Durante mucho tiempo, este sistema bastó para cubrir en lo esencial las exigencias planteadas.

Así, hasta mediados de los años 70, la mayoría de los vehículos a motor fueron equipados con generadores de corriente continua. Actualmente, sin embargo, han perdido importancia para el montaje en vehículos nuevos y, por lo tanto, no se describen aquí con detalle.

En los generadores de corriente continua conviene que sea el sistema de devanados del inducido el que gire y que el sistema magnético eléctricamente excitado esté alojado en la carcasa inmóvil. Con ello es posible, de forma relativamente sencilla, rectificar mecánicamente por medio de un inversor de corriente, el colector, la corriente alterna generada en el sistema rotativo de devanados, para después pasarla a la instalación eléctrica del vehículo y a la batería.

Exigencias planteadas a los generadores en los automóviles

La forma y estructura del generador de un automóvil vienen determinadas por su misión de suministrar energía eléctrica para la alimentación de los aparatos eléctricos de la instalación del vehículo y para su almacenamiento en la batería.

Los alternadores trifásicos generan en principio corriente alterna. No obstante, el sistema eléctrico del vehículo requiere corriente continua para recargar la batería y para el funcionamiento de los módulos y aparatos electrónicos. En consecuencia, debe suministrarse corriente continua al sistema eléctrico del vehículo.

Las exigencias que debe satisfacer el alternador de un automóvil son muy variadas:

- alimentación, con tensión continua, de los consumidores conectados
- reservas de potencia para la carga rápida o recarga de la batería, incluso estando

- conectados consumidores permanentes,
- mantener constante la tensión del alternador en todo el margen de revoluciones del motor del vehículo — independientemente de la carga a que esté sometido el alternador,
- estructura robusta que resista todas las sollicitaciones externas (p. ej. vibraciones, alta temperatura ambiente, cambios de temperatura, suciedad, humedad, etc.),
- reducido peso,
- dimensiones favorables para el montaje y
- larga duración, así como
- bajo ruido y
- buen nivel de rendimiento.

Características (en resumen)

Las características esenciales del alternador trifásico son las siguientes:

- Entrega de potencia incluso en ralentí.
- Rectificación de la corriente trifásica con diodos de potencia en el circuito puente trifásico.
- Los diodos separan el alternador de la batería y del sistema eléctrico del vehículo cuando la tensión del alternador es inferior a la tensión de la batería.
- Mayor aprovechamiento eléctrico (es decir, a igualdad de potencia, los alternadores trifásicos son más ligeros que los generadores de corriente continua).
- Larga duración (los alternadores de turismos presentan una vida útil comparable a la del motor del vehículo; hasta 150.000 km, por lo que no requieren mantenimiento durante ese tiempo).
- Los alternadores más resistentes para vehículos industriales, se fabrican en versiones sin anillos colectores, bien sea con posibilidades de relubricación o provistos de cojinetes con cámaras de reserva de grasa.
- Son insensibles a influencias externas tales como altas temperaturas, humedad, suciedad y vibraciones.
- Pueden funcionar en ambos sentidos de giro sin requerir medidas especiales, siempre que la forma del ventilador sea adecuada al sentido de giro correspondiente.

Principios básicos

Principio electrodinámico

La base para la generación de tensión la constituye la "inducción" electromagnética, que tiene lugar según el siguiente proceso:

Si un conductor eléctrico (alambre o espira de alambre) se mueve cortando las líneas de fuerza de un campo magnético, se origina en dicho conductor una tensión eléctrica (inducida). Es indiferente que el campo magnético esté fijo y el conductor se mueva, o por el contrario sea el conductor el que esté fijo y el campo magnético el que se mueva.

Conectando a un voltímetro, mediante anillos colectores y escobillas de carbón, los extremos de una espira conductora que gire entre los polos norte y sur de un imán permanente, puede leerse una tensión variable debido a la situación constantemente variable respecto a los polos. Si el giro de la espira conductora es uniforme, la curva de tensión es senoidal, apareciendo los valores máximos después de cada media vuelta. Si el circuito de corriente es cerrado, fluye una "corriente alterna" (fig. 1).

¿Cómo se genera el campo magnético?

El campo magnético puede ser generado por imanes permanentes de montaje fijo los cuales, por su sencilla ejecución, no requieren grandes esfuerzos técnicos. Esta solución se utiliza en el caso de generadores pequeños (p. ej. dinamos de bicicletas).

No obstante, los electroimanes por los que pasa una corriente continua permiten conseguir potencias sensiblemente mayores, por lo que son éstos los que se emplean para crear el campo (excitador) magnético.

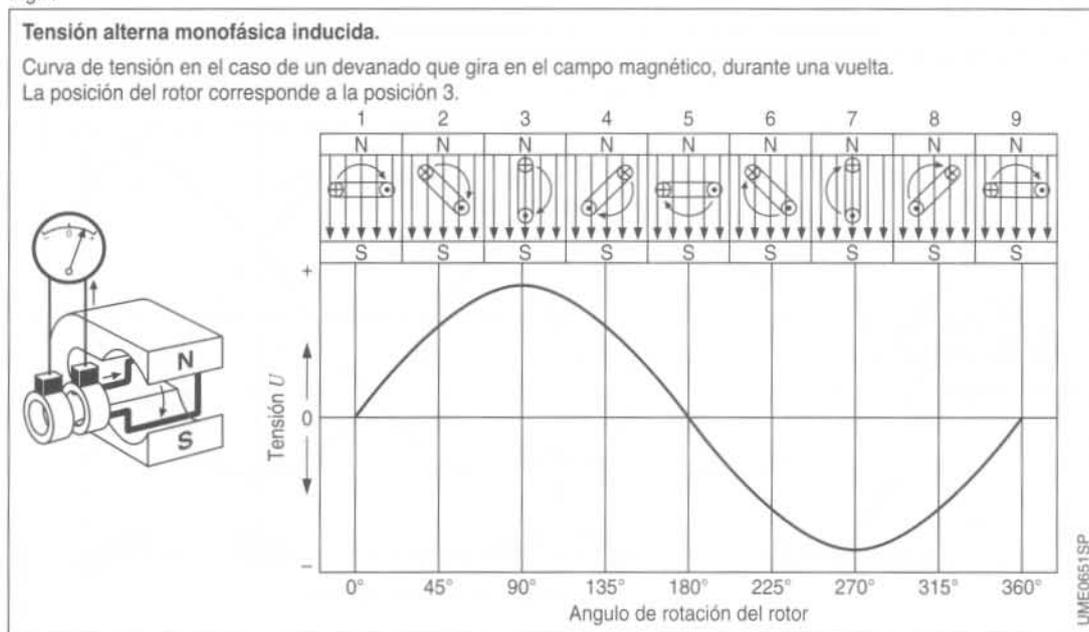
El electromagnetismo se basa en el fenómeno físico de que los conductores o devanados por los que circula una corriente, están rodeados por un campo magnético.

El número de espiras y la intensidad de la corriente circulante determinan la intensidad del campo magnético. Este campo magnético excitador puede intensificarse además con ayuda de un núcleo de hierro magnetizable que, al girar, induce una tensión alterna en la bobina del inducido. Para multiplicar el efecto de inducción en los alternadores existe, no una, sino varias espiras conductoras expuestas al campo magnético alterno.

Para su utilización en el alternador es una ventaja decisiva el que, aumentando o reduciendo la corriente de excitación en el devanado de excitación, pueda reforzarse o debilitarse el campo magnético y con ello el valor de la tensión inducida.

Principios básicos

Fig. 1



Como todo electroimán el devanado de excitación, al desconectarse la tensión de excitación pierde su magnetismo, excepto un pequeño resto ("remanencia"). Si la corriente de excitación es generada por una fuente de energía ajena al sistema (p. ej. la batería), se trata de una "excitación externa"; si se deriva del circuito propio existe "autoexcitación". En las máquinas eléctricas, el conjunto del sistema giratorio constituido por el devanado y el núcleo de hierro, recibe el nombre de rotor.

Principio del alternador trifásico

Al igual que la corriente alterna monofásica, la trifásica, fig. 2, se genera en los alternadores por medio de un movimiento giratorio. Una ventaja de la corriente alterna trifásica es que permite un mejor aprovechamiento del alternador que la monofásica,

Según este principio, existen en el inducido tres devanados iguales e independientes desplazados 120° entre sí. Es usual designar con u, v, w los principios del devanado y con x, y, z los finales. Según el principio de la inducción, al girar el rotor se forman en los devanados tensiones alternas senoidales de igual magnitud y frecuencia. Debido al desplazamiento de 120° entre los devanados,

las tensiones alternas generadas en los mismos se encuentran desfasadas entre sí 120° , y por ello están también desfasadas en el tiempo.

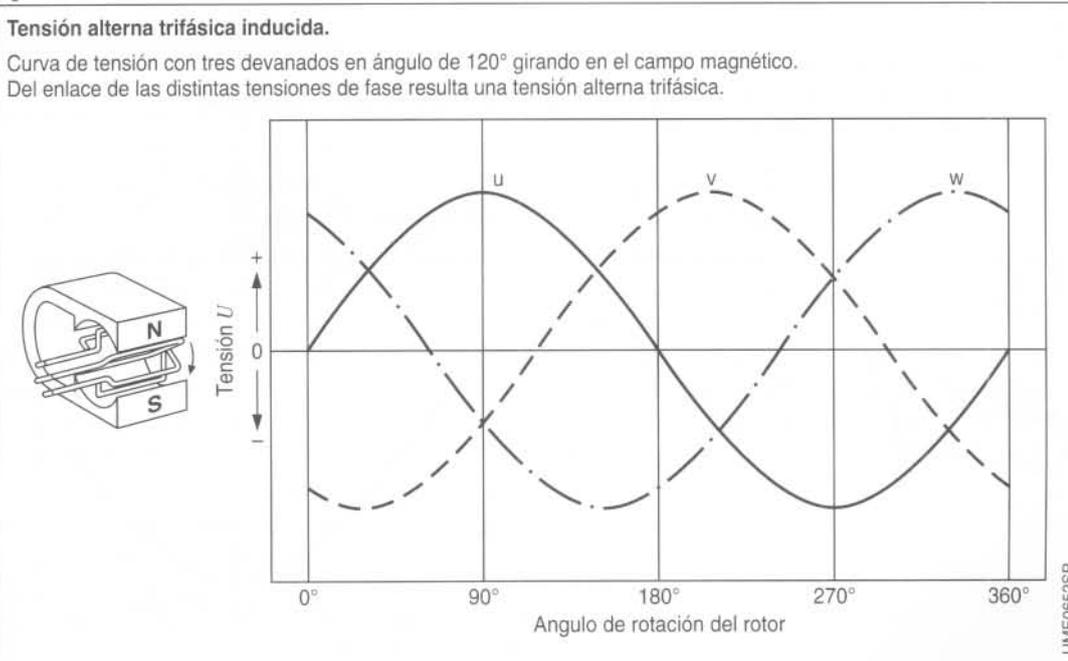
De esta forma tiene lugar un ciclo que se repite constantemente. La corriente alterna trifásica resultante produce un campo magnético giratorio en un motor adecuado.

Normalmente, un alternador trifásico necesitaría seis conductores para transmitir la energía generada si los devanados no estuviesen unidos (fig. 3a), pero utilizando los tres circuitos puede reducirse el número de conductores de seis a tres. La unión de los circuitos se realiza mediante una "conexión en estrella" (fig. 3b) o una "conexión en triángulo" (fig. 3c).

En el caso de la "conexión en estrella", los extremos de los devanados se unen en un punto neutro central. Sin conductor central, la suma de las tres corrientes hacia el punto neutro central es en todo momento igual a cero.

Las consideraciones anteriores se refieren a la ejecución de alternadores trifásicos con campo excitador inmóvil y devanado del inducido en rotación, en el cual se induce la corriente de carga. Por el contrario, en los alternadores trifásicos para automóviles el sistema de devanado trifásico, conectado en estrella o en triángulo, se encuentra en la parte fija de la carcasa, es decir en el estátor

Fig. 2



(por lo que se denomina también “devanado estático”), y es

la parte giratoria, el rotor, la que contiene los polos magnéticos con el devanado de excitación.

En cuanto circula por este devanado la corriente de excitación, se forma el campo magnético del rotor.

Al girar el rotor, el campo magnético excitado induce en los devanados estáticos una tensión alterna trifásica que, con el alternador en carga, suministra la corriente trifásica.

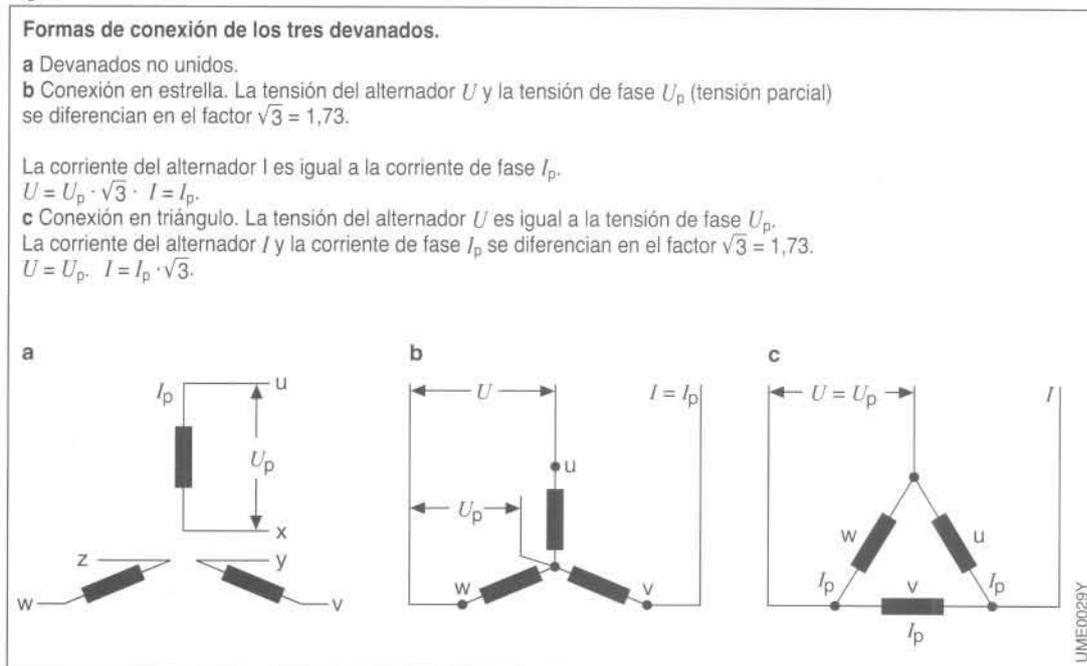
Rectificación de la tensión alterna

La tensión alterna generada por el alternador trifásico no es adecuada para la batería ni tampoco para la alimentación de las unidades de control o de los componentes electrónicos. Es necesario rectificarla. Una condición importante para la rectificación es disponer de diodos de potencia aptos para funcionar en un amplio intervalo de temperatura.

Los diodos rectificadores presentan un sentido de paso y un sentido de bloqueo. La dirección de la flecha del símbolo de conexión indica el sentido de paso. Un diodo es comparable a una válvula de retención, que sólo permite el paso de un fluido líquido o gaseoso en una dirección y bloquea su retorno.

El diodo rectificador hace que se supriman las semiondas negativas y solo se dejen pasar las semiondas positivas, de forma que se genere una corriente continua pulsatoria. A fin de aprovechar para la rectificación todas las semiondas, incluso las negativas suprimidas, se aplica una rectificación doble o de onda completa.

Fig. 3



Circuito en puente para rectificación de la corriente trifásica

En la figura 4 se representa la forma básica de actuación de los diodos en la rectificación de una tensión alterna. En la fig. 4a se muestra la rectificación sencilla y en la fig. 4b la rectificación doble o completa.

Las tensiones alternas generadas en los tres devanados del alternador trifásico se rectifican con seis diodos en un circuito en puente de corriente trifásica. En cada fase están conectados dos diodos de potencia, uno por el lado positivo (al terminal B+) y otro por el lado negativo (al terminal B-). Los seis diodos de potencia forman el puente rectificador trifásico. Las semiondas positivas pasan por los diodos del lado positivo y las semiondas negativas por los diodos del lado negativo, quedando así

rectificadas. La rectificación completa con el puente origina la adición de las envolventes positivas y negativas de estas semiondas, por lo que se obtiene del alternador una tensión levemente ondulada (fig. 5).

La corriente continua que, bajo carga eléctrica, pasa del alternador a la instalación del vehículo a través de los terminales B+ y B-, no es "lisa", como sería lo ideal, sino ligeramente ondulada. Esta ligera ondulación se reduce aún más por efecto de la batería, conectada en paralelo al alternador, y, en su caso, por medio de condensadores instalados en el sistema eléctrico del vehículo.

La corriente de excitación que magnetiza los polos del campo de excitación, se deriva del devanado estático. Una conexión de rectificación de onda completa rectifica la

Fig. 4

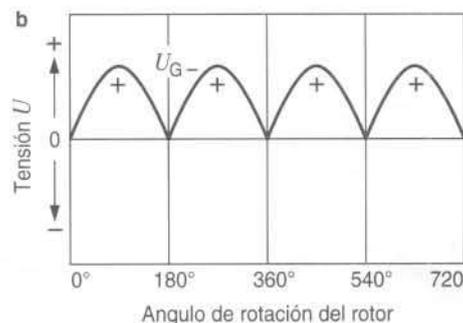
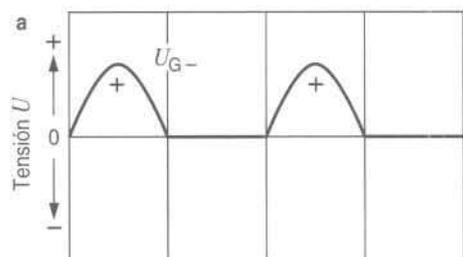
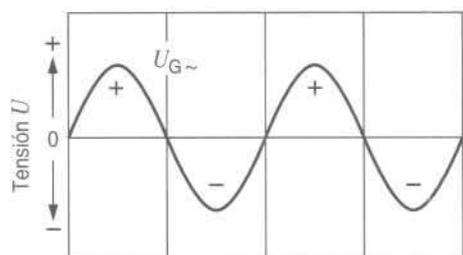
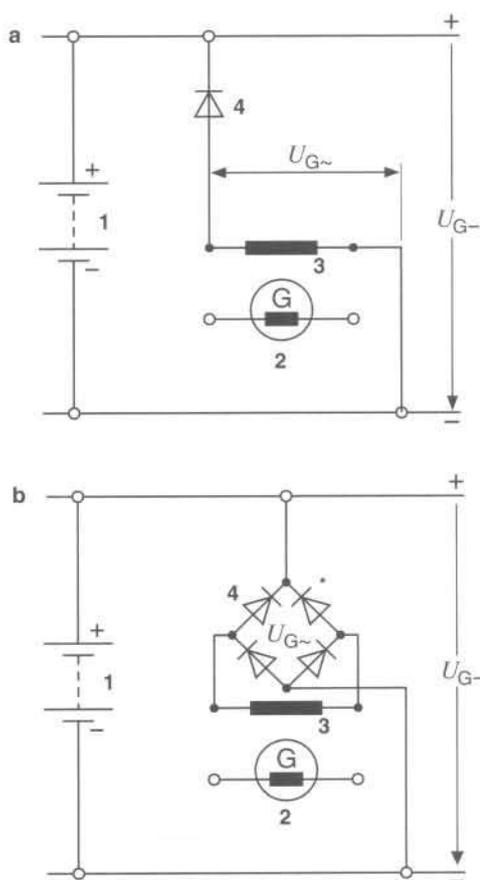
Circuitos rectificadores.

a Rectificación sencilla, **b** Rectificación doble.

$U_{G\sim}$ Tensión alterna delante de los diodos,

U_{G-} Tensión continua pulsatoria a continuación de los diodos.

1 Batería, 2 Devanado de excitación (G), 3 Devanado estático, 4 Diodos rectificadores.



UMED653SP

tensión de excitación.

Los tres "diodos de excitación" del terminal D+ y los tres diodos de potencia del lado negativo (terminal B-) forman el circuito en puente para la corriente de excitación.

Para aprovechar el contenido de onda superior de la tensión del alternador y con objeto de lograr mayor potencia a altas velocidades de giro (por encima de 3.000 min⁻¹ aproximadamente), en la conexión en estrella pueden aplicarse además los llamados "diodos adicionales".

Bloqueo de la corriente de retorno

Los diodos rectificadores del alternador no sólo sirven para rectificar la tensión del alternador y la de excitación, sino que también impiden que la batería se descargue a través del devanado trifásico del estátor.

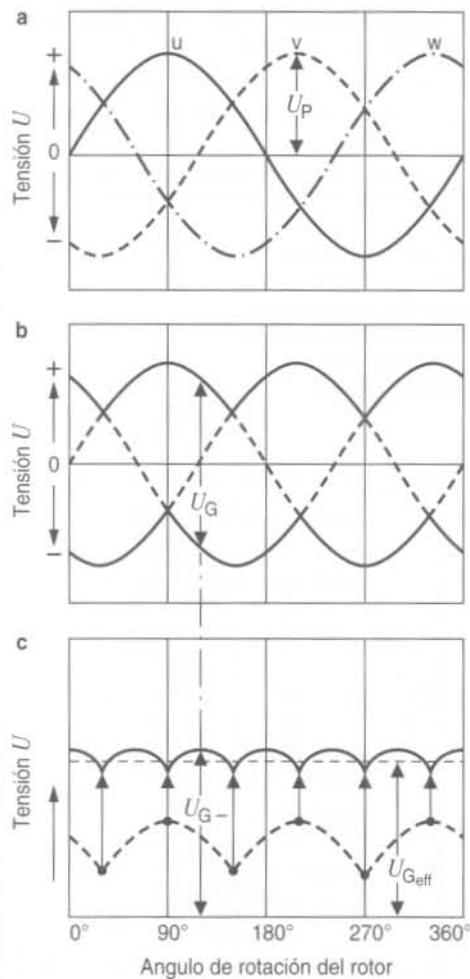
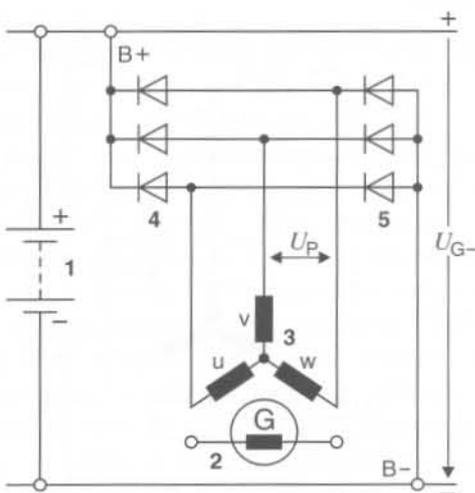
Cuando el motor está parado o funciona a una velocidad de rotación tan pequeña (p. ej. durante el arranque), que el alternador aún no está autoexcitado, la corriente de la batería circularía por el devanado estátórico si no estuviesen instalados los diodos.

Con respecto a la tensión de la batería los diodos están conectados en sentido de bloqueo, de forma que no puede pasar corriente de descarga de la batería. La corriente sólo puede pasar desde el alternador hacia la batería.

Fig. 5

Puente rectificador de corriente trifásica.

- a Tensión alterna trifásica,
 - b Tensión del alternador, formada por las envolventes de las semiondas positivas y negativas,
 - c Tensión del alternador rectificada.
- U_p Tensión de fase
 U_G Tensión en el rectificador (negativo no conectado a masa)
 U_{G-} Tensión continua del alternador (negativo a masa)
 U_{Geff} Valor eficaz de la tensión continua
- 1 Batería,
 - 2 Devanado de excitación,
 - 3 Devanado estátórico,
 - 4 Diodos positivos,
 - 5 Diodos negativos.



UMED654SP

Diodos rectificadores

Los diodos de potencia de los lados positivo y negativo coinciden completamente en cuanto a su función. Sólo se diferencian por su estructura destinada a la rectificación en el alternador y se denominan diodos positivos y diodos negativos. La caja metálica moleteada de los diodos está realizada una vez como cátodo y otra como ánodo. La caja metálica incrustada en la placa positiva del diodo positivo está unida como cátodo al polo positivo de la batería. De esta forma, el diodo es conductor en dirección al terminal de la batería B+. La caja metálica incrustada en la placa negativa del diodo negativo está unida como ánodo a masa (B-). Los terminales de los diodos están conectados a los extremos del devanado estatórico (fig. 6). Las placas positivas y negativas actúan a la vez como disipadores térmicos para la refrigeración de los diodos. Como diodos de potencia pueden emplearse igualmente diodos Z (diodos Zener), los cuales limitan también los picos de tensión que aparecen en el alternador en caso de variaciones extremas de carga (protección Load-Dump).

Circuitos de corriente del alternador trifásico

Los alternadores trifásicos presentan, en su versión estándar, tres circuitos de corriente:

- el circuito de preexcitación (excitación externa por la corriente de la batería),
- el circuito de excitación (autoexcitación),
- el circuito de alternador o circuito principal.

Circuito de preexcitación

Al conectar el interruptor de encendido o de contacto (4), circula corriente de la batería I_B , como se indica en la fig. 7, por la lámpara de control del alternador (3), por el devanado de excitación (1d) del rotor y por el regulador (2), a masa. Esta corriente de la batería origina en el rotor la preexcitación del alternador.

¿Por qué es necesaria la preexcitación?

La tensión inducida por la remanencia en el núcleo de hierro del devanado de excitación es muy baja en la mayoría de los alternadores trifásicos durante el arranque y a bajas revoluciones.

Fig. 6

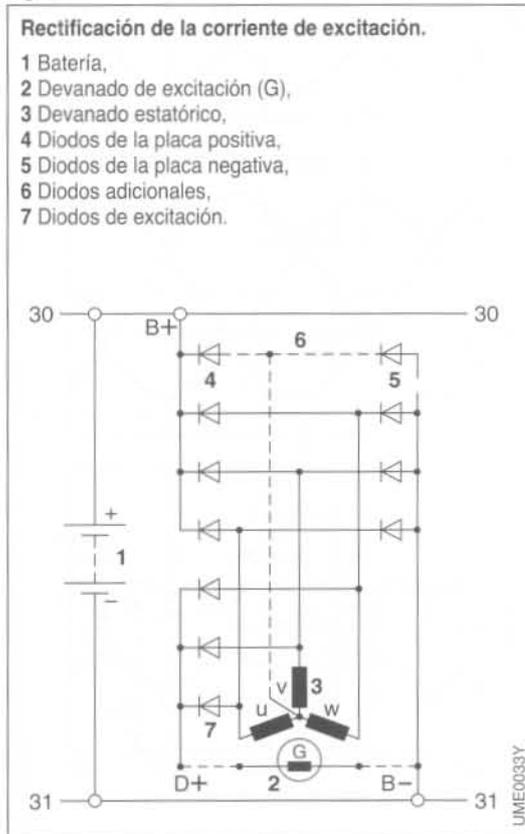


Fig. 7



Esta tensión no es suficiente para provocar una autoexcitación destinada a la creación del campo magnético.

La autoexcitación sólo puede producirse cuando la tensión del alternador es superior a la caída de tensión en ambos diodos ($2 \times 0,7 \text{ V} = 1,4 \text{ V}$).

Esto se consigue con la corriente de preexcitación de la batería, conducida a través de la lámpara de control de carga. La corriente genera un campo magnético en el rotor, el cual induce en el estátor una tensión proporcional a la velocidad de giro. Al ponerse en marcha el motor debe alcanzarse el "régimen de arranque", es decir, la tensión inducida debe ser superior a la caída de tensión en los diodos del circuito de excitación, de forma que se produzca la autoexcitación. El "régimen de arranque" es superior al régimen de ralentí ("régimen de cero amperios"), ya que la lámpara de control de carga aumenta la resistencia del circuito de preexcitación respecto a la resistencia del circuito de excitación. La potencia establecida de la lámpara de control de carga influye así en el "régimen de arranque".

Lámpara de control del alternador

La lámpara de control del alternador (3) situada en el circuito de preexcitación actúa, al conectar el interruptor de encendido o de contacto (4), como una resistencia que determina la magnitud de la corriente de preexcitación. Si se ha elegido correctamente la potencia de la lámpara, la corriente da lugar a un campo magnético lo suficientemente intenso para iniciar la autoexcitación. Si la potencia de la lámpara es demasiado baja, como por ejemplo en el caso de elementos electrónicos de indicación, es necesario conectar una resistencia en paralelo, para garantizar una autoexcitación segura del alternador. Mientras está encendida la lámpara, la tensión del alternador es inferior a la de la batería. La lámpara se apaga en cuanto se alcanza por primera vez el régimen en que se genera la tensión máxima del alternador y éste entrega su potencia al sistema eléctrico del vehículo. Las potencias de las lámparas de control del alternador son las siguientes:

- 2 W para instalaciones de 12 W,
- 3 W para instalaciones de 24 W.

Circuito de excitación

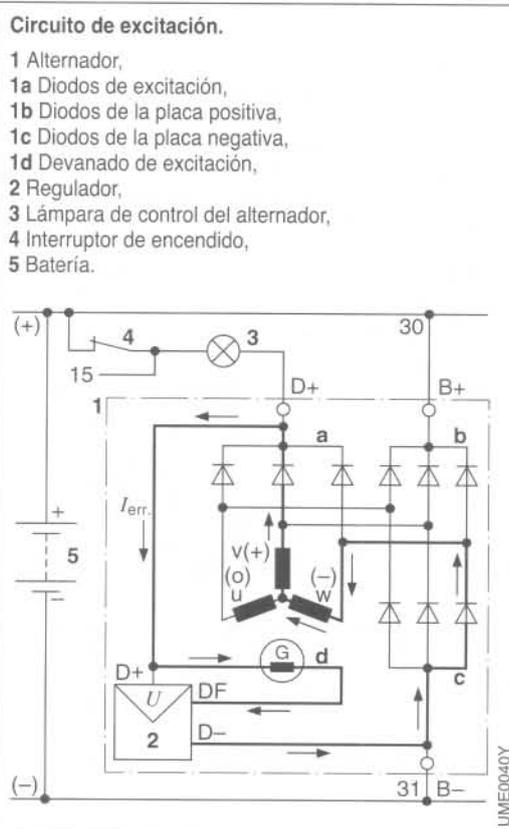
La corriente de excitación I_{err} tiene la misión de crear un campo magnético durante todo el tiempo de funcionamiento del alternador, en el devanado de excitación del rotor, induciéndose así la tensión requerida del alternador en los devanados del estátor. Debido a que los alternadores trifásicos son alternadores autoexcitados, la corriente de excitación se deriva de la corriente que pasa por el devanado de corriente trifásica.

La corriente de excitación I_{err} pasa, como se representa en la fig. 8, a través de los diodos de excitación (1a), por las escobillas y anillos colectores, a través del devanado de excitación, hacia el terminal DF del regulador (2), y desde el terminal D- del regulador, a través de los diodos de potencia (1c), retorna al devanado estatórico. Durante el funcionamiento del alternador ya no se requiere ninguna fuente de corriente ajena para la autoexcitación.

Circuito de corriente del alternador

La corriente alterna inducida en las tres fases del alternador tiene que ser rectificada por el circuito puente equipado con los diodos de

Fig. 8



Alternadores

potencia, para ser transmitida después a la batería y a los consumidores. La corriente del alternador I_G pasa desde los tres devanados, a través de los diodos de potencia, a la batería y a los consumidores del sistema eléctrico del vehículo.

La corriente del alternador se divide en corriente de carga de la batería y en corriente de alimentación de los consumidores. En la fig. 10 se muestra la variación de las tensiones de los devanados estáticos en función del ángulo de rotación de un rotor.

En un rotor, p. ej. con seis pares de polos y un ángulo de rotación de 30° , la tensión respecto al punto neutro de la conexión en estrella, es positiva en el extremo v del devanado, negativa en w y nula en u.

El recorrido de la corriente resultante de lo anterior se representa en la fig. 9.

La corriente pasa desde el extremo v del devanado, a través de los diodos positivos hacia el terminal del alternador B+, a través de la batería o los consumidores, hacia masa (terminal del alternador B-) y a través de los diodos negativos hacia el extremo w del devanado. Con un ángulo de rotación de 45° fluye una corriente desde los extremos v y w del devanado, por el mismo camino, hacia el

extremo u del devanado. En este caso no hay ninguna fase sin tensión.

Los dos ejemplos son, sin embargo, sólo valores momentáneos. Las tensiones de fase y las corrientes de fase cambian constantemente de magnitud y sentido, mientras que la corriente continua para la carga de la batería y la alimentación de los consumidores eléctricos, conserva fundamentalmente su sentido de flujo.

Este efecto se basa en el hecho de que, para cada posición posible del rotor, participan todos los diodos en la rectificación.

Para que pueda fluir una corriente desde el alternador a la batería, la tensión de aquél debe ser ligeramente superior a la de ésta.

Regulación de la tensión

¿Por qué es necesaria la regulación de tensión?

La misión del regulador de tensión es mantener constante la tensión del alternador, y con ella la del sistema eléctrico del vehículo, en todo el margen de revoluciones del motor de éste e independientemente de la carga y de

Fig. 9

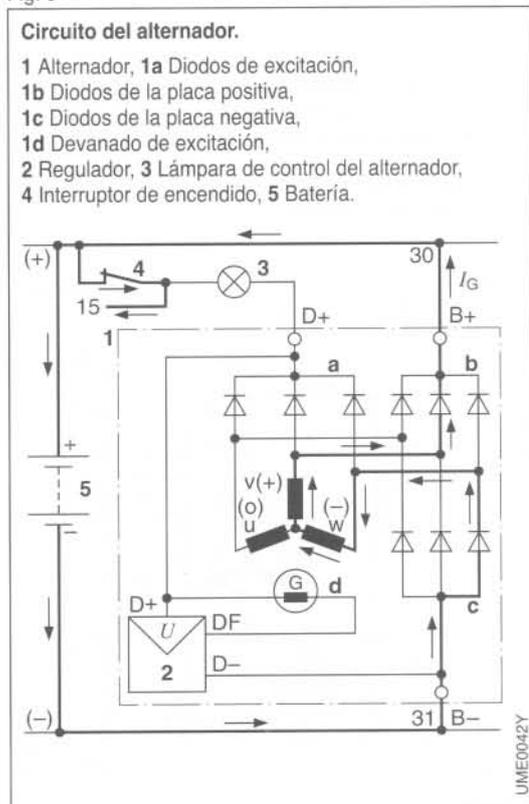
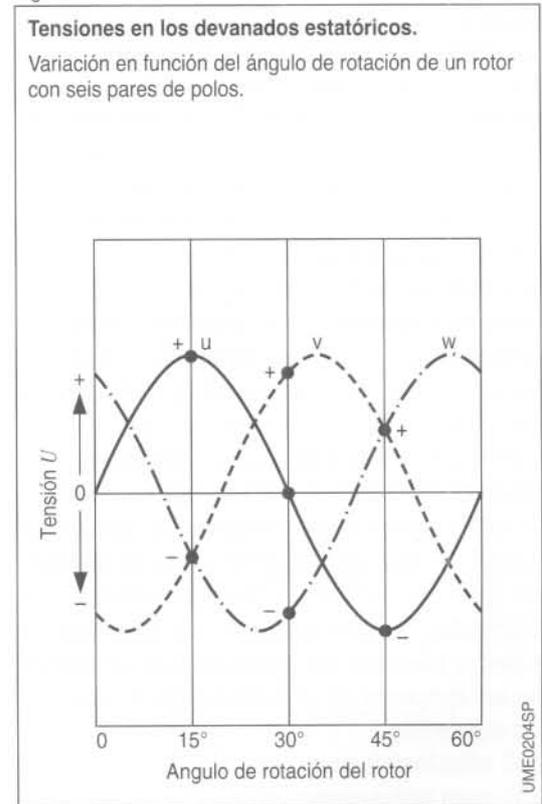


Fig. 10



la velocidad de giro.

La tensión del alternador depende en gran medida de su velocidad de giro y de la carga a que esté sometido. A pesar de estas condiciones de servicio, continuamente variables, es necesario asegurar que la tensión se regule al valor preestablecido. Esta limitación protege a los consumidores contra sobretensiones e impide que se sobrecargue la batería.

Al cargar la batería deben considerarse, además, las propiedades electroquímicas de ésta. Normalmente, el nivel al que limita el regulador la tensión del alternador es, en frío, algo mayor que en caliente, para mejorar la carga de la batería, más difícil en esas condiciones.

Principio de la regulación de tensión

La tensión generada en el alternador es tanto más alta cuanto mayores son su velocidad de giro y la corriente de excitación.

En un alternador con excitación total, pero sin carga y sin batería, la tensión no regulada aumenta linealmente con la velocidad y alcanza, p. ej. a 10.000 min⁻¹, un valor de 140 V aproximadamente.

El regulador de tensión regula el valor de la

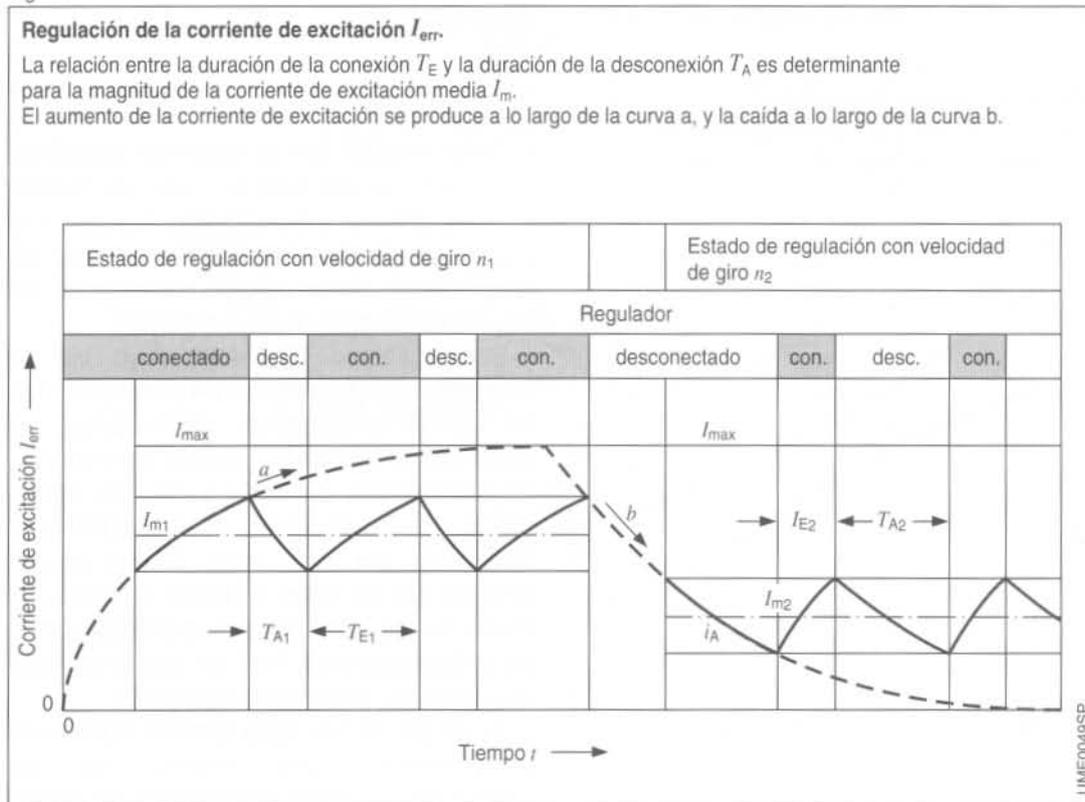
corriente de excitación, y con ello, la magnitud del campo magnético del rotor, en función de la tensión generada en el alternador (fig. 11). De esta forma se mantiene constante la tensión en bornas del alternador U_G (entre los terminales B+ y B-), con velocidad de giro y carga variables, hasta el máximo valor de corriente.

Los sistemas eléctricos de los automóviles con 12 V de tensión de batería se regulan dentro del campo de tolerancia de 14 V y los de los automóviles con 24 V de tensión de batería se regulan a 28 V. Siempre que la tensión generada por el alternador se mantenga inferior a la de regulación, el regulador de tensión no desconecta.

Si la tensión sobrepasa el valor teórico superior prescrito, dentro del marco de la tolerancia de regulación, el regulador interrumpe la corriente de excitación. La excitación disminuye, es decir, desciende la tensión del alternador.

Si a consecuencia de ello dicha tensión llega a ser menor que el valor teórico inferior, el regulador conecta de nuevo la corriente de excitación. La excitación aumenta y con ella la tensión del alternador. Cuando la tensión sobrepasa otra vez el valor límite superior,

Fig. 11



comienza nuevamente el ciclo de regulación. Como los ciclos de regulación son del orden de milisegundos, se regula el valor medio de la tensión del alternador en correspondencia con la curva característica preestablecida.

La continua adaptación a las diversas velocidades de giro, se realiza automáticamente. La relación de los correspondientes tiempos de conexión y desconexión es determinante para la magnitud de la corriente de excitación media. A bajo régimen, el tiempo de conexión es relativamente largo y el de desconexión corto. La corriente de excitación se interrumpe sólo por poco tiempo y su valor promedio es alto. Recíprocamente, a elevadas velocidades de giro el tiempo de conexión es corto y el de desconexión largo, y fluye una corriente de excitación baja.

Influencia de la temperatura ambiente

La curva característica del regulador, la tensión de la batería en función de la temperatura, está adaptada a las propiedades químicas de la batería. A bajas temperaturas, la tensión del alternador es algo mayor para mejorar la carga de la batería en invierno. También se tienen en cuenta las tensiones de entrada de los aparatos electrónicos y la duración de las bombillas, dependiente de la tensión. A temperaturas altas es más baja la

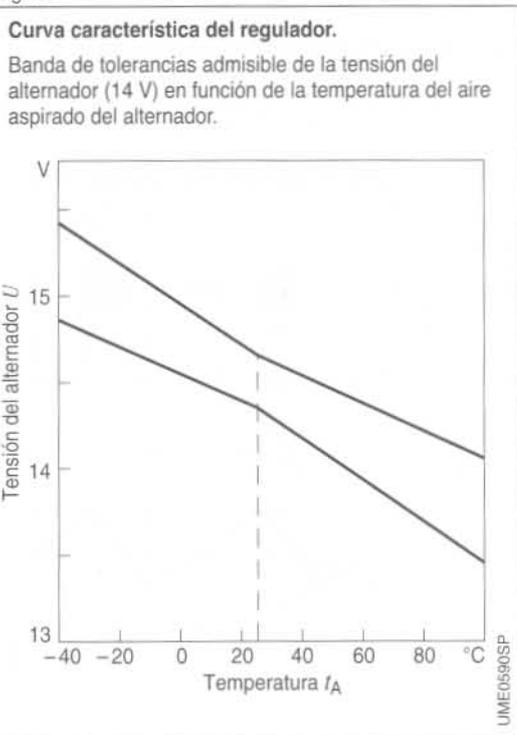
tensión del alternador, para evitar la sobrecarga de la batería en verano. La compensación de la temperatura se consigue mediante la selección apropiada de los componentes, p. ej. con diodos Z. En la fig. 12 se representa una curva característica para una tensión de alternador de 14 V. El nivel de tensión es de 14,5 V con una inclinación de -10 mV/K .

Estructura del alternador

Las relaciones y los principios teóricos comentados hasta ahora se encuentran materializados en las ejecuciones técnicas de los alternadores. Las distintas versiones difieren en determinados detalles según el campo de aplicación. El alternador de polos intercalados de estructura monobloc se monta actualmente en la mayoría de los vehículos a motor, no obstante, cada vez se emplea más el alternador compacto.

Las diferencias esenciales entre la estructura del alternador compacto y la del de estructura monobloc estriban en los dos ventiladores interiores, los anillos colectores, más pequeños, y la posición del rectificador, fuera de la placa de cojinetes de los anillos colectores.

Fig. 12



La estructura fundamental se representa en la fig. 13:

- Estátor fijo (2) con el devanado estatórico trifásico. El estátor está formado por chapas aisladas entre sí y provistas de ranuras, que están comprimidas formando un núcleo de chapas firme. En las ranuras van alojadas las espiras de los devanados estatóricos.
- Rotor giratorio (3), sobre cuyo eje se encuentran las dos mitades de rueda polar con los polos magnéticos intercalados, el devanado de excitación, ambos ventiladores, los rodamientos de bolas y los dos anillos colectores. El devanado de excitación está compuesto por una única bobina anular, rodeada por los polos en forma de garras. A través de las escobillas, presionadas contra los anillos colectores, fluye tan sólo la corriente de excitación, relativamente pequeña.
- Al eje del rotor va fijada también la polea de accionamiento. Los rotores de los alternadores trifásicos pueden girar en ambos

sentidos. La forma del ventilador debe establecerse para giro a la izquierda o a la derecha en correspondencia con el sentido de giro del alternador.

– Entre la tapa del lado de anillos colectores y la tapa del lado de accionamiento está fijado el estátor. El árbol del rotor va alojado en las dos mitades de cojinete.

– Rectificador con chapas de refrigeración (6). Para la rectificación de la corriente trifásica se montan a presión al menos seis diodos de potencia en las chapas de refrigeración.

– Portaescobillas con escobillas. A través de las escobillas y los anillos colectores (5) fluye la corriente de excitación hacia el devanado de excitación giratorio.

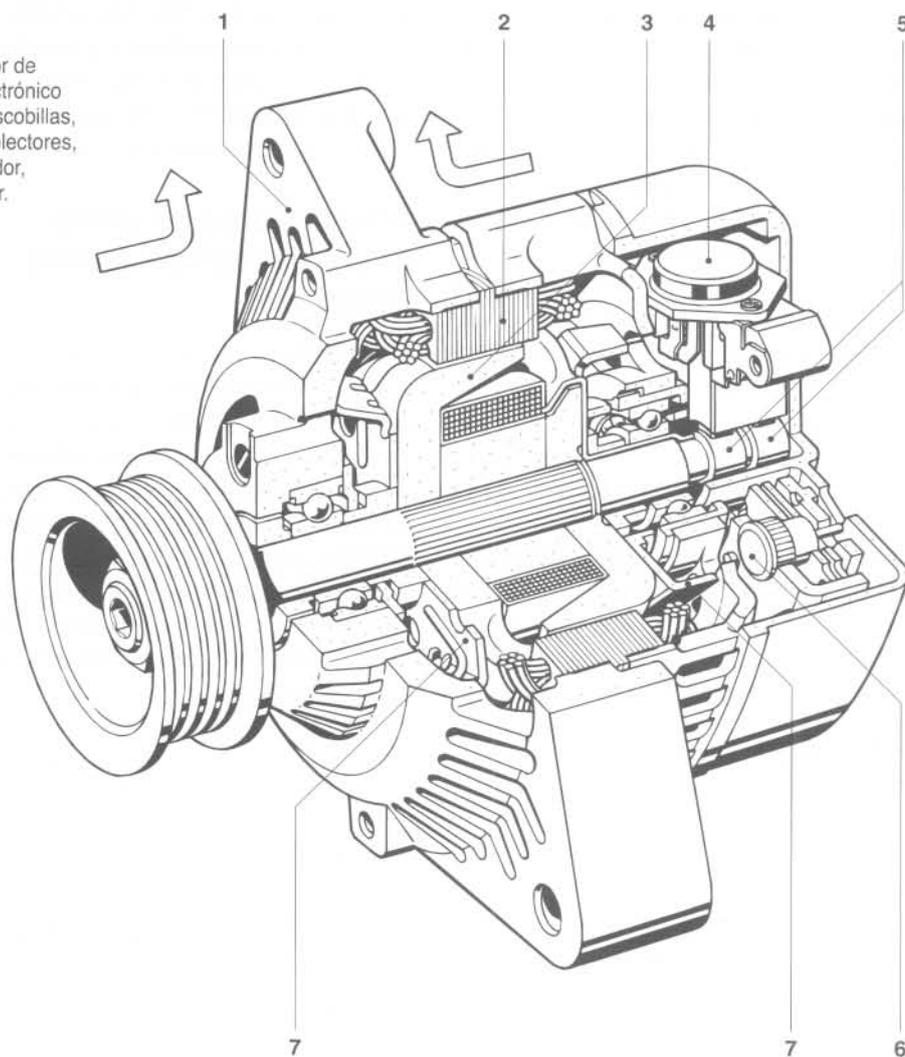
– El regulador de campo electrónico (4) adosado al alternador, forma una sola unidad con el portaescobillas.

– El regulador de campo electrónico para fijación a la carrocería (sin ilustración), utilizado con poca frecuencia en vehículos industriales como alternativa al regulador de campo en montaje adosado al alternador, está separado del alternador, fijado a un lugar protegido de la carrocería y unido al portaescobillas mediante conectores eléctricos.

Fig. 13

Estructura de un alternador compacto.

- 1 Carcasa,
- 2 Estátor,
- 3 Rotor,
- 4 Regulador de campo electrónico con portaescobillas,
- 5 Anillos colectores,
- 6 Rectificador,
- 7 Ventilador.



LJME0597-2Y

Versiones de alternadores

Criterios de dimensionamiento

Para la selección de los alternadores son determinantes los siguientes criterios:

- tipo de vehículo, condiciones de servicio,
- margen de revoluciones del motor de combustión correspondiente,
- tensión de la batería del sistema eléctrico del vehículo,
- demanda de corriente de los posibles consumidores,
- sollicitación del alternador por influencias del medio ambiente (calor, suciedad, etc.),
- vida útil previsible,
- condiciones de montaje, dimensiones.

Las exigencias planteadas a un alternador difieren considerablemente según la el tipo de utilización y los criterios aplicables.

También los criterios de rentabilidad varían con los campos de aplicación. Por este motivo no puede existir un alternador universal que cumpla todas las exigencias. Para las diversas condiciones de aplicación y márgenes de potencia de los correspondientes tipos de vehículos y sus motores de propulsión, se han desarrollado diversas versiones básicas de alternadores que se describen en los siguientes apartados.

Datos y tamaños constructivos

La potencia requerida del alternador depende exclusivamente de los consumidores instalados en el vehículo a motor y no del tamaño del vehículo.

Para la selección de un alternador son deter-

minantes, principalmente:

- la tensión del alternador (14 V/28 V),
- la entrega de potencia posible como producto de tensión e intensidad, en todo el margen de revoluciones,
- la corriente máxima.

De acuerdo con estos datos se determinan el dimensionamiento eléctrico y el tamaño requerido del alternador.

Como distintivo de identificación de los tamaños constructivos de alternadores, se utilizan letras. El orden sucesivo alfabético indica el tamaño ascendente del alternador. Una característica principal adicional es el sistema de alternador o rotor (p. ej. alternador de polos intercalados como alternador compacto o en versión monobloc, o con rotor unipolar o rotorguía). Para esta característica, según los diversos tipos de alternador se utiliza una identificación alfanumérica para turismos (p. ej. GC, KC, NC, G1, K1, N1) y otra para vehículos industriales y autobuses (p. ej. K1, N1, T1). Otras posibles variantes son p. ej. la forma de fijación, la forma del ventilador, la polea y las conexiones eléctricas.

Alternadores de polos intercalados con anillos colectores

Los alternadores de polos intercalados con anillos colectores presentan una ejecución compacta con características de potencia favorables y reducido peso. Igualmente amplia es la gama de posibilidades de aplicación. Estos alternadores son especialmente apropiados para turismos, vehículos industriales, tractores, etc. La versión T1 de mayor potencia está destinada a vehículos con gran demanda de corriente (p. ej. autobuses). La fig. 1 muestra la estructura fundamental.

Tabla 1: Tipos de alternadores.

Versión	Aplicación	Tipo	Nº polos
Compacto	Turismos, motocicletas	GC, KC, NC	12
		G1	
Monobloc	Turismos, vehículos indust., tractores, motocicletas	K1, N1	16
	Turismos, vehículos industriales, tractores	T1	
	Autobuses	N3	
	Vehíc. ind. largos recorridos, maqu. de construcción	T3	
Estándar	Vehículos especiales	U2	4, 6
	Vehículos especiales, barcos		

Características

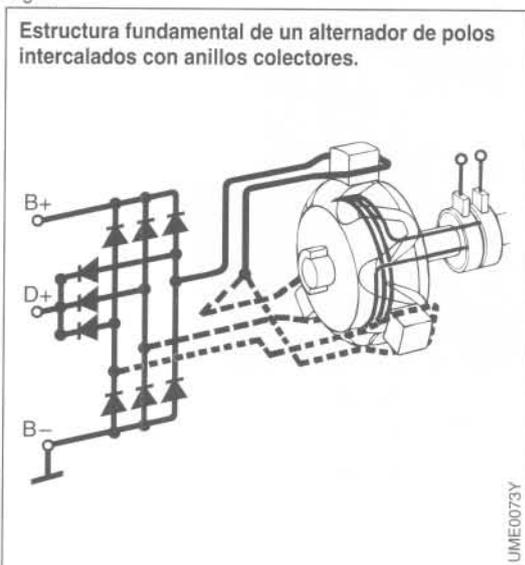
La relación longitud/diámetro elegida permite conseguir máxima potencia con escasa demanda de material. De ello se deriva la forma achatada típica de este alternador, de gran diámetro y corta longitud. Esta forma permite además una buena disipación del calor. La denominación de "alternador de polos intercalados" proviene de la forma de sus polos magnéticos. El árbol del rotor lleva las dos mitades de rueda polar con polaridad opuesta. Cada mitad va provista de polos en forma de garras engarzados entre sí formando alternativamente los polos norte y sur. De ese modo recubren el devanado de excitación, en forma de bobina anular, dispuesto sobre el núcleo polar (fig. 2). El número de polos realizable tiene un límite. Un número de polos pequeño determinaría un rendimiento insuficiente de la máquina, mientras que un número demasiado grande haría aumentar excesivamente las pérdidas magnéticas por fugas. Por esta razón, estos alternadores se construyen, según el margen de potencia, con 12 ó 16 polos.

Alternadores compactos Series constructivas GC, KC y NC

Aplicación

Esta serie consta de los tamaños GC, KC y NC. Los alternadores trifásicos en versión compacta están destinados a turismos con gran demanda de potencia. Son especialmente apropiados para los

Fig. 1



modernos motores de vehículos con régimen de ralentí reducido. La velocidad de giro máxima aumentada del alternador (20.000 min⁻¹ durante breve tiempo) permite una mayor desmultiplicación, por lo que estos alternadores pueden entregar hasta un 25 % más de potencia con una misma velocidad de giro del motor que, p. ej., los alternadores en versión monobloc.

Funcionamiento

La fig. 3 muestra un alternador compacto de 12 polos. El flujo magnético útil pasa por el núcleo polar, la mitad polar izquierda y sus dedos, a través del entrehierro, hasta el paquete fijo de chapas del estátor, con el devanado estático, y se cierra en el núcleo polar, a través de la semirrueda polar derecha. Al girar el rotor, este campo de líneas de fuerza corta las tres ramas del devanado estático fijo, induciéndose en una vuelta (360°) seis ondas senoidales completas en cada fase. La corriente generada se divide en corriente principal y corriente de excitación. La corriente principal, una vez rectificada, fluye como corriente de servicio a través del terminal B+ hacia la batería y los consumidores.

Estructura

Los alternadores compactos son alternadores trifásicos autoexcitados, de 12 polos, con rotor sincrónico de garras polares, anillos colectores pequeños y diodos de potencia Zener, con doble flujo de ventilación. En el estátor se encuentra el devanado trifásico con 12 polos,

Fig. 2



Alternadores

y en el rotor el sistema de excitación con el mismo número de polos.

El paquete de chapas del estátor está fijado a las láminas centrales en la carcasa y centrado con las tapas de cojinete. Esto permite una gran precisión en el montaje del alternador y un ruido "magnético" reducido.

Mediante el estampado de los polos de garras en combinación con la fijación por láminas centrales del paquete del estátor, ha sido posible conseguir una reducción adicional del ruido. Dos ventiladores inferiores refrigeran el alternador desde las caras frontales. Esto reduce el ruido de la ventilación al disminuir el grado de irradiación y permite una mayor libertad de elección del punto de montaje en el motor.

Los anillos colectores presentan un diámetro sensiblemente menor, con lo cual disminuye también la velocidad periférica de los mismos. Con ello disminuye la abrasión, tanto de la superficie de los anillos colectores como de las escobillas, gracias a lo cual la vida útil del alternador ya no está determinada por el desgaste de éstas. El regulador electrónico de campo está integrado en el portaescobillas.

Un revestimiento de plástico protege de la corrosión al rectificador, realizado en versión estratificada, con diodos Z. Los diodos Z ofrecen una protección adicional contra sobretensiones y picos de tensión.

Alternadores compactos Serie constructiva B

Aplicación

La serie B de alternadores compactos para turismos y vehículos industriales es una versión perfeccionada del alternador compacto de primera generación, con mayor vida útil, menores dimensiones, peso más reducido y potencia inicial aumentada. La serie se compone de seis tamaños constructivos con 14 V de tensión nominal y tres tamaños con una tensión nominal de 28 V. El estrecho escalonamiento permite una óptima adaptación a la demanda de potencia y al espacio disponible en el compartimento motor de los automóviles modernos.

Fig. 3

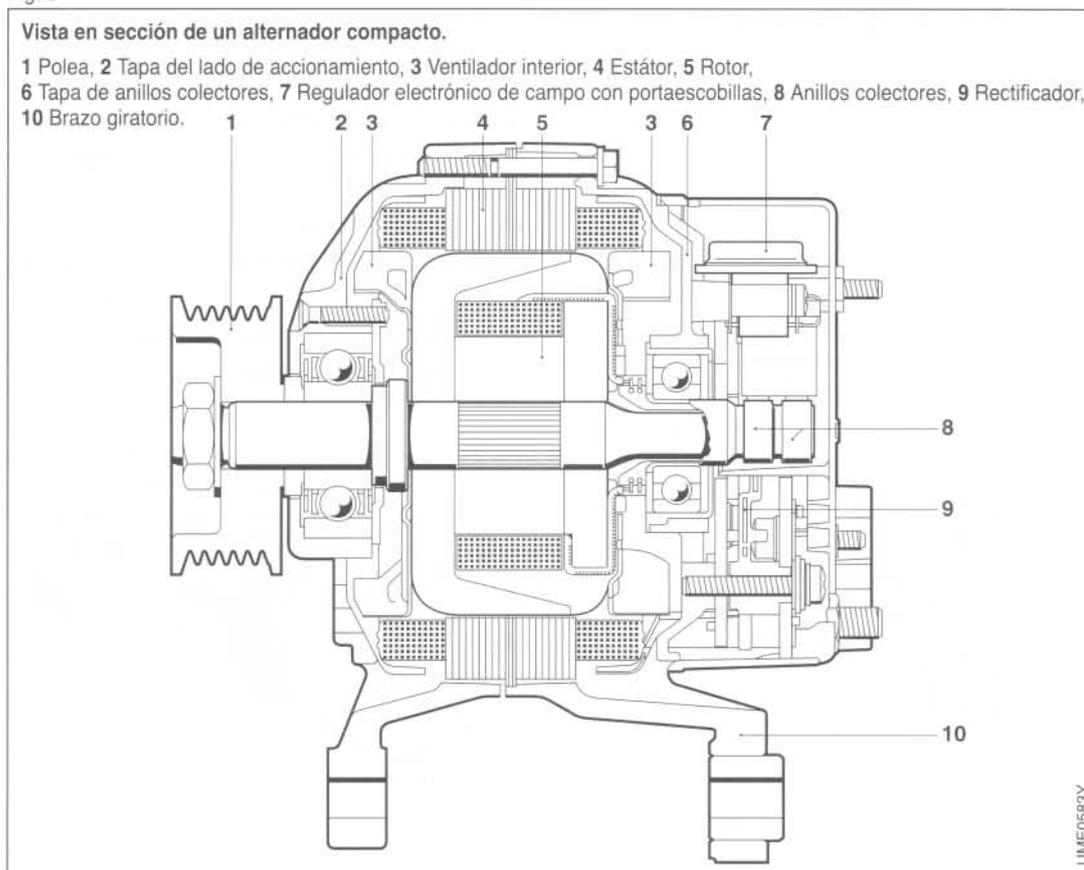


Tabla 2:
Alternadores compactos de la serie constructiva B.

Tamaño constr.	Tensión nominal V	Corriente nominal a	
		1.800 min ⁻¹ A	6.000 min ⁻¹ A
GCB1	14	22	55
GCB2	14	37	70
KCB1	14	50	90
KCB2	14	60	105
NCB1	14	70	120
NCB2	14	90	150
KCB1	28	25	55
NCB1	28	35	80
NCB2	28	40	100

Estructura

La estructura fundamental de un alternador compacto de la serie constructiva B (fig. 4) no se diferencia de la de un alternador compacto convencional.

Una nueva ejecución del rectificador permite un mayor caudal de aire y, por lo tanto una mejor refrigeración. Las tres láminas centrales del paquete de chapas del estátor están fijadas y centradas, en todo el contorno, entre las tapas de cojinete. De esta forma se

mejora, en comparación con el alternador compacto de la primera generación, la resistencia a las vibraciones y el paso de calor desde el hierro del estátor a las tapas de cojinete.

Los alternadores compactos de la serie constructiva B están equipados con reguladores multifuncionales (capítulo "Versiones de reguladores").

Alternadores en versión monobloc
Serie constructivas G1, K1 y N1

Aplicación

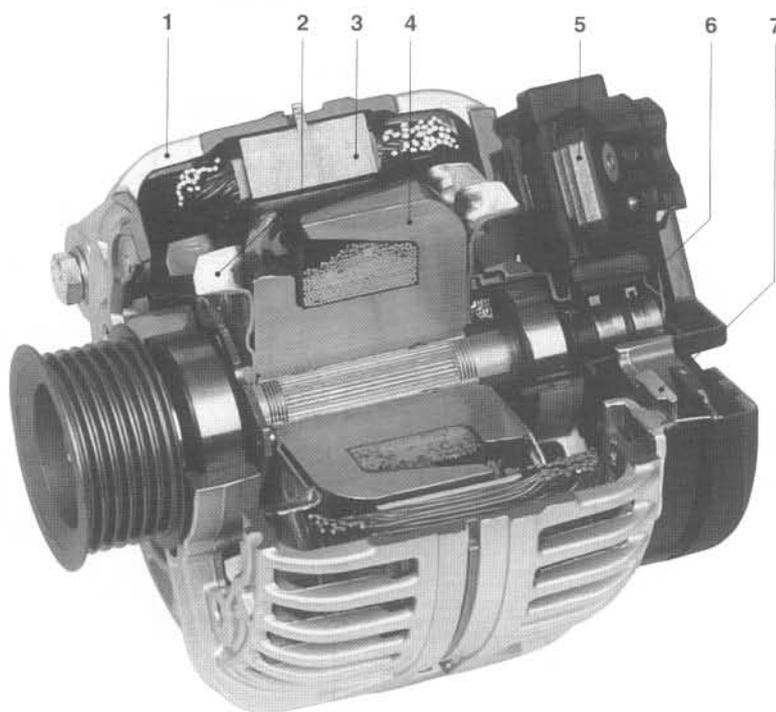
El extenso programa de modelos de alternadores trifásicos en versión monobloc, series constructivas G1, K1 y N1, permite utilizarlos en turismos y vehículos industriales, aunque los turismos se equipan cada vez más con alternadores compactos.

Para las distintas solicitaciones a que están sometidos en el vehículo, existen versiones especiales, p. ej. con protección especial contra la corrosión o con adaptador para conexión de manguitos.

Fig. 4

Alternador compacto de la serie constructiva B (corte parcial).

- 1 Carcasa con doble flujo de ventilación, 2 Ventilador interior, 3 Estátor, 4 Rotor, 5 Regulador,
- 6 Anillos colectores exteriores, 7 Rectificador exterior.



UIME0648Y

Alternadores

Funcionamiento

La funcionamiento de los alternadores en versión monobloc es igual al de los alternadores compactos. La fig. 5 muestra un alternador trifásico del tipo K1.

Estructura

Los alternadores en versión monobloc son alternadores trifásicos con un solo flujo de ventilación, autoexcitados, de 12 polos. El paquete del estátor va fijado entre la tapa del lado de accionamiento y la tapa de anillos colectores. En estas dos partes de la carcasa se encuentra el rotor, apoyado en dos rodamientos. Por el lado de accionamiento van fijados al árbol del rotor el ventilador y la polea. El devanado de excitación recibe la corriente de excitación a través de las escobillas, montadas en la tapa de anillos colectores y presionadas contra éstos por medio de muelles.

En las chapas de refrigeración de la tapa de anillos colectores van montados a presión los seis diodos de potencia para la rectificación de la tensión del alternador. En la mayoría de las versiones, el regulador electrónico de tensión va montado formando una unidad con el

portaescobillas, directamente en la cara frontal de la tapa de anillos colectores.

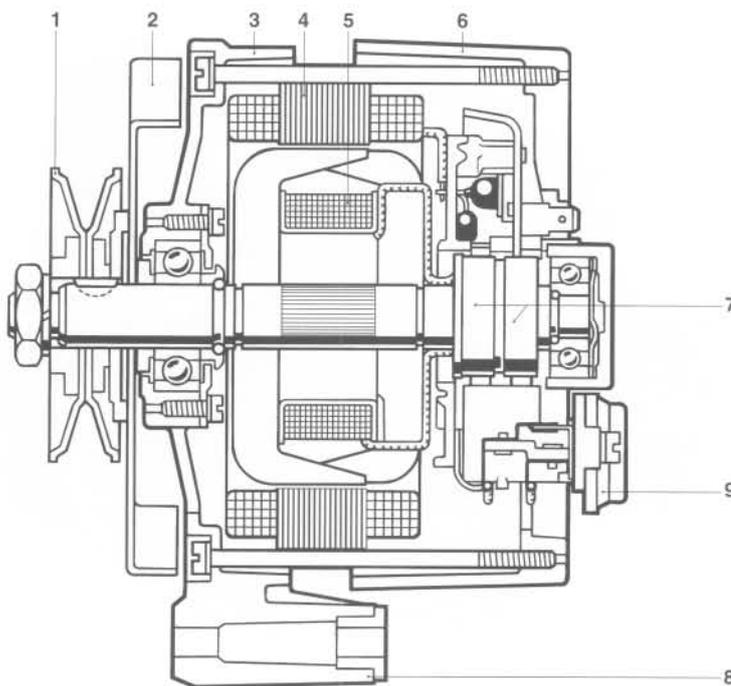
Para condiciones de utilización especiales, los alternadores K1 y N1 están provistos del siguiente equipamiento:

- A través de un adaptador de conexión de tubos flexibles se aspira aire fresco por un manguito si la temperatura ambiente es muy elevada.
- La velocidad máxima de giro puede aumentarse hasta 18.000 min⁻¹.
- Para condiciones de montaje muy desfavorables existe una protección especial contra la corrosión.
- Para la protección de componentes sensibles a los picos de tensión en caso de desconexión repentina de la carga ("load dump") y funcionamiento sin batería, se utilizan diodos de potencia Z para la rectificación.

Fig. 5

Vista en sección de un alternador de polos intercalados.

1 Polea, 2 Ventilador, 3 Tapa del lado de accionamiento, 4 Paquete del estátor, 5 Devanado de excitación, 6 Tapa de anillos colectores, 7 Anillos colectores, 8 Brazo giratorio, 9 Regulador.



JME0074Y

**Alternadores en versión monobloc
Serie constructiva T1**

Aplicación

Los alternadores trifásicos en versión monobloc de la serie constructiva T1 están previstos para vehículos con elevado consumo de corriente, sobre todo para autobuses. Los autobuses urbanos requieren una elevada entrega de potencia dentro de un amplio margen de revoluciones, que abarca también el ralentí del motor. Los alternadores T1 son especialmente apropiados para este campo de aplicación.

Funcionamiento

El funcionamiento es idéntico al de los alternadores en versión monobloc de las series constructivas G1, K1 y N1.

Estructura

Los alternadores T1 son alternadores trifásicos con un solo flujo de ventilación, autoexcitados y de 16 polos, con diodos rectificadores incorporados y anillos colectores encapsulados. En el estátor va alojado el devanado trifásico y, en el rotor, el sistema de excitación.

Los alternadores T1 se fabrican en versión de brazo giratorio, con brazo de fijación a la izquierda o a la derecha, para fijación elástica o rígida. Rodamientos especialmente anchos con grandes reservas de grasa, permiten largos tiempos de utilización sin mantenimiento. Los alternadores están refrigerados por ventiladores independientes del sentido de giro y protegidos en invierno contra las salpicaduras de agua dulce y agua con sal mediante medidas anticorrosión especiales. En caso de solicitaciones extremas (calor y polvo) puede aspirarse aire fresco, seco y exento de polvo, a través de un adaptador y un tubo flexible dispuesto con ese fin.

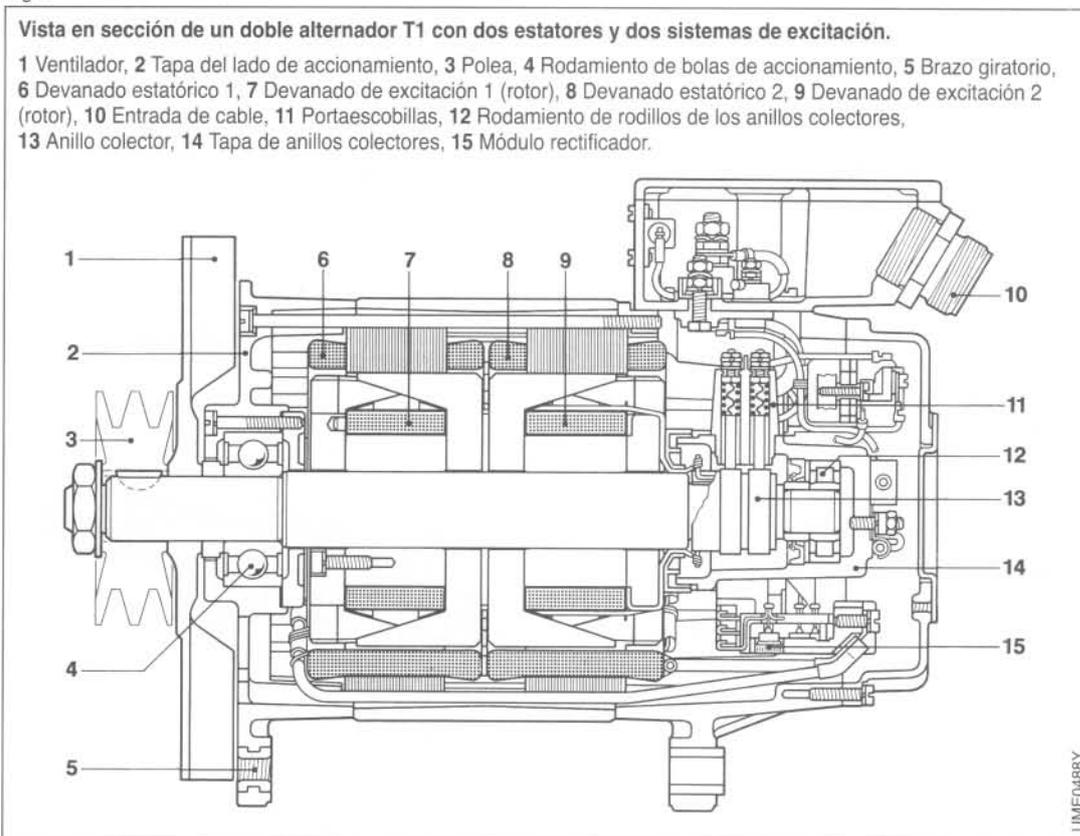
**Versión especial
Serie constructiva DT1**

El doble alternador T1 tiene la misión de satisfacer las crecientes exigencias de potencia planteadas al sistema de alternador como consecuencia de los crecientes deseos de confort en los autobuses. En principio, se compone de dos alternadores de la serie constructiva T1, acoplados eléctrica y mecánicamente en una carcasa común (fig. 6).

Fig. 6

Vista en sección de un doble alternador T1 con dos estatores y dos sistemas de excitación.

- 1 Ventilador, 2 Tapa del lado de accionamiento, 3 Polea, 4 Rodamiento de bolas de accionamiento, 5 Brazo giratorio, 6 Devanado estatórico 1, 7 Devanado de excitación 1 (rotor), 8 Devanado estatórico 2, 9 Devanado de excitación 2 (rotor), 10 Entrada de cable, 11 Portaescobillas, 12 Rodamiento de rodillos de los anillos colectores, 13 Anillo colector, 14 Tapa de anillos colectores, 15 Módulo rectificador.



UMED488Y

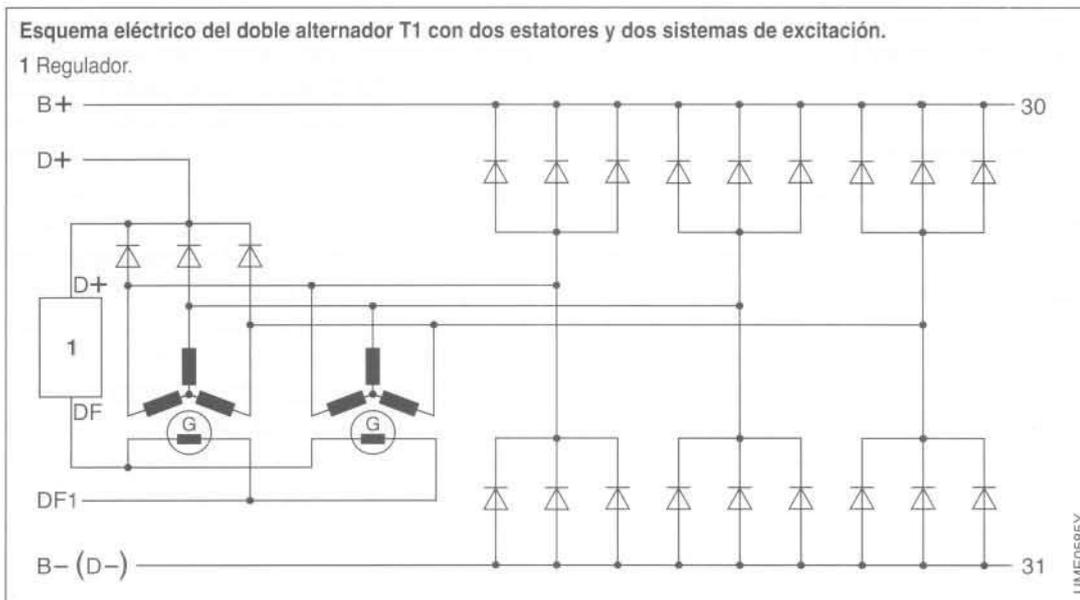


Fig. 7

El regulador electrónico de tensión está montado en el alternador. Las escobillas y los anillos colectores se encuentran dentro de una cámara de anillos colectores protegida contra el polvo. Una resistencia de 100 Ω entre D+ y D-, hace que se encienda la lámpara de control del alternador en caso de interrupción del campo. La fig. 7 muestra el esquema de un doble alternador T1 con dos estatores y dos sistemas de excitación.

de polos individuales, de cuatro polos, autoexcitado. En cada vuelta del rotor tienen lugar cuatro pasos polares, induciéndose cuatro semiondas por devanado. Es decir, para tres fases, $4 \times 3 = 12$ semiondas por vuelta.

Alternadores de polos individuales con anillos colectores

Serie constructiva U2

Los alternadores de polos individuales presentan, además de un elevado margen de potencia, una gran potencia específica.

Aplicación

Los alternadores de polos individuales con anillos colectores se utilizan preferentemente para vehículos grandes con gran demanda de corriente (> 100 A) y tensiones de batería de 24 V. Son especialmente apropiados, por lo tanto, para autobuses, vehículos sobre raíles, embarcaciones y grandes vehículos especiales.

Funcionamiento

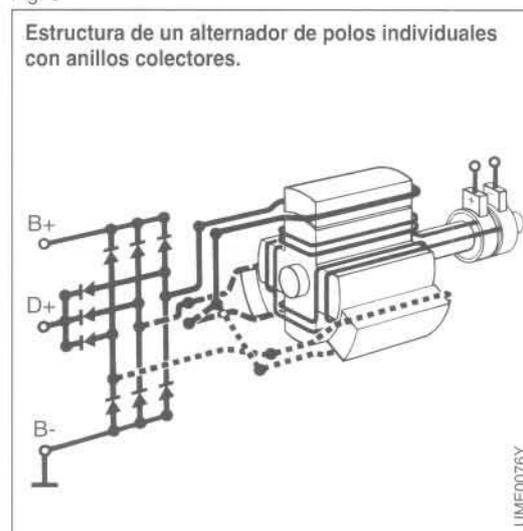
El alternador según la fig. 8 es un alternador

Estructura

La disposición del devanado estático trifásico y la variación de corriente son idénticas a las del alternador de polos intercalados. Sin embargo, el rotor de este tipo básico de alternador (fig. 9) difiere del sistema del rotor de garras polares.

El rotor de garras presenta un devanado de excitación central que actúa conjuntamente para todos los polos. El de polos individuales, por el contrario, lleva cuatro o seis polos

Fig. 8



individuales a los que está aplicado directamente el devanado de excitación.

Cada uno de estos polos está bobinado individualmente. La forma característica del rotor determina la esbelta forma cilíndrica alargada del alternador de polos individuales. En la carcasa cilíndrica del alternador está dispuesto el estátor con el devanado estatórico trifásico. La carcasa está cerrada por una tapa de anillos colectores y una tapa de cojinete de accionamiento. El rotor de polos individuales alojado en el interior lleva el devanado de excitación. La corriente de excitación se conduce a través de los anillos colectores y las escobillas. El rectificador y el regulador son componentes externos que se montan separados del alternador en un lugar protegido contra el calor del motor, la humedad y la suciedad. La conexión entre el alternador y el regulador se realiza mediante un juego de cables de seis conductores.

Gracias al encapsulado de los anillos colectores y a un rodamiento de bolas con cámara de grasa ampliada, este alternador es apropiado para funcionar largo tiempo ininterrumpidamente.

Alternadores con rotor-guía sin anillos colectores

Serie constructiva N3

Las únicas piezas sujetas a desgaste de los alternadores con rotor-guía son los rodamientos. Estos alternadores se utilizan allí donde la larga duración es un factor decisivo.

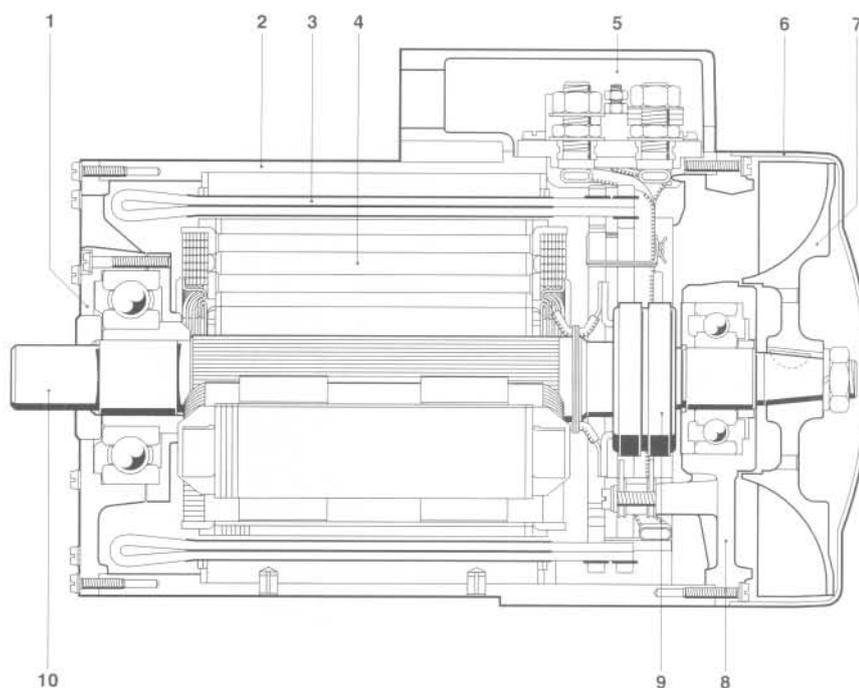
Aplicación

Los alternadores sin anillos colectores con cojinetes resistentes propios, se emplean en maquinaria de construcción, camiones para largos recorridos y vehículos especiales sometidos a grandes esfuerzos. La importancia de los alternadores con rotor-guía estriba en que permiten recorrer distancias extremadamente grandes en condiciones difíciles. Su principio constructivo se basa en la idea de emplear en el alternador el menor número posible de piezas de desgaste, para conseguir así prolongados tiempos de servicio sin mantenimiento. Este alternador está prácticamente exento de mantenimiento.

Fig. 9

Vista en sección de un alternador de polos individuales, tipo U2.

1 Tapa del lado de accionamiento, 2 Carcasa, 3 Devanado estatórico, 4 Rotor, 5 Conexión de corriente trifásica (rectificador y regulador separados), 6 Tapa protectora, 7 Ventilador, 8 Tapa de anillos colectores, 9 Anillo colector, 10 Arbol de accionamiento.



UMED567Y

Alternadores

Funcionamiento y estructura

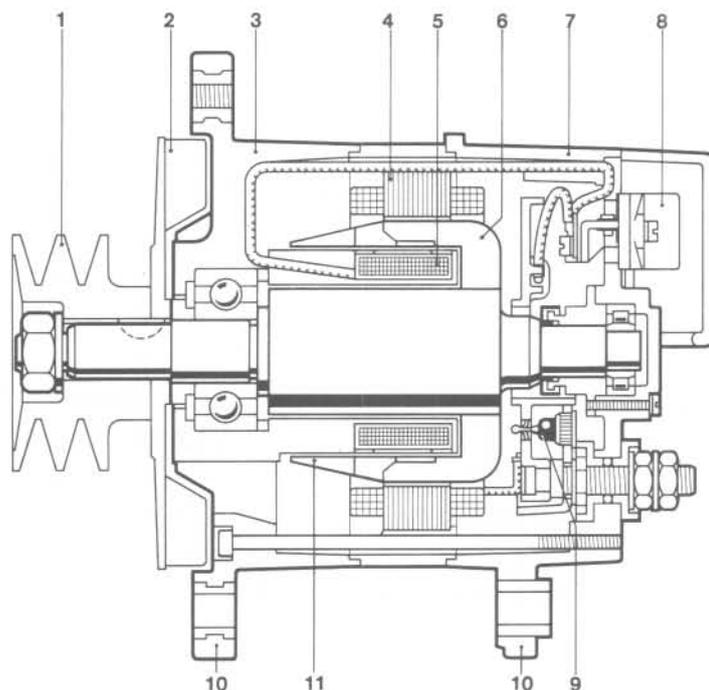
El alternador se autoexcita por medio del devanado de excitación fijo situado sobre el polo interior. Como la remanencia es lo suficientemente grande, no es necesaria la preexcitación del campo del alternador. El campo de excitación magnetiza los dedos polares, dispuestos alternadamente, del rotor-guía giratorio. El campo magnético giratorio de estos polos induce a su vez una tensión alterna trifásica en el devanado estatístico. El flujo magnético discurre desde el núcleo polar del rotor giratorio a través del polo interior fijo hasta la pieza guía, y luego a través de sus polos hasta el paquete del estátor fijo. A través de la mitad de las garras de polos intercalados, de polaridad opuesta, se cierra el circuito magnético en el núcleo polar del rotor. Al contrario que en el rotor de anillos colectores, el flujo magnético debe superar dos entrehierros adicionales entre la rueda polar giratoria y el polo interior fijo (fig. 10).

Normalmente, además de la carcasa con el paquete del estátor, las chapas de refrigeración con los diodos de potencia y el regulador transistorizado de montaje adosado,

Fig. 10

Vista en sección de un alternador con rotor-guía, tipo N3.

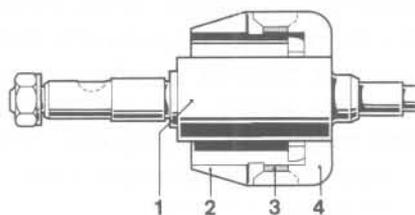
- 1 Polea de doble ranura, 2 Ventilador, 3 Tapa del lado de accionamiento con polo interior fijo,
- 4 Paquete del estátor, 5 Devanado de excitación fijo, 6 Rotor-guía, 7 Tapa de cojinete trasera,
- 8 Regulador transistorizado de montaje adosado, 9 Diodo de potencia, 10 Brazo giratorio, 11 Pieza guía.



UMED0043Y

Vista en sección de un rotor-guía.

- 1 Arbol del rotor con núcleo polar, 2 Pieza guía,
- 3 Anillo de sujeción no magnético, 4 Mitad de rueda polar.



UMED0079Y

Fig. 11

pertenece también a la parte fija de la máquina el polo interior con el devanado de excitación. La parte giratoria consta únicamente del rotor con la rueda polar y la pieza guía (fig. 11). Seis dedos polares de igual polaridad forman respectivamente una corona polar como polos norte o sur.

Las dos coronas, como mitades con polos en forma de garras, se mantienen juntas mediante un anillo no magnético dispuesto bajo los polos, engarzados entre sí.

Alternador compacto de refrigeración líquida.

El ventilador necesario para la refrigeración es la causa determinante del ruido de flujo en los alternadores refrigerados por aire. Una reducción considerable del ruido con una entrega de corriente mayor sólo puede lograrse con un alternador de refrigeración líquida, para cuya refrigeración se utiliza el líquido refrigerante del motor.

Aplicación

En los vehículos modernos de clase media y superior, la utilización de un alternador totalmente encapsulado y de refrigeración líquida es hasta ahora la única posibilidad de reducir decisivamente la rumorosidad en el vehículo. La insonorización de la envoltura de líquido refrigerante actúa sobre todo a altas revoluciones, régimen en el que es especialmente acusado el ruido de flujo en los alternadores refrigerados por aire.

El calor disipado del alternador bajo la correspondiente carga del mismo (p. ej. mediante resistencias calefactoras en la entrada de aire al habitáculo) favorece el calentamiento del

agua refrigerante durante la fase de calentamiento, lo cual contribuye sobre todo en los modernos motores Diesel con grado de rendimiento optimizado, a reducir la duración de fase de calentamiento del motor y al rápido calentamiento del habitáculo.

Estructura

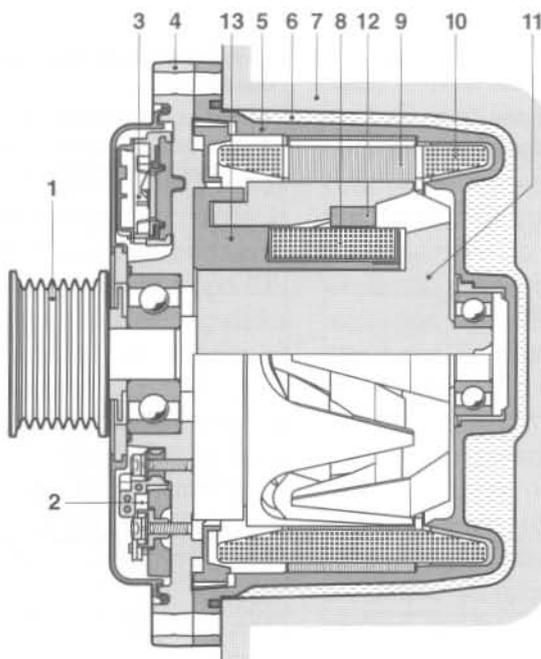
El alternador totalmente encapsulado está ejecutado con un rotor-guía sin anillos colectores, porque un sistema de escobillas y anillos colectores no ofrecería una vida útil suficiente debido a las altas temperaturas del interior.

El alternador está fijado en una carcasa de inserción. La envoltura de líquido refrigerante entre la carcasa del alternador y la carcasa de inserción está en comunicación con el circuito de refrigeración del motor. Todas las fuentes de pérdidas esenciales (estátor, semiconductor de potencia, regulador y devanado de excitación fijo) están acoplados a la carcasa del alternador de forma que puede producirse una buena conducción del calor (fig. 12). Las conexiones eléctricas se encuentran en el lado de accionamiento.

Fig. 12

Alternador compacto de refrigeración líquida.

- 1 Polea, 2 Rectificador, 3 Regulador, 4 Tapa del lado de accionamiento, 5 Carcasa del alternador,
- 6 Envoltura de líquido refrigerante, 7 Carcasa de inserción para montar el motor o resp. carcasa del motor,
- 8 Devanado de excitación fijo, 9 Paquete del estátor, 10 Devanado estatórico, 11 Rotor-guía.
- 12 Anillo no magnético, 13 Pieza guía.



LIME0649-1Y

Versiones de reguladores

El regulador de contactos electromagnéticos (mecánico) y el regulador electrónico son las dos versiones fundamentales de reguladores para la regulación de tensión.

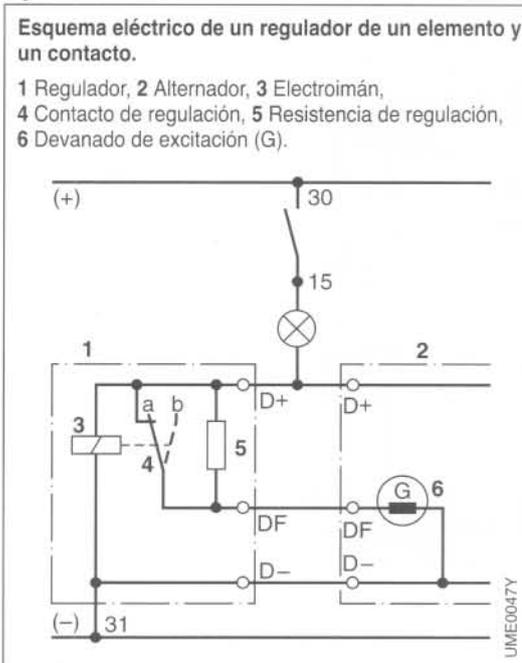
El regulador electromagnético prácticamente ya sólo se utiliza como recambio. El regulador electrónico en técnica híbrida o monolítica forma parte del equipamiento de serie en todos los alternadores trifásicos.

Reguladores de tensión electromagnéticos

Mediante la apertura y el cierre de un contacto móvil en el circuito de corriente de excitación se interrumpe la corriente de excitación produciéndose así una modificación de la misma. El contacto móvil es presionado por la fuerza de un muelle contra un contacto fijo y es separado de éste por un electroimán al sobrepasarse la tensión teórica.

Los reguladores de contactos apropiados para alternadores trifásicos son de un solo elemento, es decir, reguladores con un elemento regulador de tensión compuesto de electroimán, inducido y contacto de regulación.

Fig. 1



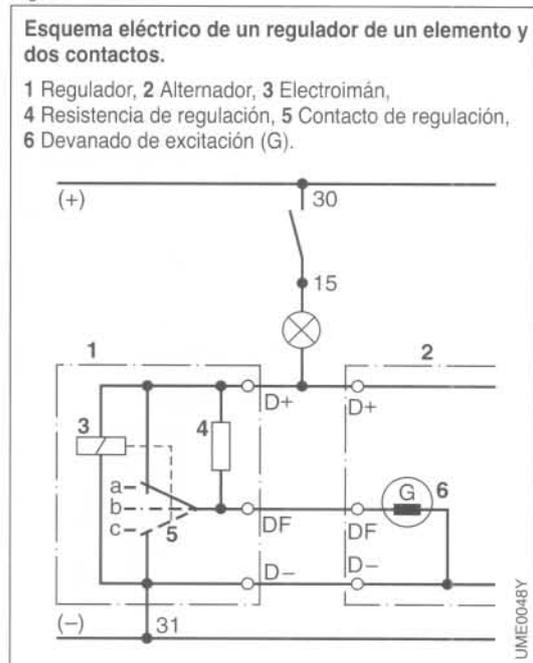
En el regulador de un elemento y un contacto, los contactos abren y cierran como sigue (fig. 1): Sobre el inducido del regulador actúa por una parte la fuerza magnética y por otra la fuerza elástica de un muelle de ajuste y suspensión.

Si la tensión del alternador sobrepasa el valor teórico, la fuerza magnética atrae al inducido y abre así el contacto (posición de conexión b). Con ello se conecta una resistencia en el circuito de corriente de excitación que origina un descenso de esta corriente, lo que provoca a su vez un descenso de la tensión del alternador. Si la tensión del alternador llega a ser inferior al valor teórico, disminuye otra vez la fuerza magnética. La fuerza elástica es entonces superior y cierra así el contacto (posición de conexión a). Este proceso se repite continuamente.

El regulador de dos contactos y un elemento trabaja con una segunda pareja de contactos, lo que posibilita tres posiciones de conexión (fig. 2).

En la posición de conexión "a" la resistencia de regulación se encuentra en cortocircuito, por lo que circula una elevada corriente de excitación. En la posición de conexión "b" están conectados en serie la resistencia de regulación y el devanado de excitación, lo que reduce la corriente de excitación. En la posición de conexión "c" se cortocircuita el devanado de excitación, con lo que la

Fig. 2



corriente de excitación es prácticamente nula. El tamaño constructivo y las propiedades sólo permiten el montaje adosado a la carrocería.

Reguladores de tensión electrónicos

El regulador de tensión electrónico se emplea exclusivamente para alternadores trifásicos. Sus pequeñas dimensiones, reducido peso e insensibilidad a las sacudidas, permiten integrarlo directamente en el alternador.

Mientras que anteriormente el regulador transistorizado estaba formado por componentes discretos, actualmente sólo se utilizan reguladores construidos en técnica híbrida y monolítica.

Las ventajas esenciales del regulador electrónico son las siguientes:

- tiempos de conexión más breves, que posibilitan menores tolerancias de regulación,
- ausencia de desgaste (no requieren mantenimiento),
- elevadas corrientes de conmutación (menor número de tipos diferentes),
- conmutación sin chispa, lo que evita interferencias radioeléctricas,
- resistentes a los choques, vibraciones e influencias climáticas,
- compensación electrónica de la temperatura, lo que también permite reducir las tolerancias de regulación,
- pequeño tamaño, lo que posibilita el montaje adosado al alternador, incluso en alternadores de gran potencia.

Funcionamiento

El funcionamiento del regulador electrónico es en principio el mismo en las distintas ejecuciones y se explica aquí tomando como ejemplo el regulador transistorizado tipo EE. La fig. 3 muestra las funciones del regulador tipo EE entre los estados de regulación "conectado" y "desconectado".

El funcionamiento queda claro si se observan los procesos que tienen lugar al aumentar y disminuir la tensión en los terminales del alternador. El valor real de la tensión del alternador entre los terminales D+ y D- es registrado por un divisor de tensión (resistencias R1, R2 y R3). En paralelo con R3 está conectado, como transmisor del valor nominal del regulador, un diodo Z que se

encuentra sometido constantemente a una tensión parcial proporcional a la tensión del alternador.

Mientras el valor real de la tensión del alternador sea inferior al valor teórico, existe el estado de regulación "conectado" (fig. 3a). No se ha alcanzado aún la tensión de corte del diodo (Z), es decir, no pasa corriente por la rama del circuito del diodo Z en dirección a la base del transistor T1. T1 está cortado. Con el transistor T1 en corte, circula corriente desde los diodos de excitación, a través el terminal D+ y de la resistencia R6 hacia la base del transistor T2, que se hace así conductor. Al entrar en conducción, el transistor T2 establece conexión entre el terminal DF y la base de T3. Con ello el transistor T3 es también conductor, igual que T2. Los transistores T2 y T3 están realizados como etapa Darlington y constituyen la etapa de potencia del regulador. A través de T3 y del devanado de excitación fluye la corriente de excitación I_{err} , que aumenta durante el tiempo de conexión y provoca a su vez un aumento de la tensión del alternador U_G . Al mismo tiempo aumenta también la tensión en el transmisor de valor teórico. Si el valor real de la tensión del alternador sobrepasa el valor teórico, existe el estado de regulación "desconectado" (fig. 3b).

El diodo Z se vuelve conductor al alcanzarse la tensión de corte. Desde D+ circula una corriente a través de las resistencias R1, R2 por la rama donde se encuentra el diodo Z, hacia la base del transistor T1, que se vuelve también conductor. A consecuencia de ello, la tensión en la base de T2 cae prácticamente a cero con respecto al emisor y ambos transistores T2 y T3 quedan cortados como etapa de potencia. El circuito de corriente de excitación queda interrumpido, se extingue la excitación y disminuye la tensión del alternador. En cuanto dicha tensión cae por debajo del valor nominal y el diodo Z vuelve al estado de corte, la etapa de potencia conecta de nuevo la corriente de excitación.

Al interrumpirse la corriente de excitación debido a la autoinducción en el devanado de excitación (energía magnética acumulada), se produciría un pico de tensión que podría destruir los transistores T2 y T3 si no se impidiese conectando en paralelo al devanado de excitación el "diodo extintor" D3.

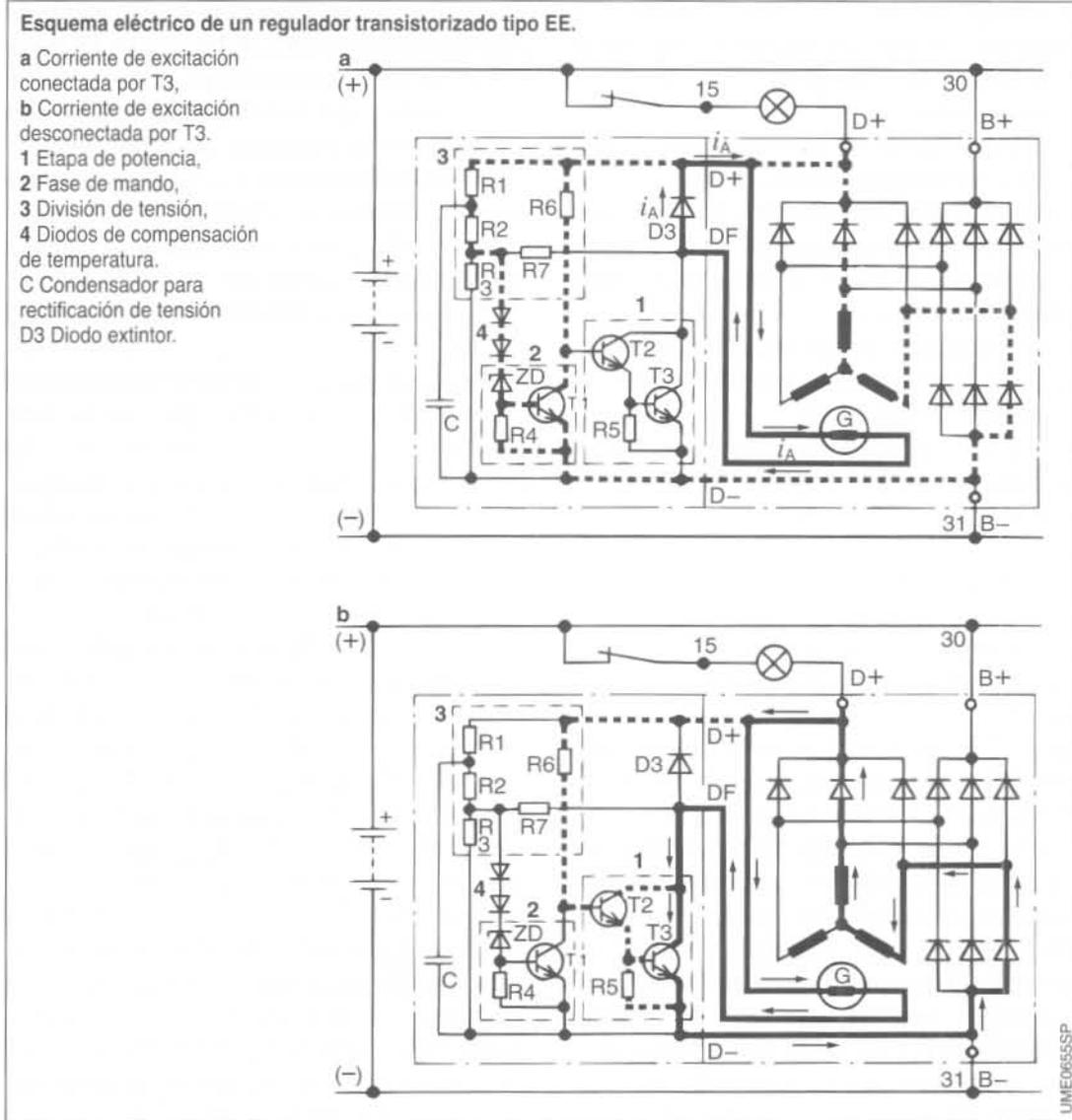
Alternadores

El diodo extintor se hace cargo de la corriente de excitación en el momento de la interrupción e impide que se produzca el pico de tensión. El ciclo de regulación de conexión y desconexión del flujo de corriente, en el cual el devanado de excitación es sometido alternativamente a la tensión del alternador o cortocircuitado a través del diodo extintor, se repite periódicamente. La cadencia depende esencialmente de la velocidad de rotación del alternador y de la carga. El condensador C rectifica la tensión continua ondulada del alternador. La resistencia R7 asegura una conmutación rápida y exacta de los transistores T2 y T3, a la vez que reduce las pérdidas de conmutación.

Reguladores en técnica híbrida

Un regulador transistorizado en técnica híbrida contiene, en un encapsulado hermético, una placa cerámica con resistencias de protección en técnica de capa gruesa y un circuito conmutador integrado (IS o IC), que reúne todas las funciones de control y regulación. Los componentes de potencia de la etapa final (transistores Darlington y diodo extintor) están soldados directamente a la base metálica, con el fin de garantizar una buena disipación de calor. Las conexiones eléctricas pasan al exterior a través de clavijas metálicas aisladas con vidrio. El regulador está montado sobre un portaescobillas especialmente diseñado, y va fijado directamente al alternador, sin ningún cable.

Fig. 3



Debido a la conexión Darlington en la etapa final de potencia (dos transistores), la caída de tensión en la dirección de flujo es de 1,5 V aproximadamente.

El esquema eléctrico (fig. 4) muestra un alternador trifásico con el regulador de tensión en técnica híbrida tipo EL.

Sus propiedades características son: ejecución compacta, reducido peso, pocos componentes y puntos de unión, y gran fiabilidad de funcionamiento en el vehículo bajo condiciones extremas de servicio.

El regulador en técnica híbrida con diodos normales se emplea principalmente en alternadores monobloc.

Regulador en técnica monolítica

El regulador en técnica monolítica es una versión perfeccionada del regulador híbrido. Las funciones del IC, de la etapa de potencia y del diodo extintor del regulador híbrido, están integradas en un Chip. El regulador monolítico está realizado en técnica bipolar. Se ha aumentado su fiabilidad mediante una ejecución compacta, es decir, con menor número de componentes y de uniones. La etapa final está realizada como etapa de potencia sencilla, por lo que la caída de tensión en la dirección de flujo es de sólo 0,5 V.

Los reguladores monolíticos, en combinación con rectificadores (diodos Z), se utilizan en alternadores compactos.

Regulador de tensión multifuncional

El regulador de tensión multifuncional puede estar equipado, además de la regulación de tensión, por ejemplo con un indicador LED en lugar de la lámpara de control del alternador y con un indicador de fallos de tensión insuficiente y sobretensión, rotura de la correa trapezoidal o interrupción de la excitación.

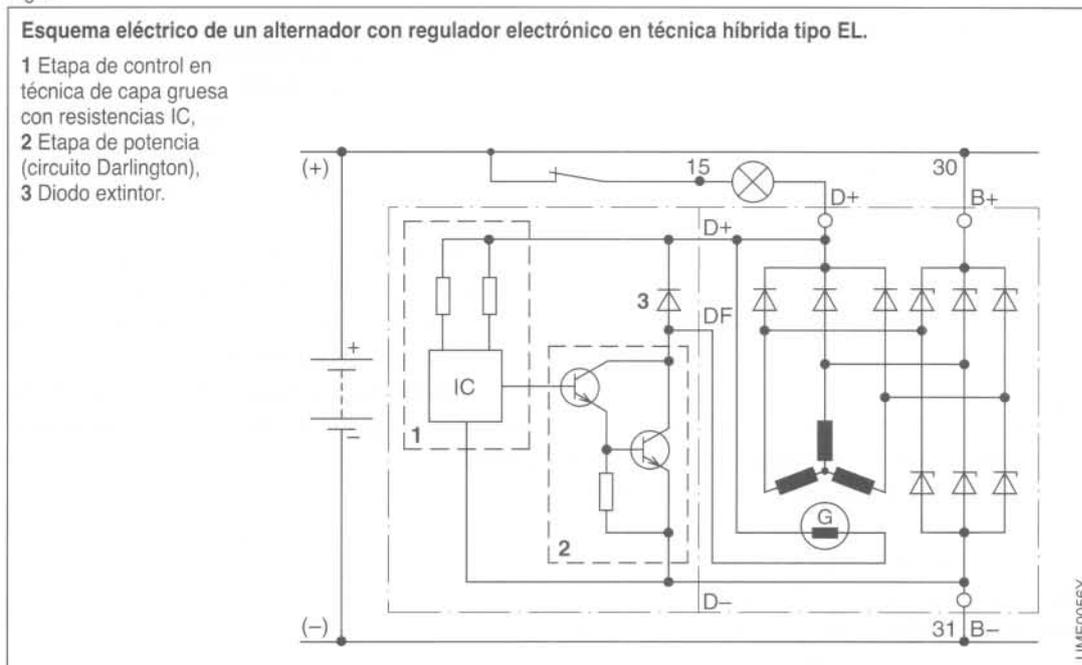
En este caso el alternador ya no requiere diodos de excitación. La señal de "motor en marcha" puede interrogarse a través de la conexión L. La conexión W suministra una señal proporcional a la velocidad de giro. La toma del valor real de la tensión se realiza en el terminal B+ del alternador.

La versión estándar para alternadores compactos de la serie B ofrece funciones adicionales:

La excitación del alternador se adapta en rampa a las conexiones de cargas que se producen en el sistema eléctrico del vehículo. De este modo se evitan los saltos de par en la transmisión por correa los cuales, p. ej., afectarían a la uniformidad del ralentí del motor (LRD: Load-Response Drive; LRS: Load-Response Start).

La relación de impulsos del regulador puede interrogarse a través de la conexión DFM. Esta relación caracteriza el grado de carga que soporta el alternador y puede aplicarse para circuitos preferentes (p. ej. para desconectar consumidores de baja prioridad en caso de

Fig. 4



saturación de la capacidad del alternador). La conexión L está prevista para activaciones de relés de hasta 0,5 A como máximo. La potencia de pérdida de la lámpara de control del alternador en el cuadro de instrumentos es, con frecuencia, demasiado alta y perturbadora, pero puede reducirse p. ej. mediante transición a una indicación LED. Los reguladores de tensión multifuncionales permiten activar indistintamente bombillas o diodos LED como elementos indicadores.

Protección contra sobretensiones

Si la batería está correctamente conectada y las condiciones de marcha son normales, el sistema electrónico del vehículo no requiere una protección adicional contra sobretensiones. La baja resistencia interna de la batería de arranque amortigua todos los picos de tensión que se presentan en el sistema eléctrico.

No obstante, como medida preventiva para condiciones anormales de servicio, p. ej. para vehículos de transporte de mercancías peligrosas, o para el caso de averías en el sistema eléctrico del vehículo, es conveniente con frecuencia disponer de una protección contra sobretensiones.

Causas de sobretensiones

Las sobretensiones en la sistema eléctrico del vehículo pueden producirse en la siguientes situaciones:

- fallo del regulador,
- influencia del encendido,
- desconexión de consumidores eléctricos con carga predominantemente inductiva,
- contactos flojos o rotura de cable.

Las sobretensiones son picos de tensión muy breves, del orden de milisegundos. Los picos de tensión más elevados son de unos 350 V y proceden de la bobina de encendido. Las sobretensiones se producen también cuando, estando el motor en marcha, se interrumpe el cable entre el alternador y la batería (p. ej. al arrancar con otra batería externa) y se

desconectan consumidores eléctricos potentes. Por este motivo, el alternador del vehículo no debe funcionar con la batería desconectada durante la marcha normal.

No obstante, en determinadas situaciones hay que considerar la posibilidad de un funcionamiento breve o de emergencia sin batería.

He aquí algunos ejemplos de situaciones de este tipo:

- conducción, sin batería, de vehículos recién fabricados desde el final de la cadena de montaje hasta el lugar de estacionamiento.
- carga en ferrocarril o en barco sin batería (la batería se instala poco antes de entregar el vehículo al cliente),
- en caso de operaciones del servicio pos-venta etc.

Tampoco en el caso de remolcadores y tractores puede evitarse siempre un funcionamiento ocasional sin batería.

La protección contra sobretensiones garantiza un servicio sin anomalías; no obstante, esta protección exige una complejidad de conexión adicional.

Clases de protección

Para la protección contra sobretensiones existen tres alternativas:

Protección mediante diodos Z

En lugar de los diodos de potencia del rectificador, pueden utilizarse diodos Z. Estos limitan los picos de tensión de alta energía producidos para que no causen daños en el alternador ni el regulador. Los diodos Z ofrecen además una protección central contra sobretensiones a otros consumidores del sistema eléctrico del vehículo sensibles a la tensión.

La tensión de un rectificador equipado con diodos Z es de 25 ... 30 V con una tensión de alternador de 14 V, y de 50 ... 55 V con una tensión de alternador de 28 V.

Los alternadores trifásicos en versión compacta están equipados fundamentalmente con diodos Z.

Alternador y regulador en versión resistente a la tensión

En estos alternadores están montados componentes semiconductores con mayor resistencia a la tensión. La resistencia a la tensión de los semiconductores es de por lo menos 200 V con alternador de 14 V, y de 350 V con alternador de 28 V.

Además, entre el terminal del alternador B+ y masa está conectado un condensador que sirve simultáneamente para el antiparasitado próximo.

Los alternadores y reguladores resistentes a la tensión presentan únicamente una función de autoprotección. Es decir, no ofrecen ninguna protección remota para otros consumidores y componentes sensibles a la tensión instalados en el sistema eléctrico del vehículo.

Dispositivos de protección contra sobretensiones

(sólo para alternadores de 28 V)

Los dispositivos de protección contra sobretensiones son circuitos de semiconductores conectados a los terminales del alternador D+ y D- (masa). Al producirse picos de tensión, se conecta en cortocircuito el alternador a través del devanado de excitación. Los dispositivos de protección contra sobretensiones protegen en primer término al alternador y al regulador, y sólo en segundo lugar a los consumidores sensibles a la tensión del sistema eléctrico del

vehículo.

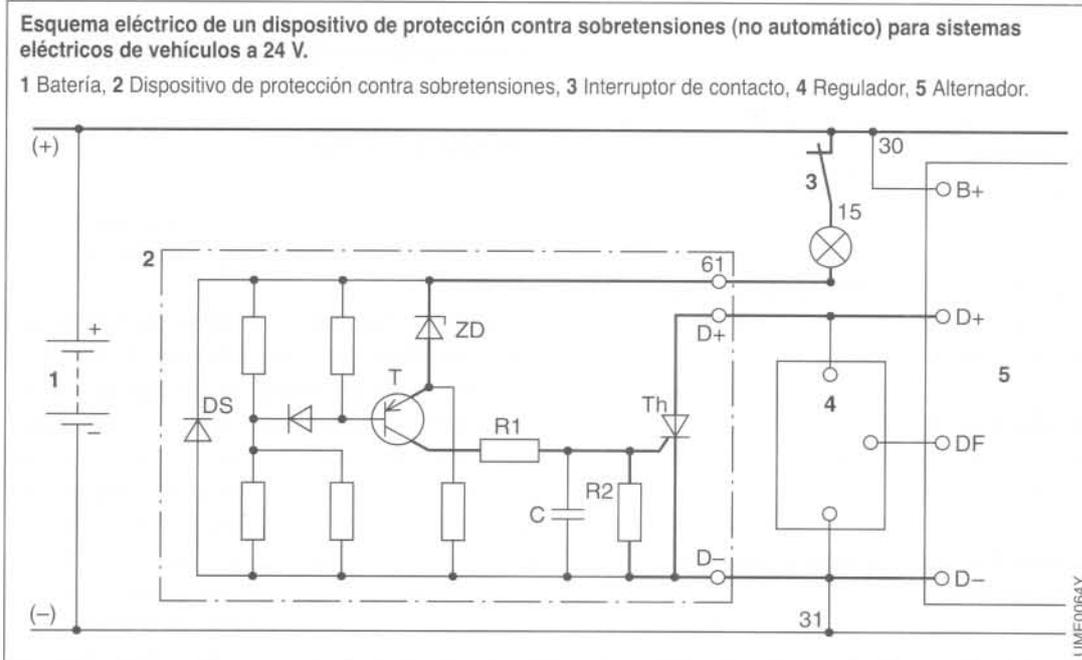
Normalmente, los alternadores trifásicos no presentan protección contra polaridad incorrecta. Los errores de polaridad de la batería (p. ej. confusión de los polos de la batería en la ayuda de arranque con una batería externa) provoca la destrucción de los diodos del alternador y pone en peligro a los componentes semiconductores de otros aparatos.

Dispositivo de protección contra sobretensiones no automático

Este dispositivo se conecta directamente a los terminales D+ y D- de los alternadores de la serie T1, p. ej. en autobuses o vehículos industriales (fig. 1). Si en estos terminales se forma un pico de tensión o una sobretensión que supere el valor de activación del dispositivo, que es de 31 V aproximadamente, el tiristor Th se vuelve conductor. El diodo Zener ZD actúa como transmisor de valor nominal. Las resistencias R1, R2 y el condensador C determinan el retardo de activación necesario. Con ello quedan cortocircuitados en milisegundos el regulador y el alternador a través de los terminales D+ y D-. El tiristor soporta la corriente de cortocircuito. La corriente de la batería enciende la lámpara de control del alternador, alertando así al conductor. El tiristor sólo vuelve a quedar cortado cuando deja de fluir la corriente de

Protección
contra
sobretensiones

Fig. 1



cortocircuito, es decir, al quitar el contacto o en caso de parada del motor o del alternador. Si se invierten los terminales D+ y D- al montar el aparato, éste no ofrece protección contra sobretensiones.

La lámpara de control el alternador no indica este error, es decir el fallo no se detecta. Para garantizar una indicación segura se conecta un diodo de seguridad DS entre los terminales D+ y D-. En caso de inversión de los cables, el diodo queda polarizado en el sentido de paso. La lámpara de control del alternador luce permanentemente.

Dispositivo de protección contra sobretensiones de conexión automática

Este dispositivo de protección está destinado a alternadores de la serie T1 (fig. 2).

El dispositivo tiene 2 entradas D+ y B+ que responden a distintas magnitudes de tensión y tiempos de reacción.

La entrada D+ actúa, igual que en el dispositivo descrito anteriormente, como una protección rápida contra sobretensiones.

La segunda entrada B+ solo reacciona si el regulador es defectuoso. En este caso, la tensión del alternador aumenta de forma incontrolada hasta que se alcanza la tensión de reacción de aprox. 31 V y se conecta el dispositivo. El alternador queda cortocircuitado hasta la parada del motor. Es decir, la entrada a través de B+ trabaja como protección contra daños consecutivos.

Con este dispositivo de protección contra sobretensiones es posible utilizar el alternador sin batería de forma limitada. No obstante, al reaccionar el dispositivo de protección se anula brevemente la tensión, y si la carga es excesiva, no puede excitarse de nuevo el alternador.

Cortocircuitando el alternador puede evitarse que lleguen a los demás consumidores del sistema los picos de tensión generados por el propio alternador al desconectarse cargas. Además, se consigue una amplia protección del sistema eléctrico del vehículo frente a daños consecutivos en caso de averías en el regulador.

Dispositivo de protección contra daños consecutivos

Este dispositivo está especialmente destinado al doble alternador T1 con dos estatores y dos

sistemas de excitación (fig. 3).

Mientras que los dispositivos de protección contra sobretensiones cortocircuitan el alternador, el dispositivo de protección contra daños consecutivos asume hasta cierto punto, incluso en funcionamiento de emergencia sin batería, una función reguladora sustitutiva. El dispositivo mantiene, dentro del marco de la carga posible del alternador y en función de la velocidad de giro de este último, una tensión media del alternador de aproximadamente 24 V, permitiendo así un funcionamiento de emergencia.

Funcionando con batería y regulador defectuoso conductor, el dispositivo de protección contra daños consecutivos interrumpe el circuito de corriente de excitación del alternador durante 2 s aproximadamente tras sobrepasarse el umbral de reacción de 30 V. Seguidamente, el contacto de relé del dispositivo actúa como regulador de contacto y asume la función de regulación sustitutiva.

En ausencia de batería (funcionamiento de emergencia sin batería) el dispositivo actúa si existe un pico de tensión de 60 V o mayor durante más de 1 ms.

La lámpara de control del alternador señala el funcionamiento de emergencia lanzando destellos. Al ser muy bajo el valor medio de la tensión, en este modo de funcionamiento no se carga la batería. El tiempo máximo de utilización de la función reguladora sustitutiva es de 10 horas aproximadamente. Después de este tiempo es necesario cambiar el dispositivo de protección contra daños consecutivos.

Diodo extintor

El diodo extintor se mencionó ya al describir el funcionamiento de los reguladores electrónicos.

Cuando se conmuta al estado de regulación "desconectado", al interrumpirse la corriente de excitación se forma en el devanado de excitación un pico de tensión por auto-inducción que, si no se toman medidas preventivas, puede destruir elementos semiconductores sensibles. Para evitarlo eficazmente, se conecta un diodo extintor en el regulador, en paralelo con el devanado de excitación. El diodo recibe la corriente de excitación en el momento de la interrupción y

permite su "extinción". El diodo extintor evita que se produzcan tales picos de tensión. Un efecto similar puede producirse en vehículos equipados con otros consumidores inductivos (aparatos con devanados) fuera del ámbito del alternador-regulador. Así, al desconectarse válvulas electromagnéticas de cierre de puertas, interruptores electromagnéticos, acoplamientos magnéticos, accionamientos motorizados, relés, etc., pueden formarse picos de tensión por

autoinducción en los devanados de estos aparatos. Estos picos de tensión ponen también en peligro los diodos y otros componentes semiconductores. Estas tensiones inducidas pueden neutralizarse con la ayuda de un diodo extintor.

Protección contra sobretensiones

Fig. 2

Esquema simplificado de un dispositivo de protección contra sobretensiones, de conexión automática, para alternadores del tipo T1.

1 Batería, 2 Dispositivo de protección contra sobretensiones, 3 Interruptor de contacto, 4 Regulador, 5 Alternador.

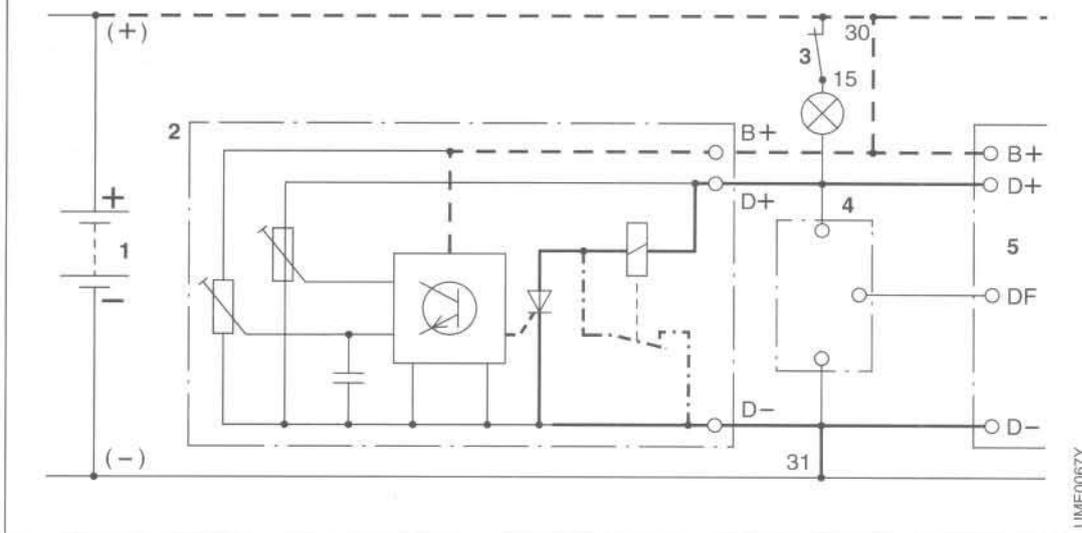
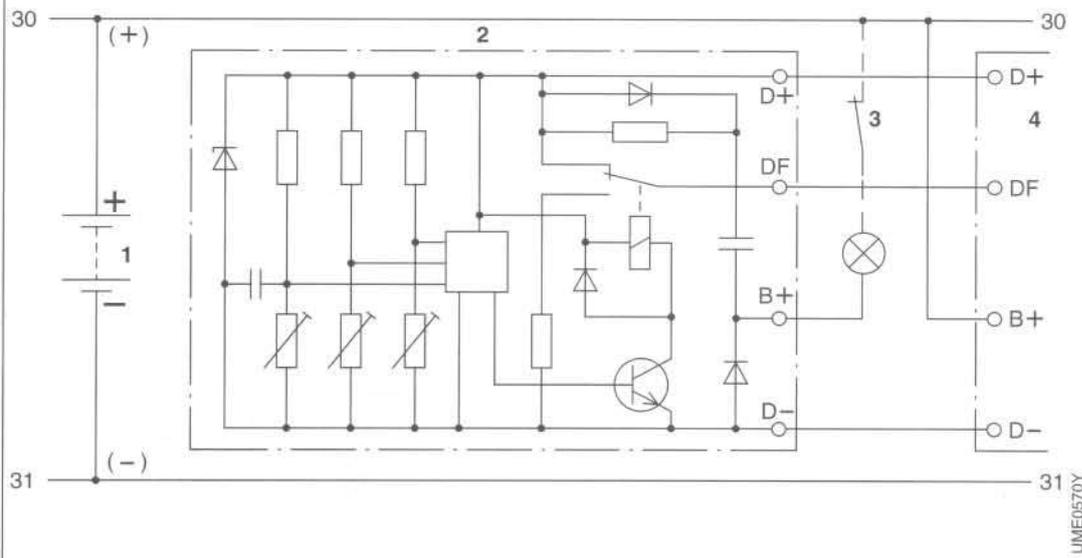


Fig. 3

Esquema de un dispositivo de protección contra sobretensiones para doble alternador T1.

1 Batería, 2 Dispositivo de protección contra daños consecutivos, 3 Interruptor de contacto, 4 Alternador con regulador.



Refrigeración y ruido

Los componentes del alternador experimentan un considerable aumento de temperatura debido, sobre todo, a las pérdidas de calor del alternador y a la entrada de calor procedente del compartimento motor (p. ej. por radiación o conducción térmica del motor y del sistema de escape). El efecto del calor se incrementa además cuando el compartimento motor se ha aislado con el fin de insonorizarlo. En interés de la seguridad de funcionamiento, de la durabilidad y del rendimiento, este calor debe evacuarse completamente. La temperatura ambiente máxima admisible es de 80 a 100 °C, según el tipo de alternador. La refrigeración debe estar prevista de manera que las temperaturas de los componentes no sobrepasen los valores límites específicos, ni siquiera en las condiciones de funcionamiento más adversas (caso más desfavorable).

Refrigeración sin aspiración de aire fresco

La forma de refrigeración más utilizada en alternadores de vehículos a motor que funcionan en condiciones normales, es la ventilación interior. Para ello se emplean ventiladores radiales con giro en uno o ambos sentidos. Debido a que los ventiladores son accionados junto con el eje del alternador, al aumentar la velocidad de rotación se

incrementa también la proporción de aire fresco. Así se garantiza la refrigeración necesaria para cada estado de carga.

En diversos tipos de alternador, las paletas del ventilador se disponen asimétricamente. De esta forma se evitan los silbidos por efecto sirena que pueden producirse a determinadas velocidades.

Ventilación interior de un solo flujo

Los alternadores en versión monobloc se refrigeran mediante una ventilación interior de un solo flujo. El ventilador, que lleva una corona de paletas, está montado exteriormente en el lado de accionamiento del eje del alternador. El ejemplo de la fig. 1 muestra un alternador del tipo G1 con un ventilador para giro a la derecha. El aire entra por el lado del anillo colector o del rectificador, pasa por el alternador y sale por las aberturas de la tapa del lado de accionamiento. Por lo tanto, el aire refrigerante es aspirado por el ventilador a través del alternador.

Ventilación interior de doble flujo

Los alternadores compactos son refrigerados con una ventilación interior de doble flujo, debido a su mayor potencia específica (fig. 2). En el alternador compacto, los dos ventiladores están situados interiormente en el eje de accionamiento, a ambos lados de la parte activa del rotor. Ambos flujos de aire entran axialmente por aberturas de la tapa de

Fig. 1

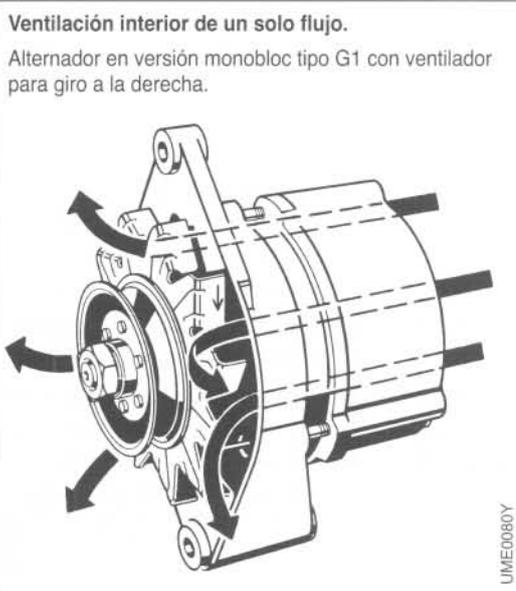
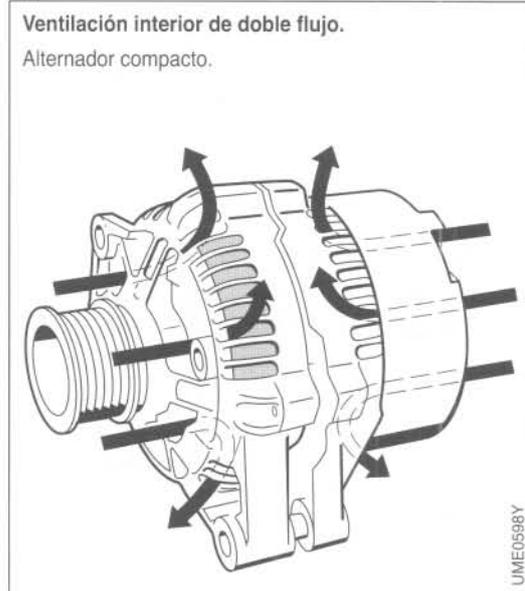


Fig. 2



accionamiento y de la tapa de anillos colectores. Los flujos de aire son aspirados por ambos ventiladores y salen radialmente por las aberturas del contorno de la carcasa. La ventaja esencial de esta configuración es la posibilidad de utilizar ventiladores más pequeños, reduciendo así el ruido aerodinámico generado por los ventiladores.

Refrigeración con aspiración de aire fresco

En la refrigeración con aspiración de aire fresco se utiliza, en lugar de las aberturas de ventilación por el lado de aspiración, un tubo especial de aspiración de aire. A través de un tubo flexible se aspira aire fresco, con poco polvo, del exterior del compartimento motor. Así por ejemplo, en un alternador del tipo T1, el aire entra por la boca de aspiración, pasa por el alternador y sale por las aberturas de la tapa del lado de accionamiento. También en este caso, el aire refrigerante es aspirado por el ventilador a través del alternador (fig. 3). La aspiración de aire fresco es especialmente conveniente cuando la temperatura en el compartimento motor supera el valor límite de 80 °C, y en los alternadores de gran potencia. En los alternadores compactos es posible asimismo utilizar la aspiración de aire fresco para la refrigeración del rectificador y el regulador.

Refrigeración líquida

En el caso de la refrigeración líquida, el propio líquido refrigerante del motor sirve para la refrigeración del alternador, totalmente encapsulado. En el hueco existente entre la carcasa del alternador y la carcasa de inserción se encuentra la envoltura del líquido refrigerante, en comunicación con el circuito de refrigeración del motor. Las principales fuentes de pérdidas (estátor, semiconductor de potencia, regulador y devanado de excitación fijo) están acopladas a la carcasa del alternador de un modo que garantiza una buena conducción del calor.

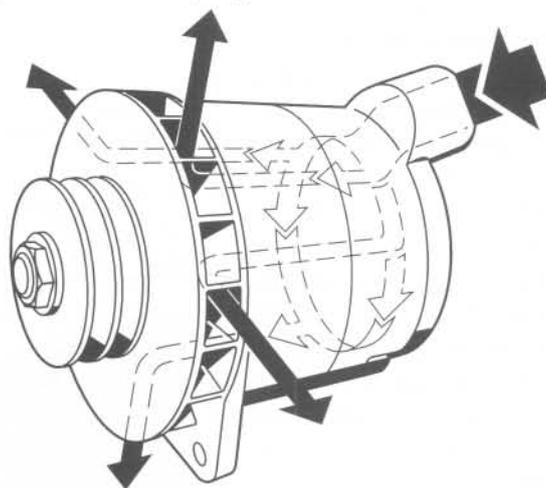
Refrigeración de los diodos

El calentamiento admisible de los diodos semiconductores es limitado, por lo que es necesario evacuar el calor que pierden. Esto afecta tanto a los diodos de potencia como a los de excitación. Por esta razón los diodos van montados a presión en cuerpos de refrigeración los cuales, por su gran superficie y buena conductividad térmica son capaces de transferir el calor desarrollado a la corriente de aire o líquido refrigerante. Los alternadores trifásicos tienen por lo general un sistema de dos cuerpos de refrigeración para los diodos de potencia. Tres diodos tienen el lado catódico montado a presión en un cuerpo de refrigeración conectado al terminal positivo de la batería B+. Los otros diodos llevan el lado

Fig. 3

Ventilación interior a través de la boca de aspiración de aire.

Alternador en versión monobloc tipo T1 con ventilador para giro en ambos sentidos.



UME0572Y

anódico encajado en un cuerpo de refrigeración conectado al terminal negativo de la batería. Los diodos de excitación, situados entre los devanados estatóricos y D+, se disponen o bien separados, o bien sobre una tercera chapa refrigerante para diodos de excitación (en algunos alternadores para vehículos industriales). Los alternadores trifásicos de gran capacidad tienen por lo regular un sistema de 3 elementos de refrigeración, cada uno de los cuales lleva incorporado un diodo de potencia encajado a presión por el lado catódico y un diodo de potencia y uno de excitación encajados por el lado anódico. En este sistema, cada uno de los tres elementos refrigerantes está conectado a una fase del devanado estatórico trifásico. Los extremos de alambre libres de los diodos de potencia están conectados, según la polaridad, a los terminales B+ o B-, y los diodos de excitación a D+.

Ruido

La reducción del ruido en los alternadores es cada vez más importante, ya que los nuevos vehículos han de ser cada vez más silenciosos. El ruido de un alternador es de origen aerodinámico y magnético.

El ruido aerodinámico se produce en los ventiladores que giran a gran velocidad y al pasar el aire refrigerante por las aberturas. Es posible limitarlo, p. ej., utilizando ventiladores pequeños con las paletas dispuestas asimétricamente y también mediante una conducción del aire cuidadosamente estudiada.

Las causas del ruido magnético son los elevados campos magnéticos locales y los consiguientes efectos de las fuerzas generadas, en carga, entre el estátor y el rotor. El ruido magnético puede limitarse con diversas medidas, como p. ej., aumentando el entrehierro, reduciendo las tolerancias de fabricación, etc. Una de las medidas más eficaces para reducir el ruido de propagación radial es la "separación de las garras" mediante un biselado de las aristas polares traseras del rotor (fig. 4). La inclinación disminuye los efectos de la retroacción de las corrientes del estátor sobre el inducido, la cual, con el alternador en carga, crea una fuerte distorsión de campo en el entrehierro,

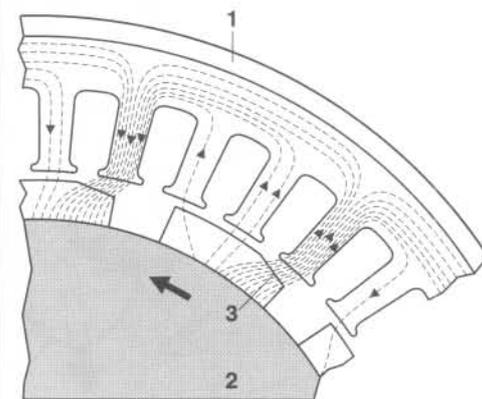
originando así el ruido. Con una forma optimizada de la separación de las garras, combinada con una reducción de las superficies reflectoras de ruido de la carcasa del alternador, puede conseguirse una reducción del ruido de 10 dB(A), lo que equivale a reducir aproximadamente a la mitad la sensación individual de ruido.

También debe tenerse en cuenta la influencia del lugar de montaje del alternador en el motor. El soporte está sometido al ruido estructural del vehículo e influye en el comportamiento del alternador en cuanto a ruido y vibraciones. Una fijación elástica del alternador puede suprimir totalmente este efecto de acoplamiento. En casos aislados pueden producir ruido mecánico los rodamientos de bolas, cuya grasa rígida origina vibraciones por fricción a temperaturas muy bajas combinadas con la penetración de humedad. Para evitarlo son de gran ayuda los rodamientos de bolas estanqueizados y las grasas que conservan sus propiedades lubricantes incluso a muy bajas temperaturas.

Fig. 4

Separación de la arista polar trasera de las garras.

1 Estátor, 2 Rotor, 3 Separación de las garras polares (representación ampliada).



UME0573Y

Pérdidas de potencia

Grado de rendimiento

Al transformar energía mecánica en energía eléctrica es inevitable que se produzcan pérdidas. El grado de rendimiento es la relación entre la potencia entregada y la consumida.

El grado de rendimiento máximo de un alternador refrigerado por aire es del 65 % aproximadamente, aunque disminuye con rapidez a medida que aumenta la velocidad de giro.

En la práctica, durante la marcha de un vehículo a motor el alternador funciona bajo carga parcial. El grado de rendimiento medio es de aproximadamente el 55 %.

A igualdad de carga, un alternador grande y pesado funciona en un margen de rendimiento más favorable (fig. 1).

El grado de rendimiento obtenido con un alternador de mayor tamaño puede compensar la influencia de su mayor peso en el consumo de combustible, no obstante, ha de tenerse en cuenta que también es mayor el momento de inercia de masas, y que ello implica una mayor demanda de energía para la aceleración del rotor.

Para reducir al mínimo el consumo de combustible el alternador, como todo grupo en

servicio permanente, debe optimizarse atendiendo, en primer lugar, a su grado de rendimiento y sólo en segundo lugar a su peso.

Fuentes de pérdidas de potencia

La distribución de pérdidas según la fig. 2 revela que las pérdidas esenciales son las "pérdidas en el hierro", las "pérdidas en el cobre" y las "pérdidas mecánicas". Las pérdidas en el hierro se producen debido al cambio del campo magnético en el hierro del estátor y del rotor, debido a efectos de histéresis y de corrientes parásitas. Las pérdidas aumentan de forma desproporcionada con la frecuencia, es decir, con la velocidad de giro, así como con la inducción magnética. Las pérdidas en el cobre son las pérdidas óhmicas producidas en los devanados estatóricos y son tanto más grandes cuanto mayor es el aprovechamiento; es decir, cuanto mayor es la relación de la potencia eléctrica generada respecto a la masa de las piezas activas. Las pérdidas mecánicas son pérdidas por rozamiento en los rodamientos y en los contactos rozantes, así como la fricción del aire en el rotor y el ventilador. Las pérdidas por el ventilador aumentan considerablemente a altas velocidades de giro.

Fig. 1

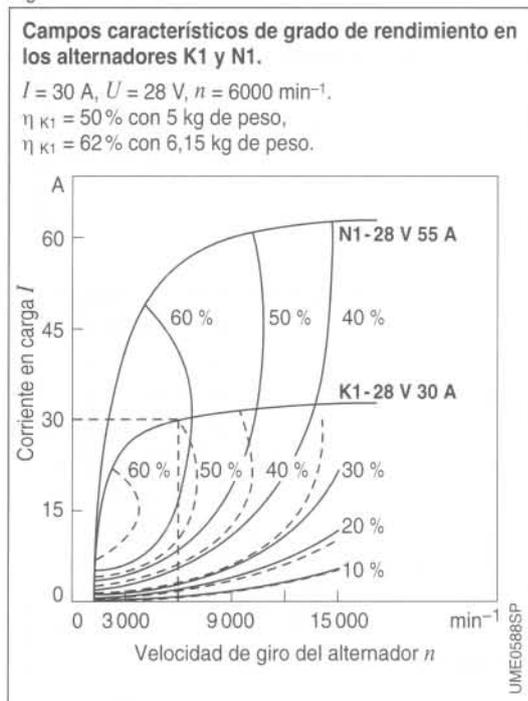
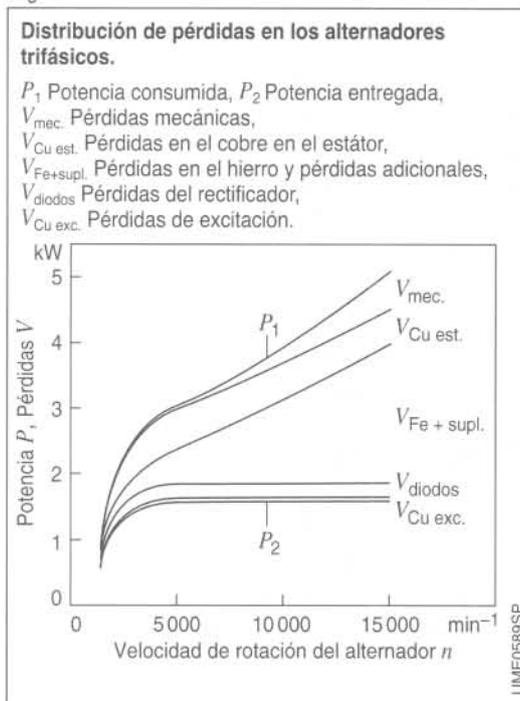


Fig. 2



Pérdidas de potencia

Curvas características

Comportamiento del alternador

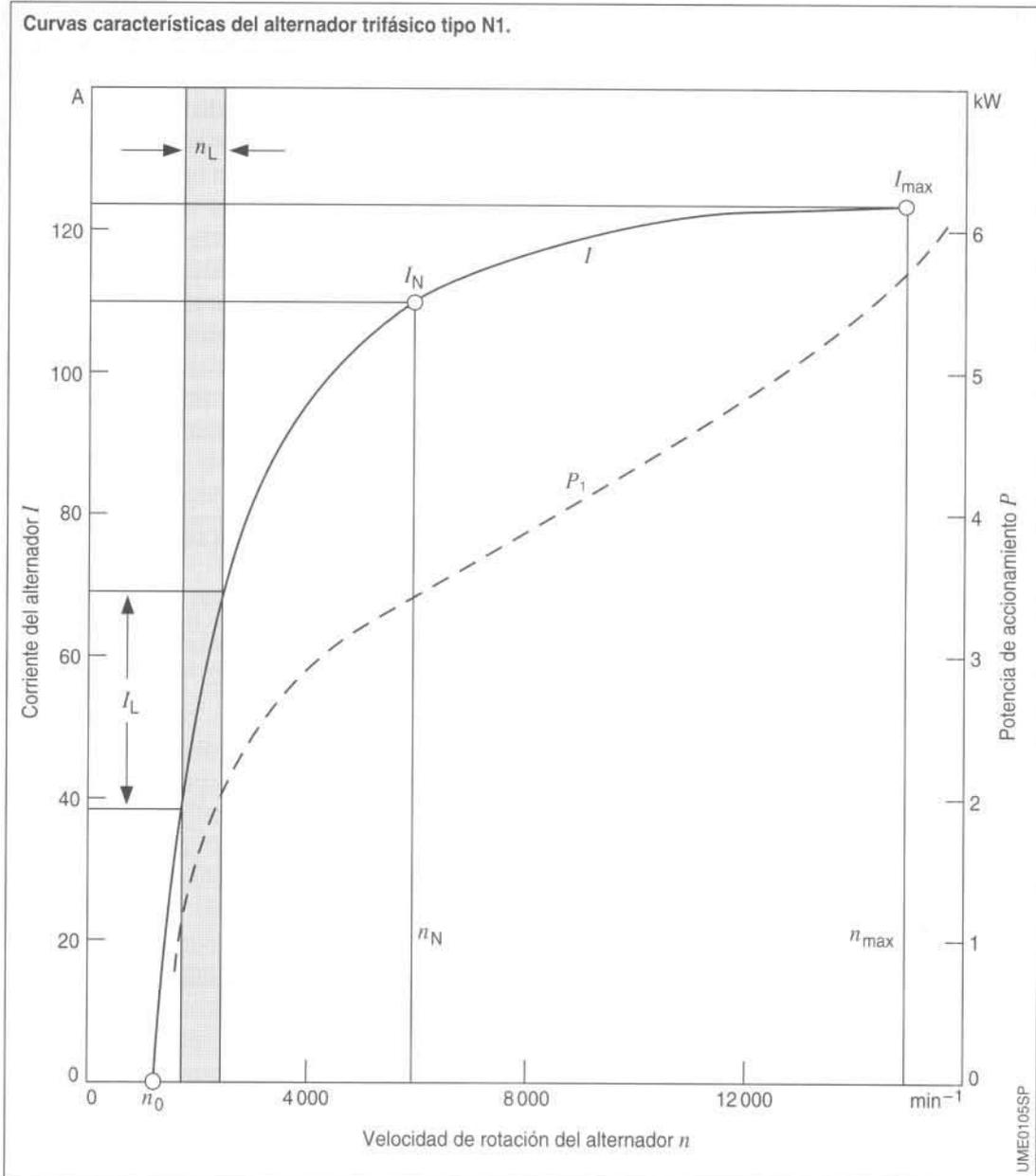
Las curvas características representan el comportamiento típico de un alternador a distintas velocidades de giro. Al ser constante la relación de desmultiplicación con respecto al motor, los alternadores de los vehículos a motor trabajan a velocidades de rotación muy diversas.

Cuando un alternador es llevado por el motor desde el estado de reposo hasta la máxima velocidad de rotación, pasa por determinados

puntos de revoluciones. Estos puntos son especialmente importantes para comprender el comportamiento del alternador y reciben por lo tanto la correspondiente designación.

Es usual representar las curvas características de potencia de accionamiento y la corriente del alternador en función de la velocidad de rotación (fig. 1). Las curvas características del alternador se refieren siempre a una tensión constante y a temperaturas del entorno de funcionamiento definidas con exactitud. Está establecida p. ej. la comprobación del calentamiento final del alternador a 23°C (temperatura ambiente) o a 80°C de temperatura del entorno.

Fig. 1



Curva característica de corriente (I)

Velocidad con amperaje nulo (n_0)

La velocidad de rotación con amperaje nulo es la velocidad (aprox. 1.000 min^{-1}) a que el alternador alcanza la tensión nominal sin suministrar corriente. En este punto, la curva característica corta el eje de abscisas. El alternador solo puede suministrar corriente a mayores velocidades.

Velocidad con el motor en ralentí (n_L)

Corriente con el motor en ralentí (I_L)

La velocidad de rotación del alternador n_L se alcanza cuando el motor de combustible gira en ralentí. En el diagrama se indica como zona, ya que el valor exacto depende de cuál sea la relación de desmultiplicación fijada respecto al motor de combustión.

A esta velocidad, el alternador debe suministrar como mínimo la corriente necesaria para los consumidores de conexión prolongada. El correspondiente valor se indica en la designación de tipo del alternador.

En los alternadores en versión monolítica, el valor se refiere a la velocidad de rotación $n_L = 1.500 \text{ min}^{-1}$, mientras que en los compactos se refiere a una $n_L = 1.800 \text{ min}^{-1}$, al ser la relación de desmultiplicación normalmente mayor.

Velocidad de rotación nominal (n_N)

Corriente nominal (I_N)

La velocidad de rotación nominal, a la que el alternador entrega su corriente nominal, está establecida en $n_N = 6.000 \text{ min}^{-1}$. La corriente nominal debería ser superior a la que requiere la potencia conjunta de todos los consumidores eléctricos. Esta corriente se indica también en la designación de tipo.

Velocidad de rotación máxima (n_{max})

Corriente máxima (I_{max})

I_{max} es la máxima intensidad que puede entregar el alternador a la velocidad de rotación máxima. Esta última velocidad del alternador se ve limitada por los rodamientos, escobillas y anillos colectores, así como por el ventilador. En el caso de alternadores compactos es p. ej. de $18.000 \dots 20.000 \text{ min}^{-1}$ aproximadamente; en los alternadores monobloc de $15.000 \dots 18.000 \text{ min}^{-1}$, y en los alternadores para vehículos industriales, según el tamaño constructivo, de $8.000 \dots 15.000 \text{ min}^{-1}$.

Velocidad de rotación inicial (n_A)

A la velocidad de rotación inicial (según DIN, velocidad de conexión), el alternador comienza a entregar corriente cuando aumenta por primera vez la velocidad de rotación. La velocidad inicial es superior a la velocidad de ralentí y depende de la potencia de excitación previa, de la remanencia del rotor, de la tensión de la batería y de la rapidez de variación de la velocidad de rotación.

Curva característica de la potencia de accionamiento (P_1)

Esta curva es decisiva para el cálculo de la correa de accionamiento, ya que proporciona información sobre cuánta potencia debe proporcionar como máximo el motor del vehículo para accionar el alternador a una velocidad de rotación determinada. Además, a partir de la potencia de accionamiento y de la potencia entregada, puede determinarse el grado de rendimiento de un alternador. El ejemplo de la fig. 1 muestra que la curva característica de la potencia de accionamiento, tras un recorrido plano en el margen medio de revoluciones, asciende de nuevo considerablemente al alcanzarse mayores velocidades de giro.

Explicación de la designación de tipo

Todos los alternadores trifásicos Bosch llevan una placa con la designación de tipo y el número de pedido de 10 cifras, que en los alternadores trifásicos empieza siempre por 012 ...

La designación de tipo proporciona los datos técnicos más importantes, como intensidad de corriente en ralentí, tensión nominal, etc.

Ejemplo de rótulo de designación.

K C (→) 14 V 40-70 A
 K Tamaño constructivo del alternador (diámetro exterior del estátor),
 C Alternador compacto,
 (→) Sentido de giro, a la derecha,
 14 V Tensión del alternador,
 40 A Intensidad de corriente a $n = 1.800 \text{ min}^{-1}$,
 70 A Intensidad de corriente a $n = 6.000 \text{ min}^{-1}$.

Circuitos eléctricos del alternador

Determinados campos de aplicación plantean a veces al circuito del alternador, o a su conexión con el sistema eléctrico del vehículo, exigencias que las ejecuciones normales de serie no pueden satisfacer al cien por cien. Para tales casos existen variantes especiales de los circuitos eléctricos, que se utilizan individualmente o en combinación.

Diodos de potencia conectados en paralelo

Tal como se indicó al tratar de los elementos semiconductores, los diodos solo pueden soportar una determinada intensidad de corriente. El calentamiento excesivo bajo grandes intensidades de corriente, daría lugar al deterioro de estos componentes. Esta circunstancia afecta en particular a los diodos de potencia del circuito en puente trifásico, a través del cual fluye toda la corriente del alternador. Pero la corriente máxima posible del alternador limita también la potencia suministrable por éste. En los alternadores grandes de alta potencia, fluye una corriente de alternador de gran intensidad que los seis diodos de potencia del circuito en puente

trifásico normal no pueden resistir.

Por ello, en estos alternadores se conectan dos o más diodos de potencia en paralelo. Así, la corriente del alternador se divide entre dichos diodos y se evita la sobrecarga que éstos sufrirían por separado.

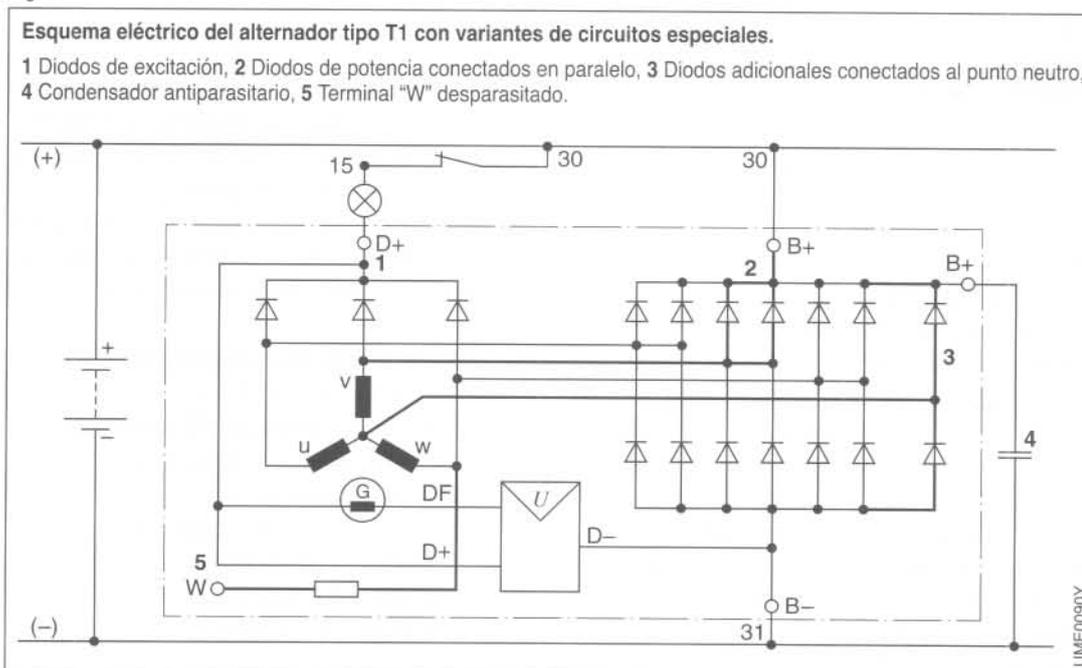
En la fig. 1 se muestra el circuito de un alternador según este principio. Por cada fase están conectados en paralelo dos diodos de potencia; es decir, el circuito en puente trifásico está formado por doce diodos de potencia en lugar de seis.

Diodos adicionales conectados al punto neutro

En los alternadores trifásicos con los devanados estáticos conectados en estrella, los extremos de los devanados se reúnen en un punto neutro. Dado que, al menos en el caso ideal, la suma de las tres corrientes o tensiones de fase resulta ser nula en todo momento, puede suprimirse el conductor central.

Debido a los armónicos superiores, el punto neutro adquiere un potencial que no es constante. Este potencial, que cambia periódicamente de positivo a negativo, es provocado principalmente por la tercera onda armónica superior. Esta se superpone a la onda básica y presenta una frecuencia triple

Fig. 1



(fig. 2). Normalmente, la energía que contiene se perdería como potencia disipada, pero mediante otros dos diodos, conectados como diodo positivo y negativo al punto neutro (fig. 1), esta corriente puede rectificarse. Esto conduce, a partir de una velocidad de rotación del alternador de aproximadamente 3.000 min⁻¹, a un aumento de potencia que alcanza como máximo un 10 %. Estos diodos adicionales aumentan la ondulación de la tensión del alternador.

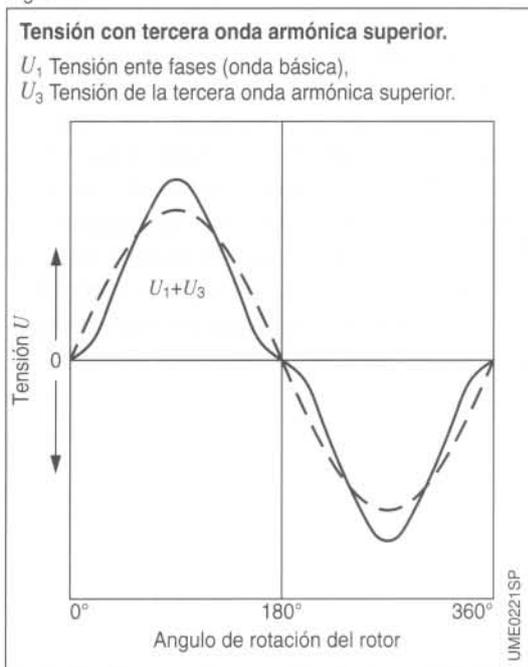
Funcionamiento en paralelo de los alternadores

Los alternadores de igual tensión pueden conectarse en paralelo sin ningún problema, si existe la demanda de potencia correspondiente. No se requieren medidas especiales de compensación. No obstante, es condición previa para el funcionamiento en paralelo que los reguladores de los alternadores que se pretende conectar en paralelo tengan las mismas características y curvas características iguales.

Terminal "W"

Para determinadas aplicaciones puede conectarse el terminal "W" como conexión eléctrica adicional en una de las tres fases de

Fig. 2



la corriente trifásica (fig. 1). Este terminal proporciona una tensión continua pulsatoria (tensión alterna con rectificación de media onda), que puede emplearse para determinar la velocidad de giro del motor (p. ej. en motores Diesel).

La frecuencia, es decir, el número de impulsos emitidos por segundo, depende, según la siguiente ecuación, del número de pares de polos y de la velocidad de rotación del alternador.

$$f = p \cdot n / 60$$

f Frecuencia (impulsos por segundo)

p Número de pares de polos (6 en los tamaños constructivos G, K y N; 8 en el tamaño T),

n Velocidad de rotación del alternador (min⁻¹).

Medidas antiparasitarias

De todo el sistema eléctrico de un vehículo a motor, las mayores perturbaciones proceden del sistema de encendido del motor cuando éste es de gasolina, y en menor medida, además de diversos consumidores eléctricos, también del alternador y su regulador.

El antiparasitaje de los alternadores contra interferencias cercanas es necesario cuando en la vecindad inmediata del automóvil o en el propio vehículo funcionan un equipo de radiotransmisión, un teléfono móvil, un autorradio, etc. Con ese fin los alternadores van provistos de un condensador antiparasitario. En los alternadores monobloc no equipados con este condensador, puede realizarse el montaje ulterior del mismo por el lado exterior de la tapa de anillos colectores. En los alternadores compactos, viene ya integrado en el rectificador.

Los reguladores de contactos de diseño antiguo se combinan con un filtro antiparasitario o bien se sustituyen por un regulador antiparasitado. Los reguladores electrónicos no necesitan desparasitaje adicional. Si se dispone de un terminal "W", éste puede ser antiparasitado mediante una resistencia que se conecta adicionalmente al cableado (fig. 1).

Circuito eléctricos del alternador

El alternador en el vehículo

El motor de accionamiento, el alternador, la batería y los consumidores eléctricos de un vehículo a motor deben considerarse como un sistema que actúa conjuntamente.

Balance energético en el automóvil

Para determinar o verificar las dimensiones del alternador hay que tener en cuenta la capacidad de la batería, los consumidores eléctricos del sistema eléctrico del vehículo y las condiciones de marcha.

Los fabricantes de vehículos determinan el tamaño adecuado del alternador y la capacidad de la batería en función de los consumidores eléctricos montados de serie en el vehículo y según las condiciones de marcha habituales. No obstante, en determinados casos puede haber diferencias: por un lado, porque el usuario del vehículo incorpore más consumidores eléctricos, y por otro, porque las condiciones de marcha difieran del supuesto normal considerado.

Las presentes consideraciones pretenden dejar claro que la suma de los valores de consumo y las condiciones particulares de marcha son decisivas para el esfuerzo a que se ven sometidos el alternador y la batería.

Lo más importante es que la batería esté suficientemente cargada. De ello depende que, después de parar el vehículo, conserve todavía suficiente energía para poner de nuevo en marcha el motor. La batería es un almacén de energía que debe alimentar diversos consumidores, debiendo por lo tanto ser recargada una y otra vez por el alternador, que es el proveedor de energía. Pero si predomina el consumo de energía, incluso una batería de gran capacidad se "vaciará" paulatinamente. Lo ideal es un balance de carga equilibrado, es decir, que la entrada y la salida de energía de la batería estén equilibradas (fig. 1).

De ello se deduce que para que la alimentación de energía en el vehículo sea suficiente es decisivo que el alternador esté

correctamente dimensionado. Un alternador de dimensiones insuficientes, es decir, sobrecargado, no es capaz de cargar completamente la batería, por lo que no se podrá aprovechar la capacidad de ésta.

Si la demanda de energía es elevada, p. ej. por haber incorporado diversos consumidores adicionales, conviene sustituir el alternador montado de serie por otro de mayor potencia. Una condición importante para poder verificar el balance de carga del sistema eléctrico del vehículo, es anotar todos los consumidores eléctricos (incluidos los de montaje ulterior), con sus consumos de potencia o de corriente y sus tiempos medios de conexión respectivos (consumidores de conexión breve, prolongada, o permanente). Asimismo deben considerarse los ciclos de circulación condicionados por la situación del tráfico, p. ej. baja velocidad de rotación del alternador por circulación urbana, con muchas paradas; tráfico en autopista con atascos, o altas velocidades de rotación en circulación interurbana libre. También influyen las horas a que se circula (predominantemente con luz diurna o bien en la oscuridad) y la climatología estacional (circulación en verano o en invierno, con las correspondientes temperaturas y condiciones climáticas).

En resumen puede afirmarse lo siguiente:

La potencia del alternador debe calcularse de forma que incluso en condiciones adversas pueda cargarse la batería además de alimentar todos los consumidores eléctricos, pues sólo así estará siempre el vehículo a punto para el servicio.

No obstante, para la elección definitiva del tamaño adecuado de alternador y su emparejamiento con la batería apropiada, debería recurrirse al asesoramiento de un experto.

El siguiente ejemplo pretende mostrar la carga que representan para el balance energético los consumidores eléctricos en muy diversas condiciones de marcha:

Fig. 1

Balance de carga.

Flujo de corriente entre el alternador, la batería y los aparatos eléctricos, con determinadas demandas de potencia y en condiciones de funcionamiento variables del alternador.

En general rige lo siguiente:

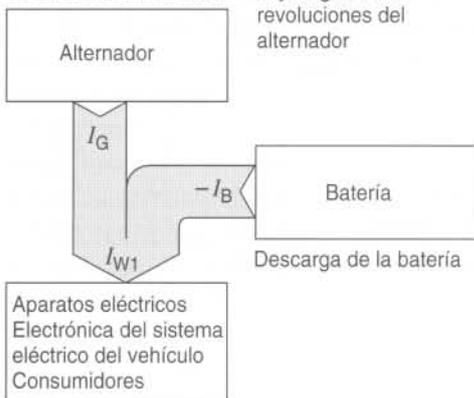
$$I_G = I_W + I_B$$

siendo:
 I_G Corriente del alternador,
 I_W Corriente de los aparatos,
 I_B Corriente de la batería

La corriente de la batería puede ser positiva o negativa, según que se cargue o se descargue.

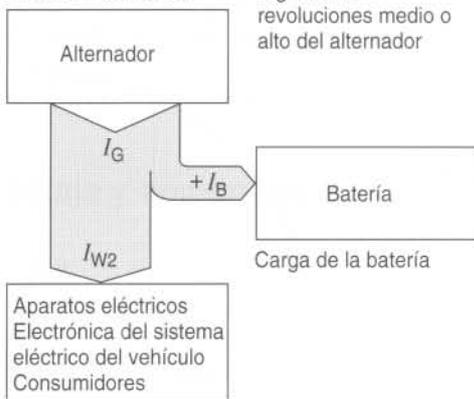
Situación desfavorable:

bajo régimen de revoluciones del alternador



Situación favorable:

régimen de revoluciones medio o alto del alternador



Uso de los faros con luz de carretera

El alumbrado intensivo o de carretera se utiliza predominantemente durante los trayectos interurbanos, con el motor girando a elevado régimen y con tráfico poco denso. Cuando se aproxima otro vehículo de frente, se cambia a luz de cruce. Este alumbrado no se necesita en circulación urbana, situación en la que el motor gira a baja velocidad, el tráfico es denso y los trayectos cortos. Los consumidores de este tipo no representan ningún problema para el balance energético. El alternador funciona en un margen de velocidad en el que es posible alimentar suficientemente en corriente a todos los consumidores y además cargar la batería. Así pues, en este caso las condiciones de servicio son favorables.

Funcionamiento de los faros antiniebla

La situación no es tan favorable en el caso de los faros antiniebla ya que, por lo general, se utilizan en el margen inferior de revoluciones, en el que el alternador no puede proporcionar toda la energía, pues la niebla obliga a circular con lentitud, tanto en ciudad como en carretera, y ello implica un régimen bajo del motor. Además, permanecen encendidos cuando hay tráfico en sentido opuesto. Es decir, el tiempo de conexión es relativamente largo y por ello, las condiciones de servicio son desfavorables. En muchos casos, la carga a que se somete el balance energético del vehículo depende también de la atención prestada por el conductor.

Funcionamiento de la luneta térmica trasera

La luneta térmica trasera consume relativamente mucha corriente pero, por otra parte, permanece en servicio poco tiempo. Solo se conecta el tiempo necesario para el desescarche o el desempañado. No obstante, si se olvida desconectar a tiempo este elemento calefactor, consumirá una parte considerable de la energía suministrada por el alternador y la batería.

Funcionamiento de otros consumidores

Por el contrario, los aparatos electrónicos, intermitentes, bocina, instrumentos de control, etc. son consumidores de corriente poco importantes en comparación con los antes mencionados.

El alternador en el vehículo

LIME0656SP

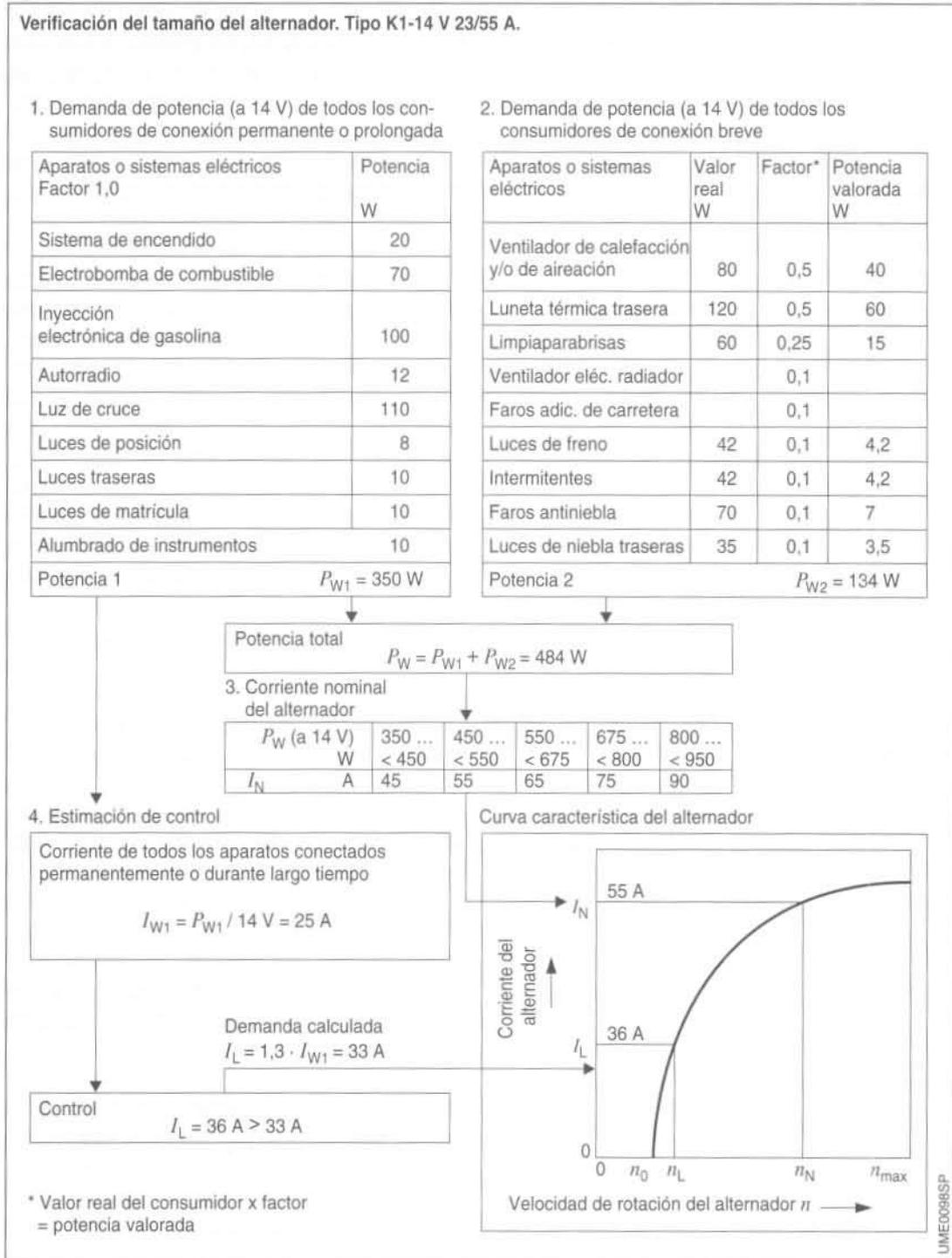
Determinación de la capacidad necesaria del alternador

Ejemplo de cálculo según la fig. 2:
La comprobación de si la versión de alternador montada es suficiente para la alimentación de energía del sistema eléctrico del vehículo, puede realizarse como sigue:

1. Calculando la demanda de potencia de todos los consumidores que estén conectados permanentemente o gran parte del tiempo (consumidores de conexión permanente o prolongada) a 14 V.

La suma indica la potencia:
 $P_{W1} = 350 \text{ W}$.

Fig. 2



2. Calculando la demanda de potencia de todos los consumidores de conexión breve, a 14 V.

La suma indica la potencia:

$$P_{W2} = 134 \text{ W (aproximado).}$$

De la suma de P_{W1} y P_{W2} se obtiene la demanda de potencia total de la instalación: $P_W = 484 \text{ W}$.

3. A partir de aquí y con ayuda de una tabla comparativa, es posible determinar la corriente nominal mínima necesaria $I_N = 55 \text{ A}$. Si se ha instalado un alternador del tamaño correcto, en la placa de características figurará indicado este valor de corriente nominal, o uno superior – en el ejemplo, 55 A.

4. Otra posibilidad de control consiste en averiguar la intensidad de corriente del alternador I_L con el motor en ralentí.

I_L puede tomarse de la curva característica del alternador si se conoce la velocidad de rotación n_L del alternador cuando el motor de combustión gira en ralentí. En el ejemplo, la velocidad de rotación del alternador es:

$$n_L = 2.000 \text{ min}^{-1}.$$

La experiencia ha demostrado que, en los turismos, la corriente del alternador en ralentí $= I_L$ debe ser la que resulta de multiplicar por el factor 1,3 la corriente I_{W1} obtenida a partir de la potencia P_{W1} de los consumidores de conexión permanente y de conexión prolongada. Con ello se garantiza una carga suficiente de la batería incluso durante trayectos cortos en ralentí.

Ejemplo:

El alternador suministra en ralentí una corriente $I_L = 36 \text{ A}$. A partir de la potencia P_{W1} se calcula la corriente I_{W1} ($I_{W1} = P_{W1}/14 \text{ V}$). De ello resulta $I_{W1} = 25 \text{ A}$ y, por lo tanto, una demanda de 33 A. Como $I_L = 36 \text{ A}$, dicha demanda queda cubierta con seguridad.

Montaje y accionamiento

Montaje

Por lo general, el usuario de un automóvil no puede influir en el montaje del alternador y de su regulador. La posición de montaje depende en cada vehículo de las particularidades del entorno y de las condiciones constructivas existentes en el compartimento motor. Pero para el montaje deben tenerse en cuenta

siempre determinados factores básicos:

- fácil acceso para corregir la tensión de la correa y para eventuales operaciones de mantenimiento,
- suficientes posibilidades de refrigeración, tanto para evacuar el calor generado en el alternador como para evacuar e irradiar el calor producido por el motor,
- protección contra suciedad, humedad, golpes, choques, combustible, lubricantes, etc. (el contacto con gasolina puede provocar incendios y explosiones; el gasóleo y el aceite del motor dañan las escobillas y los anillos colectores). Los alternadores trifásicos accionados por el motor de combustión a través de una correa trapezoidal convencional están fijados casi exclusivamente por medio de un brazo giratorio. Además de la sólida fijación a un soporte giratorio, un dispositivo de reajuste (que gira alrededor de un brazo de fijación) permite ajustar la tensión de la correa trapezoidal al valor correcto.

Si el accionamiento se realiza mediante una correa trapezoidal multirranurada (correa Poly-V), el alternador casi siempre va montado de forma rígida. La tensión necesaria de la correa se consigue mediante un tensor de correa que actúa sobre un rodillo tensor (fig. 3).

Fig. 3: Accionamientos por correa trapezoidal convencional y por correa trapezoidal multirranurada.

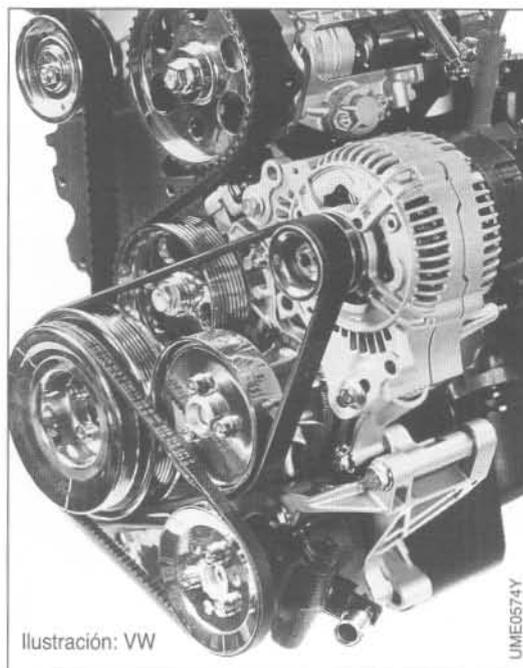


Ilustración: VW

UIME0574Y

El alternador en el vehículo

Alternadores

En casos especiales, los alternadores grandes van fijados directamente al motor en un asiento cóncavo.

Independientemente del tipo de fijación, todos los alternadores deben disponer de una conexión eléctrica con buena conductividad hacia el bloque motor. También debe preverse una perfecta conexión a masa, de suficiente sección, entre el motor y el chasis, pues en la mayoría de los casos la conducción de retorno del sistema eléctrico del vehículo se realiza a través de masa.

Tan sólo en autobuses y en vehículos especiales se utilizan con frecuencia conductores de retorno adicionales, a fin de reducir al mínimo las pérdidas de tensión y aumentar la seguridad.

Las conducciones eléctricas solo garantizan una conexión de funcionamiento seguro si están provistas de conexiones de cable o conectores de enchufe reglamentarios.

Accionamiento

Los alternadores son accionados directamente por el motor del vehículo, por lo general mediante correas y también, aunque con menos frecuencia, por medio de acoplamientos elásticos.

A los accionamientos por correa (correa trapezoidal convencional o multirranurada,

etc.), por ser ésta el elemento más importante para la transmisión de fuerza se les plantean grandes exigencias:

- el material debe presentar una gran resistencia a la flexión,
- el alargamiento de la correa debe ser lo menor posible a todo lo largo del proceso de envejecimiento para evitar que la correa patine, lo que provoca su calentamiento y el desgaste de los flancos.

Según estudios realizados por el ADAC (club alemán de automóvil), los daños de las correas trapezoidales son una de las causas de avería más frecuentes. Por ello es importante utilizar correas que estén a la altura de las exigencias y puedan ser utilizadas durante largo tiempo. Como ejemplo típico de aplicación en el automóvil se presentan aquí la correa trapezoidal de "flancos abiertos" y la correa trapezoidal multirranurada.

La correa trapezoidal de flancos abiertos (fig. 4) presenta una gran flexibilidad y, al mismo tiempo, una rigidez transversal extrema, así como una gran resistencia al desgaste, todo lo cual se traduce, sobre todo con poleas de pequeño diámetro, en un mayor rendimiento y una vida útil más prolongada que con las correas trapezoidales revestidas.

La elevada flexibilidad de las correas trapezoidales multirranuradas (correas Poly-V,

Fig. 4

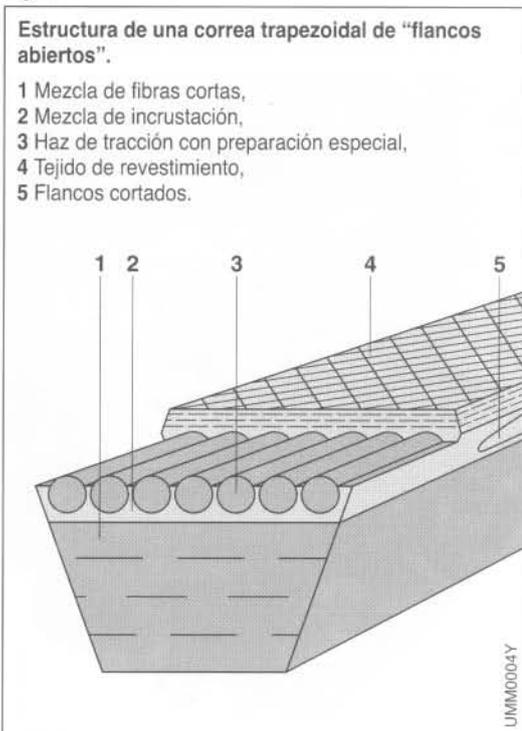


Fig. 5

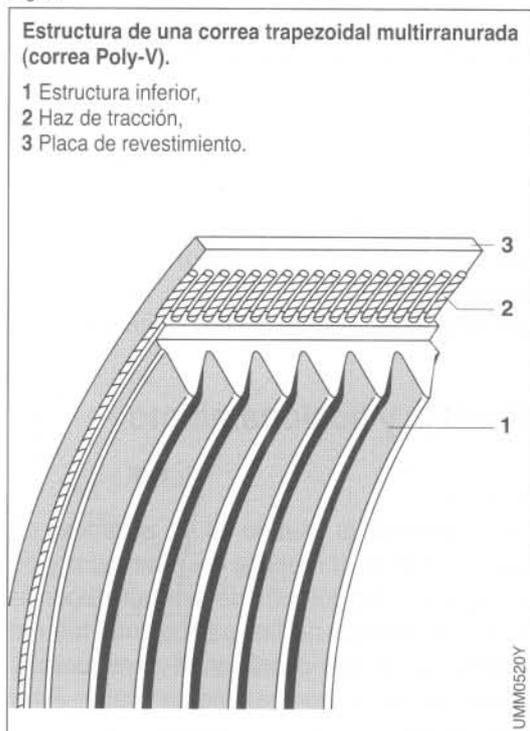


fig. 5) permite curvaturas muy pequeñas. Esto posibilita el empleo de correas pequeñas en el alternador, con diámetros incluso de solo 45 mm y, en consecuencia, mayores relaciones de desmultiplicación. También es posible el paso de la polea sobre la parte dorsal de la correa, por lo que pueden accionarse varios grupos (alternador, ventilador, bomba de agua, bomba de servodirección, etc.) en un mismo ramal, con ángulos de abrazado suficientes. Los alternadores pequeños son accionados generalmente por una sola correa mientras que en los alternadores grandes, que por su gran consumo de potencia ofrecen también una mayor resistencia al accionamiento, se utilizan en la mayoría de los casos dos correas trapezoidales para la transmisión de la fuerza. Para los diversos casos de aplicación existen poleas y ruedas de ventilador de chapa o de ejecución torneada, que pueden combinarse entre sí según las necesidades (fig. 6).

El diámetro correcto de una polea depende en cada caso de la relación de desmultiplicación entre el alternador y el motor de combustión.

Al no estar unificados los regímenes de revoluciones de los múltiples y diversos motores existentes, hay también poleas de alternador de distintos diámetros.

La relación de desmultiplicación debe elegirse de forma que no se rebase la velocidad

máxima de rotación del alternador al girar el motor de combustión a su régimen máximo.

Indicaciones para un correcto funcionamiento

El alternador trifásico solo debe funcionar con el regulador y la batería conectados. Este es el caso normal, y con ello los elementos semiconductores incorporados funcionan de forma segura y sin averías. El funcionamiento de emergencia sin batería, por el contrario, origina grandes picos de tensión que pueden dañar aparatos y componentes. Por ello, para conseguir un funcionamiento de emergencia sin averías hay que tomar medidas adicionales, para lo cual existen tres alternativas:

- diodos Zener en el rectificador,
- alternador y regulador en versión resistente a la tensión,
- dispositivos de protección contra sobretensiones.

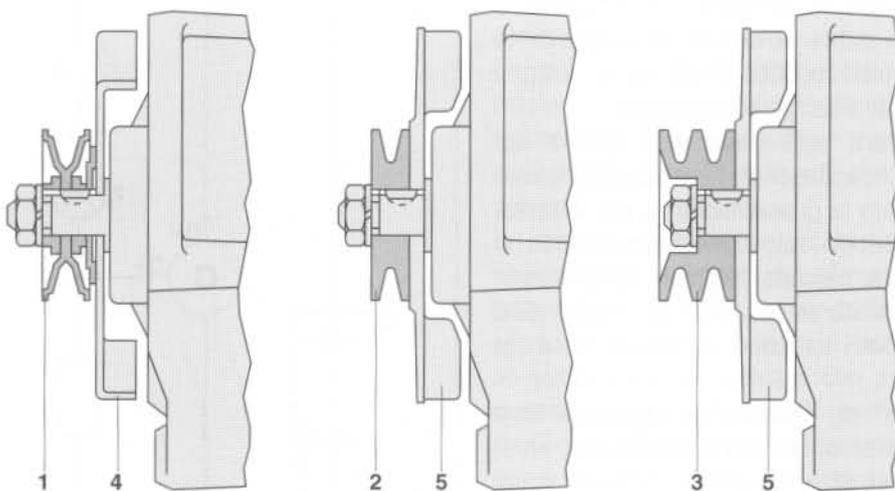
Tanto con el motor parado como en marcha, si se conecta la batería al sistema eléctrico del vehículo con la polaridad invertida, se destruyen inmediatamente los diodos del alternador. También el regulador corre peligro. Los mismos daños pueden producirse si al

El alternador en el vehículo

Fig. 6

Conjunto de polea y rueda de ventilador en alternadores monobloc.

Polea: 1 De chapa, 2 Torneada (con una ranura), 3 Torneada (con dos ranuras),
Rueda de ventilador: 4 De chapa con disco de apoyo, 5 De fundición de aluminio.



UMM0546Y

arrancar con ayuda de una fuente de tensión ajena se invierten los polos al conectarlos.

Para evitar estos riesgos pueden utilizarse circuitos que, en caso de conexión errónea de la batería impidan el arranque, protegiendo así el alternador y el regulador.

En el circuito de corriente del alternador la lámpara de control de éste actúa como resistencia, y si su potencia está bien elegida, es decir, si la lámpara consume suficiente corriente, la corriente de preexcitación generará, en el arranque, un campo magnético lo suficientemente intenso para iniciar la autoexcitación.

Cuando la lámpara se enciende, indica al conductor que está conectado el interruptor de encendido o de contacto pero que el alternador todavía no entrega corriente al sistema eléctrico del vehículo. La lámpara se apaga en cuanto, al alcanzarse una velocidad de rotación suficiente, se inicia la autoexcitación del alternador y éste puede suministrar energía al sistema eléctrico del vehículo. La lámpara es, por tanto, un instrumento de control del correcto funcionamiento del alternador y el regulador, a la vez que indica que ambos están debidamente conectados al sistema eléctrico del vehículo y que el alternador entrega corriente.

Sin embargo, la lámpara de control del alternador no indica si se carga la batería o a partir de qué velocidad de rotación se carga realmente. Si el alternador está sometido a una fuerte carga puede ocurrir que, aun estando apagada la lámpara de control, la batería no se cargue, sino que se descargue. Es decir, que la lámpara no proporciona información sobre el estado de carga de la batería, si bien muchas veces se la designa como "lámpara de control de carga".

Si la lámpara está defectuosa (rotura del filamento incandescente) no puede pasar corriente para la preexcitación y, por lo tanto, la autoexcitación solo tiene lugar cuando el motor gira a elevado régimen. Esta avería puede constatarse cuando el motor está parado, pues tampoco entonces luce la lámpara.

Si durante el servicio se produce una interrupción en el circuito de excitación, en el cable de preexcitación o en el cable de masa del alternador, con fallo total de la corriente del alternador, el conductor no es advertido de ello

aunque la lámpara de control esté intacta.

Tan sólo montando una resistencia adicional se consigue que la lámpara de control del alternador se encienda y alerte al conductor sobre un defecto en el circuito de excitación (fig. 7). Si por el contrario la lámpara de control del alternador no se apaga ni siquiera a altas revoluciones, significa que existe una avería en el propio alternador, en el regulador, en el cable o en la correa trapezoidal.

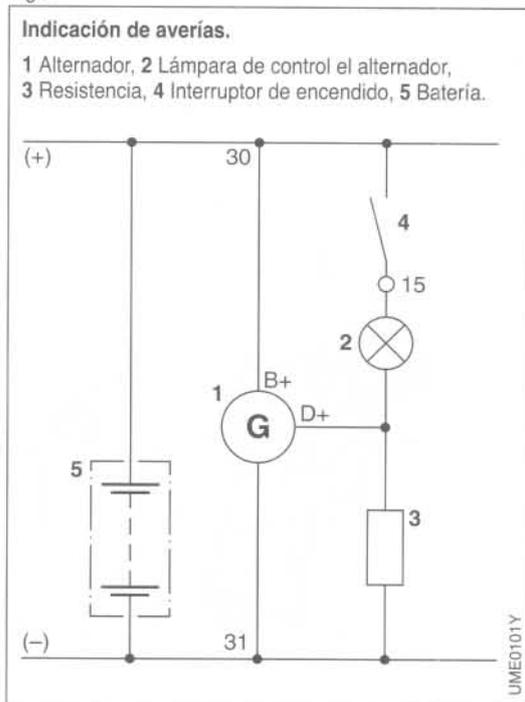
Kilometrajes e intervalos de mantenimiento

Las estadísticas permiten calcular tiempos de servicio o recorridos medios muy precisos para las diversas categorías de vehículos (turismos, vehículos industriales, camiones de transporte a larga distancia, autobuses urbanos, autobuses para largos trayectos, maquinaria de construcción, etc.) y para sus condiciones típicas de servicio.

Los distintos campos de aplicación de estos vehículos determinan también diferencias en cuanto a las exigencias y los criterios relativos a la economía de los alternadores. Por ello existen alternadores trifásicos para diversos recorridos e intervalos de mantenimiento.

Los alternadores de automóviles de turismo con rodamientos de bolas normalmente

Fig. 7



encapsulados, alcanzan según su ejecución y tipo de aplicación, recorridos de 150.000 km a 250.000 km.

Si se parte de que la vida útil del motor de un vehículo hasta su sustitución o hasta su reparación general coincide con la del alternador, puede decirse que los alternadores no requieren operaciones de mantenimiento especiales. La grasa que contienen los cojinetes es suficiente para todo ese tiempo.

En el caso de alternadores p. ej. para camiones y autobuses, el recorrido medio alcanzable se alarga hasta los 200.000 o 300.000 km utilizando piezas particularmente resistentes al desgaste. Para ello es necesario que los alternadores estén equipados con rodamientos de bolas adecuados, por ejemplo, con una cámara de grasa ampliada.

Para motores que tengan que alcanzar recorridos de más de 300.000 km hasta su primera reparación general, se recomiendan alternadores sin anillos colectores, con rotor-guía. En estos alternadores se montan rodamientos de duración correspondientemente larga.

El desgaste de las escobillas es muy reducido gracias a la pequeña corriente de excitación, siempre que la posición de montaje esté protegida contra la suciedad y la grasa.

Técnica de comprobación de taller

Servicio posventa de Bosch

La calidad de un producto se mide también por la del servicio posventa. Más de 10.000 puestos de servicio posventa de Bosch en 125 países están a disposición del conductor, de forma neutral y sin supeditación a una determinada marca de vehículo. Incluso en los países poco poblados de África y Sudamérica puede conseguirse ayuda con rapidez y con los mismos niveles de calidad que en Alemania. No hace falta decir que la garantía sobre prestaciones del servicio posventa tiene vigencia en todo el mundo.

Para que los datos característicos y valores de prestaciones de los grupos y sistemas Bosch, exactamente adaptados a los diferentes vehículos y a los motores respectivos, puedan ser objeto de las comprobaciones necesarias, Bosch desarrolla la técnica de medición, los aparatos de comprobación y las herramientas especiales correspondientes en cada caso, y equipa con ellos a los puestos del servicio posventa.

Técnica de comprobación de alternadores

Se pueden determinar recorridos o tiempos de servicio medios para los diversos tipos de vehículos (turismos, camiones, autobuses, máquinas de construcción, etc.) y sus condiciones típicas de utilización.

En correspondencia con estas exigencias existen diversas versiones de alternadores trifásicos que no requieren un mantenimiento especial durante la vida útil del motor del vehículo.

En caso de anomalías en el sistema generador de corriente, primero debe realizarse una comprobación directa en el vehículo. Si con ello se detecta una avería en el alternador, éste se sustituirá o se reparará con ayuda de la correspondiente información e instrucciones de servicio. El alternador deberá comprobarse en un banco de pruebas combinado antes de montarlo nuevamente en el vehículo.

Técnica de comprobación de taller

Comprobación directa en el vehículo

Comprobar visualmente la correa trapezoidal, el cableado y la lámpara de control de carga. Para la comprobación eléctrica se utilizan principalmente un motortester y un voltímetro-amperímetro.

Con estos dos comprobadores pueden realizarse las siguientes verificaciones:

- oscilograma de la tensión continua con reducida proporción de armónicos superiores (entre D+ y B-),
- tensión del regulador (entre D+ y B-),
- potencia del alternador,
- corriente de recarga bajo carga,
- corriente de reposo,
- tensión de la batería,
- cortocircuito a masa o al positivo de los cables,
- cables interrumpidos y

- resistencias de paso de los cables.

Reparación del alternador

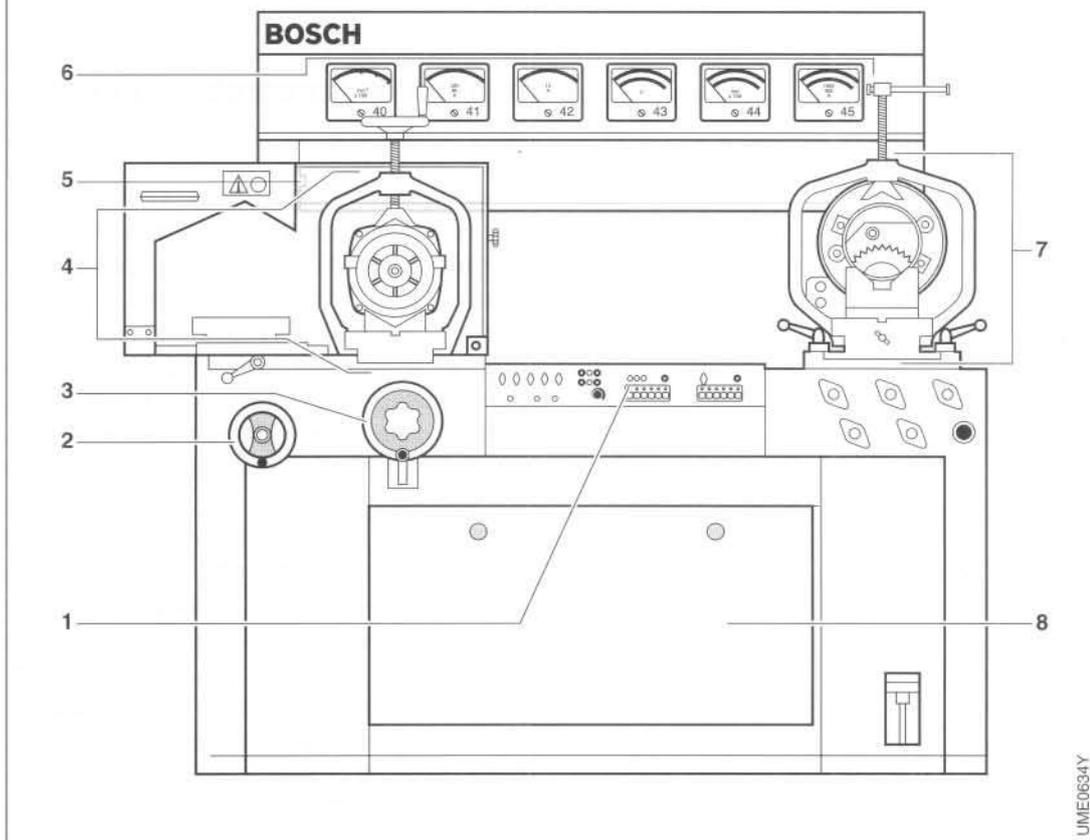
Para los diversos tipos de alternador existen las correspondientes instrucciones de servicio en las que se describe su reparación.

Estas instrucciones contienen, además, los valores de comprobación y ajuste necesarios. Para la reparación de alternadores trifásicos se emplean diversos aparatos de comprobación (p. ej. comprobadores de alternadores trifásicos y comprobadores de cortocircuitos en los devanados). También se requieren herramientas especiales para la reparación de cada tipo de alternador; sólo así puede localizarse y eliminarse de forma técnicamente correcta una avería dentro del alternador.

Fig. 1

Banco de pruebas combinado para motores de arranque y alternadores.

- 1 Panel de control para comprobación de alternadores y motores de arranque,
- 2 Resistencia de carga regulable (comprobación de alternadores),
- 3 Volante de ajuste en altura de la mesa de fijación (comprobación de alternadores),
- 4 Puesto de comprobación de alternadores con cubierta protectora,
- 5 Hembra para conexión del sensor de revoluciones (comprobación de alternadores),
- 6 Unidad de indicadores, 7 Puesto de comprobación de motores de arranque,
- 8 Compartimento para la batería.



Comprobación del alternador en el banco de pruebas combinado

Una vez reparado, el alternador se fija en el puesto de comprobación de alternadores del banco de pruebas combinado (fig. 1).

Según la ejecución del alternador, es posible su accionamiento directo a velocidades de giro de hasta 6.000 min⁻¹ aproximadamente con fines de comprobación. Para velocidades mayores, el accionamiento se realiza mediante una correa trapezoidal (fig. 2).

El alternador se atornilla al dispositivo de fijación mediante un brazo giratorio. Después de orientar y tensar correctamente la correa trapezoidal, se ajusta el sensor de revoluciones. Seguidamente se realiza la conexión eléctrica del alternador.

Para comprobar un alternador se accede a dos puntos de la curva característica de potencia:

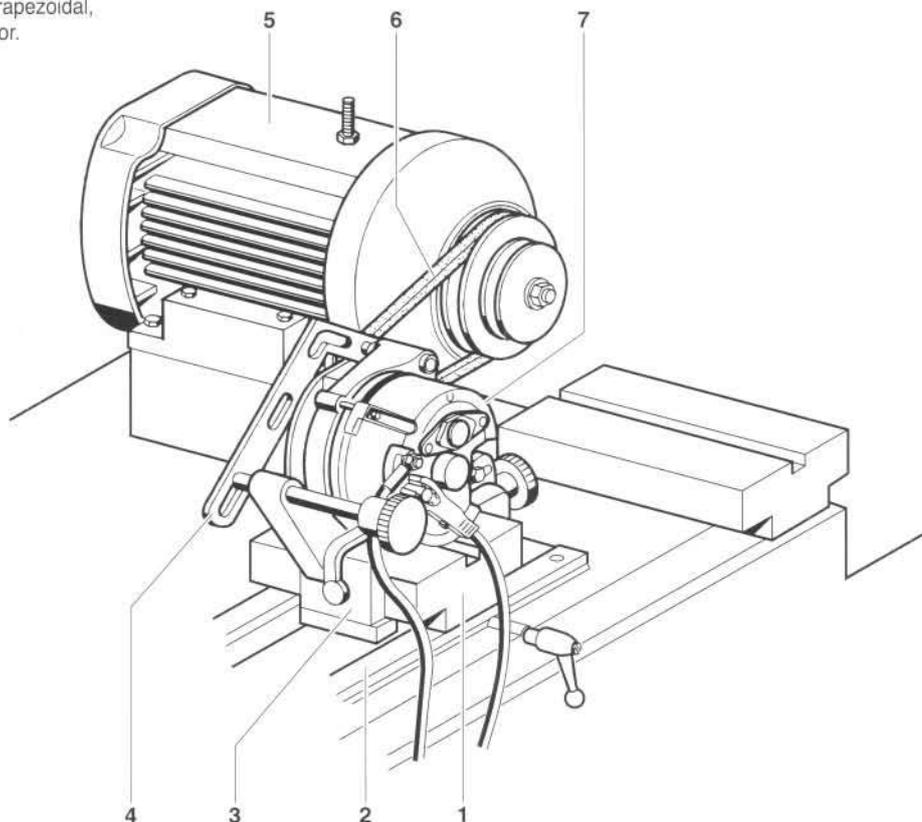
A dos velocidades distintas de ensayo (p. ej. 1.500 y 6.000 min⁻¹) se somete el alternador, con ayuda de una resistencia de carga regulable, a la corriente de carga que debe alcanzarse. La tensión del alternador deberá estar por encima del valor límite indicado. Si se alcanzan estos valores teóricos, puede montarse directamente el alternador en el vehículo.

Técnica de comprobación de taller

Fig. 2

Alternador fijado para la comprobación.

- 1 Mesa de fijación,
- 2 Guía,
- 3 Dispositivo de fijación,
- 4 Brazo giratorio,
- 5 Accionamiento,
- 6 Correa trapezoidal,
- 7 Alternador.



UMIE0635Y

