Tren motriz de vehículos híbridos

Autor:
Data de publicació: 10-07-2026

Tren motriz de vehículos híbridos

Los trenes motrizes de vehículos híbridos transmiten potencia a las ruedas motrices de los vehículos híbridos. Un vehículo híbrido tiene múltiples formas de potencia motriz y puede presentarse en muchas configuraciones. Por ejemplo, un híbrido puede obtener su energía quemando gasolina, pero alternar entre un motor eléctrico y un motor de combustión.

Un tren motriz típico incluye todos los componentes utilizados para transformar la energía potencial almacenada. Los trenes motrizes pueden utilizar energía química, solar, nuclear o cinética para la propulsión. El ejemplo más antiguo es la locomotora de vapor. Ejemplos modernos incluyen las bicicletas eléctricas y los vehículos híbridos eléctricos, que generalmente combinan una batería (o supercondensador) complementada por un motor de combustión interna (ICE) que puede recargar las baterías o alimentar el vehículo. Otros grupos de propulsión híbridos pueden utilizar volantes de inercia para almacenar energía.

Entre los diferentes tipos de vehículos híbridos, solo el tipo eléctrico/de combustión interna está disponible comercialmente desde 2017. Una variedad operaba en paralelo para suministrar energía de ambos motores simultáneamente. Otro operaba en serie, con una fuente que proporcionaba exclusivamente la energía y la segunda la electricidad. Cualquiera de las dos fuentes puede proporcionar la fuerza motriz principal, mientras que la otra complementa la principal.

Otras combinaciones ofrecen mejoras de eficiencia gracias a una gestión y regeneración energética superior, que se ven compensadas por costes, complejidad y limitaciones de baterías. Los híbridos combustión-eléctricos (CE) tienen paquetes de baterías con una capacidad mucho mayor que un vehículo solo de combustión. Un híbrido combustión-eléctrico tiene baterías ligeras que ofrecen mayor densidad energética y son mucho más caras. Los motores de combustión interna solo requieren una batería lo suficientemente grande para accionar el sistema eléctrico y encender el motor. [1]

Índice

Historia

Los vehículos eléctricos tienen una larga historia combinando combustión interna y transmisión eléctrica — como en un tren motriz diésel-eléctrico— aunque se han utilizado principalmente para locomotoras ferroviarias. Un tren motriz diésel-eléctrico no cumple estrictamente con la definición de híbrido porque la transmisión eléctrica sustituye directamente a la mecánica en lugar de ser una fuente suplementaria de potencia motriz.

Una de las primeras formas de vehículo híbrido terrestre fue el experimento del trolebús 'sin orugas' en Estados Unidos (Nueva Jersey), que se realizó de 1935 a 1948 y que normalmente utilizaba corriente de tracción suministrada por cable. El trolebús estaba equipado con un motor de combustión interna para accionar directamente el tren motriz mecánico, no para generar electricidad para el motor de tracción. Esto permitió que el vehículo se utilizara para servicio comercial donde no había cable de contacto.

Desde los años 90 se han introducido trolebuses híbridos con pequeñas centrales eléctricas para proporcionar capacidad de baja velocidad en emergencias y mantenimiento, pero no para apoyar el servicio comercial general.

Tipos por diseño

Híbrido paralelo

Estructura de un vehículo híbrido eléctrico paralelo. Los cuadrados grises representan los engranajes del diferencial. Los sistemas híbridos en paralelo tienen tanto un motor de combustión interna como un motor eléctrico que pueden mover el coche individualmente o acoplarse juntos para dar tracción. Este es el sistema híbrido más común desde 2016.

Si se unen en un eje (en paralelo), las velocidades en ese eje deben ser idénticas y los pares suministrados se sumarán (la mayoría de las bicicletas eléctricas son de este tipo). Cuando solo se utiliza una de las dos fuentes, la otra debe conectarse mediante un embrague unidireccional o rueda libre para poder girar libremente.

En los coches, las dos fuentes pueden aplicarse al mismo eje (por ejemplo, con el motor eléctrico conectado entre el motor y la transmisión), girando a iguales velocidades y los pares sumándose con el motor eléctrico añadiendo o restando par al sistema según sea necesario. (Las dos primeras generaciones de Honda Insight utilizan este sistema.)

Los híbridos paralelos pueden categorizarse además según el equilibrio entre los diferentes motores que proporcionan la potencia motriz: el motor de combustión interna puede ser dominante (activando el motor eléctrico solo en circunstancias específicas) o viceversa; mientras que en otros pueden funcionar solo con el sistema eléctrico, pero debido a que los híbridos paralelos actuales no pueden ofrecer modos solo eléctricos o de combustión interna, a menudo se clasifican como híbridos suaves (véase más abajo).

Los híbridos paralelos dependen más del frenado regenerativo y el motor de combustión interna también puede actuar como generador para la recarga suplementaria. Esto los hace más eficientes en condiciones urbanas de 'paradas y salidas'. Utilizan un paquete de baterías más pequeño que otros híbridos. Los primeros híbridos Insight, Civic y Accord de Honda que usaban IMA son ejemplos de híbridos paralelos de producción. [2] Los híbridos híbridos paralelos de General Motors (PHT) y BAS como el Saturn Vue y Aura Greenline y los híbridos Chevrolet Malibu también emplean una arquitectura híbrida paralela.

Híbrido de paso en carretera (TTR)

Un híbrido paralelo alternativo es el tipo "a través de la carretera". [3][4] En este sistema, un tren motriz convencional impulsa un eje, con un motor eléctrico o motores accionando otro. Esta disposición fue utilizada por los primeros trolebuses 'fuera de vía'. En efecto, proporciona un sistema completo de propulsión de respaldo. En los motores modernos, las baterías pueden recargarse mediante frenado regenerativo o cargando las ruedas eléctricas durante el crucero. Esto permite un enfoque más sencillo para la gestión de energía. Esta disposición también tiene la ventaja de proporcionar tracción total en algunas condiciones. (Un ejemplo de este principio es una bicicleta equipada con un motor de cubo delantero, que ayuda a la potencia del pedal del ciclista en la rueda trasera.) Entre los vehículos de este tipo se encuentran los Audi 100 Duo II y Subaru VIZIV, los prototipos Peugeot 3008, Peugeot 508, 508 RXH, Citroën DS5 (todos con el sistema HYbrid4 de PSA), el Volvo V60 híbrido enchufable, el BMW Serie 2 Active Tourer, el BMW i8 y la segunda generación del Honda NSX.

Híbrido de serie

Estructura de un vehículo híbrido en serie. El cuadrado gris representa un engranaje diferencial. Una disposición alternativa (no mostrada) es tener motores eléctricos en dos o cuatro ruedas.
Los híbridos en serie también se denominan vehículos eléctricos de autonomía extendida (EREV)[5], vehículos eléctricos de autonomía extendida (REEV), o vehículos eléctricos con autonomía extendida (EVER). Todos los híbridos de serie son EREV, REEV o EVER, pero no todos los EREV, REEV o EVER son híbridos de serie. Los híbridos de serie con características particulares están clasificados como vehículos eléctricos de batería con autonomía extendida (BEVx) por la Junta de Recursos del Aire de California. [6]

Las transmisiones eléctricas se inventaron en 1903. Las transmisiones mecánicas implican costes derivados de su peso, volumen, ruido, coste, complejidad y el consumo de potencia del motor con cada cambio de marcha, afectando tanto a los sistemas manuales como automáticos. A diferencia de los motores de combustión interna, los motores eléctricos normalmente no requieren transmisión.

A diferencia de un híbrido paralelo, un híbrido en serie no tiene una transmisión mecánica entre el motor y las ruedas. El motor actúa en cambio como un generador eléctrico, conectado a la batería mediante un cable. La conexión es motor, batería, motor eléctrico y ruedas. En algunos casos, el generador también se conecta directamente al motor.

Esta disposición en serie es común en locomotoras y barcos diésel-eléctricos (el barco fluvial ruso Vandal, botado en 1903, fue el primer buque diésel y diésel-eléctrico del mundo). A principios del siglo XX, Ferdinand Porsche diseñó varios vehículos exitosos utilizando este arreglo para Lohner-Werke. Porsche lo llamó System Mixte. Estos vehículos híbridos Lohner–Porsche Mixte tenían una disposición de motor de cubo de ruedas, con motores de dos o cuatro ruedas. Los coches de carreras Lohner–Porsche establecieron récords de velocidad.

El Chevrolet Volt funciona principalmente como un híbrido en serie.
El enfoque híbrido en serie aísla el motor de la demanda, permitiéndole operar solo a su velocidad más eficiente. El motor puede ser mucho más pequeño, ya que no tiene que soportar altas velocidades o aceleraciones. Los motores de tracción suelen funcionar únicamente con la batería, que también puede cargarse desde fuentes externas.

La línea e-Power de Nissan (Nota,[7] Serena,[8] Kicks,[9] X-Trail,[10] y Qashqai)[11] utilizan el motor para accionar un generador y el motor de tracción EM57. [12] El MX-30 de Mazda está equipado opcionalmente con un extensor de autonomía. [13] El i3 de BMW conectaba el generador solo a la batería. Los autobuses híbridos ThunderVolt[14] y los autobuses de transporte equipado con trenes motrizes BAE Systems (anteriormente Lockheed Martin) HybriDrive también son híbridos en serie. [15][16]

Motores de tracción eléctrica

Los motores eléctricos son más eficientes que los motores de combustión interna, con altas relaciones potencia-peso que proporcionan par a lo largo de un amplio rango de velocidades. Los motores de combustión interna son más eficientes cuando giran a velocidad constante.

Los motores de combustión interna pueden funcionar de forma óptima al girar un generador. Los sistemas híbridos en serie ofrecen una aceleración más suave al evitar los cambios de marcha. Los híbridos de serie incluyen:

Solo tracción eléctrica – usando únicamente motores eléctricos para girar las ruedas.
ICE – solo hace girar un generador.
Generador – accionado por el motor de combustión interna para generar electricidad y arrancar el motor.
Batería – amortiguador de energía.
Frenado regenerativo – El motor de transmisión se convierte en generador y recupera energía convirtiendo energía cinética en eléctrica, ralentizando también el vehículo y evitando pérdidas térmicas.

Además:

Puede estar enchufado a la red para recargar la batería.
Los supercondensadores ayudan a la batería y recuperan la mayor parte de la energía al frenar.

El motor eléctrico puede alimentarse completamente por electricidad de la batería o mediante el generador accionado por el motor de combustión interna, o ambos. Un vehículo así se asemeja conceptualmente a una locomotora diésel-eléctrica con la adición de una batería que puede alimentar el vehículo sin tener que usar el motor de combustión interna y actúa como un amortiguador de energía que se utiliza para acelerar y alcanzar mayor velocidad; El generador puede cargar simultáneamente la batería y alimentar el motor eléctrico que mueve el vehículo.

Cuando el vehículo está parado, la combustión interna se apaga sin estar en ralentí, mientras que la batería proporciona la energía necesaria en reposo. Los vehículos en semáforos, o en tráfico lento de paradas y arranques, no necesitan quemar combustible estando parados o despacio, reduciendo así las emisiones.

Los híbridos en serie pueden equiparse con un supercondensador o un volante de inercia para almacenar energía regenerativa de frenado, lo que puede mejorar la eficiencia al recuperar energía que de otro modo se perdería en forma de calor a través del sistema de frenos. Como un híbrido en serie no tiene conexión mecánica entre la combustión interna y las ruedas, el motor puede funcionar a una velocidad constante y eficiente independientemente de la velocidad del vehículo, logrando una mayor eficiencia (37%, en lugar de la media interna del 20%[17]) y a bajas o mixtas velocidades esto podría resultar en un aumento del ~50% en la eficiencia global (19% frente a 29%).

Lotus ofrecía un diseño de motor/generador que funcionaba a dos velocidades, proporcionando 15 kW de potencia eléctrica a 1.500 rpm y 35 kW a 3.500 rpm mediante el generador eléctrico integrado,[18] utilizado en el concepto Nissan Infiniti Emerg-e.

Este perfil de funcionamiento permite un mayor margen para diseños alternativos de motores, como una microturbina,[19] un motor rotativo de ciclo Atkinson o un motor de combustión lineal. [20]

El motor de combustión interna se adapta al motor eléctrico comparando las tasas de salida a velocidad de crucero. Generalmente, las tasas de salida para motores de combustión se proporcionan para tasas instantáneas (pico),[21] pero en la práctica, estas no pueden utilizarse.

El uso de un motor eléctrico que accione directamente una rueda elimina los elementos mecánicos convencionales de la transmisión: caja de cambios, ejes de transmisión y diferencial, y a veces puede eliminar acoplamientos flexibles.

En 1997, Toyota lanzó el primer autobús híbrido en serie vendido en Japón. [22] Designline International de Ashburton, Nueva Zelanda, produce autobuses urbanos con un sistema híbrido en serie propulsado por microturbinas. Wrightbus produce autobuses híbridos en serie, incluyendo el Gemini 2 y el New Routemaster. Supercondensadores combinados con un banco de baterías de ion de litio han sido utilizados por AFS Trinity en un SUV Saturn Vue convertido. Utilizando supercondensadores, afirman alcanzar hasta 150 mpg en una configuración híbrida en serie. [23]

Entre los modelos híbridos de la serie automovilística más conocidos se encuentra la variante del BMW i3 equipada con un extensor de autonomía. Otro ejemplo de automóvil híbrido en serie es el Fisker Karma. El Chevrolet Volt es casi un híbrido en serie, pero también incluye un enlace mecánico desde el motor hasta las ruedas a más de 70 mph.[24][25]

Los híbridos en serie han sido adoptados por la industria aeronáutica. El DA36 E-Star, un avión diseñado por Siemens, Diamond Aircraft y EADS, emplea un tren motriz híbrido en serie con la hélice accionada por un motor eléctrico Siemens de 70 kW (94 hp). Se elimina una unidad de reducción de velocidad de la hélice que consume energía. El objetivo es reducir el consumo de combustible y las emisiones hasta en un 25 por ciento. Un motor rotativo Austro Engine Wankel de 40 hp (30 kW) y generador a bordo suministran la electricidad.

El Wankel fue elegido por su pequeño tamaño, bajo peso y gran relación potencia-peso. (Los motores Wankel también funcionan eficientemente a una velocidad constante de aproximadamente 2.000 RPM, lo cual es adecuado para el funcionamiento de generadores. Mantener una banda constante y estrecha compensa muchas de las desventajas percibidas del motor Wankel en aplicaciones automovilísticas. [26])

El motor eléctrico de hélice utiliza electricidad almacenada en baterías, con los motores sin funcionar, para despegar y ascender, reduciendo así las emisiones sonoras. El tren motriz reduce el peso del avión en 100 kilos respecto a su predecesor. El DA36 E-Star voló por primera vez en junio de 2013, siendo este el primer vuelo de un tren motriz híbrido en serie. Diamond Aircraft afirma que la tecnología es escalable hasta un avión de 100 asientos. [27][28]

Motores integrados en las ruedas

Si los motores están fijados a la carrocería del vehículo, se requieren acoplamientos flexibles, pero no si los motores de tracción están integrados en las ruedas. Una desventaja es que la masa no suspendida aumenta y la respuesta a la suspensión disminuye, lo que afecta a la suspensión y potencialmente a la seguridad. Sin embargo, el impacto debe ser mínimo, ya que los motores eléctricos en cubos de ruedas, como el Hi-Pa Drive, pueden ser muy pequeños y ligeros, con relaciones potencia-peso excepcionalmente altas, y los mecanismos de frenado pueden ser más ligeros a medida que los motores de las ruedas frenan el vehículo.

Las ventajas de los motores individuales de ruedas incluyen un control de tracción simplificado, tracción total si es necesario y un piso inferior (útil para autobuses y otros vehículos especializados; algunos vehículos militares 8x8 de tracción total utilizan motores individuales de rueda). Las locomotoras diésel-eléctricas han utilizado este concepto (motores individuales que impulsan los ejes de cada par de ruedas) durante 70 años. [29][cita completa necesaria][30]

Otras medidas incluyen llantas ligeras de aluminio para reducir la masa no suspendida del conjunto de ruedas; Los diseños de vehículos pueden optimizarse para bajar el centro de gravedad ubicando elementos más pesados (incluida la batería) a nivel del suelo; En un vehículo de carretera típico, el sistema de transmisión de potencia puede ser más pequeño y ligero que el sistema convencional de transmisión mecánica de potencia, liberando espacio; El conjunto generador de combustión solo requiere cables a los motores eléctricos de accionamiento, aumentando la flexibilidad en la disposición de los componentes principales distribuidos por el vehículo, proporcionando una mejor distribución del peso y maximizando el espacio en la cabina, abriendo la posibilidad de que diseños superiores aprovechen esta flexibilidad.

Híbrido serie–paralelo

Estructura de un vehículo híbrido eléctrico combinado

Un híbrido serie-paralelo, o híbrido de división de potencia, es un híbrido paralelo que incorpora un dispositivo de división de potencia, permitiendo trayectorias de potencia desde el motor de combustión a las ruedas que pueden ser tanto mecánicas como eléctricas. El principio principal es desacoplar la energía suministrada por la fuente primaria de la potencia que demanda el conductor.

El par motor de combustión es mínimo a bajas revoluciones y los vehículos convencionales aumentan el tamaño del motor para cumplir con los requisitos del mercado de una aceleración inicial aceptable. El motor más grande tiene más potencia de la necesaria para navegar en crucero. Los motores eléctricos producen par completo en parada y son muy adecuados para complementar la deficiencia de par de combustión interna a bajas revoluciones. En un híbrido con división de potencia, se puede utilizar un motor más pequeño, menos flexible y más eficiente. El ciclo Otto convencional (mayor densidad de potencia, más par motor a bajas revoluciones, menor eficiencia de combustible) suele modificarse a un ciclo Atkinson o ciclo Miller (menor densidad de potencia, menor par motor a bajas revoluciones, mayor eficiencia de combustible; a veces llamado ciclo Atkinson-Miller). El motor más pequeño, que utiliza un ciclo más eficiente y a menudo opera en la región favorable del mapa específico de consumo de combustible de frenos, contribuye significativamente a la mayor eficiencia global del vehículo.

Variaciones del diseño sencillo (en la imagen a la derecha) que se encuentran, por ejemplo, en el conocido Toyota Prius, son:

Segundo conjunto planetario de relación fija como el utilizado en el Lexus RX400h y el Toyota Highlander Hybrid. Esto permite un motor con menos par pero mayor potencia (y mayor velocidad máxima de rotación), es decir, mayor densidad de potencia

Mecanismo planetario tipo Ravigneaux[31] (engranaje planetario con cuatro ejes en lugar de tres) y dos embragues como los usados en el Lexus GS450h. Al cambiar los embragues, se cambia la relación de engranajes de MG2 (el motor de tracción) al eje de la rueda, ya sea para mayor par o mayor velocidad (hasta 250 km/h / 155 mph) manteniendo una mejor eficiencia de transmisión. Esto se logra efectivamente en los HSD de Prius de la Generación 3 (Prius v, Prius Plug-in y Prius c), aunque el HSD de la Generación 3 tiene este segundo conjunto de engranajes planetarios fijo a 2,5:1, en lugar de alternar entre 1:1 y 2,5:1 como se mantiene fijo el "portador".

Toyota Prius híbrido de la serie Power-splitter

Dos conjuntos de engranajes planetarios adicionales en combinación con cuatro embragues para crear una configuración híbrida de dos modos capaz de operar en todo eléctrico, híbrido eléctrico y motor de combustión interna, o solo con motor de combustión interna con cuatro engranajes fijos. Ejemplos de híbridos bimodo incluyen los camiones y SUV híbridos bimodo de tamaño completo de General Motors, el BMW X6 ActiveHybrid[32] y el Mercedes ML 450 híbrido. [32]

El Sistema Híbrido Toyota THS / Hybrid Synergy Drive tiene un único dispositivo de división de potencia (incorporado como un conjunto planetario de tres ejes) y puede clasificarse como Input-Split, ya que la potencia del motor se divide en la entrada de la transmisión. Esto, a su vez, hace que esta configuración sea muy sencilla en términos mecánicos, pero tiene sus propios inconvenientes. Por ejemplo, en la Generación 1 y la Generación 2 la velocidad máxima de los HSD está principalmente limitada por la velocidad del motor eléctrico más pequeño (que a menudo funciona como generador). El HSD de la Generación 3 separa la trayectoria ICE-MG1 de la MG2, cada una con su propia relación de engranajes adaptada (1,1:1 y 2,5:1, respectivamente, para los últimos Prius, incluido el Prius c). El HSD de la Generación 4 elimina el segundo conjunto de engranajes planetarios y coloca los motores eléctricos en ejes paralelos, con un engranaje combinado entre estos ejes, y transfiere el resultado combinado al diferencial de transmisión final. Esto es bastante similar al sistema híbrido Aisin Seiki afiliado a Toyota y ahorra espacio considerable.

Primer Hybrid Synergy Drive. Se muestra el dispositivo de división de potencia ICE-MG1-MG2 (encadenado) de la Generación 1/Generación 2 HSD. Relación MG2 fijada permanentemente en 1:1.Tardía de la Sinergia Híbrida. Se muestra el dispositivo de división de potencia ICE-MG1 de generación 3 (sin cadena) / Dispositivo de reducción de velocidad de motor MG2 HSD. Relación MG2 fijada permanentemente en 2,5:1.
General Motors, BMW y DaimlerChrysler colaboraron en un sistema denominado híbrido bimodo como parte de la Cooperación Global Híbrida. La tecnología se lanzó en otoño de 2007 en el Chevrolet Tahoe Hybrid. El sistema también apareció en el SUV concepto GMC Graphite en el Salón Internacional del Automóvil de Norteamérica de 2005 en Detroit. [33] El sedán F3DM de BYD Auto es un automóvil híbrido enchufable en serie y paralelo, que salió a la venta en China en 2008. [34][35][36]

El nombre híbrido de dos modos destaca la capacidad del tren motriz para funcionar en modo totalmente eléctrico (Modo 1, o Input-Split) así como en híbrido (Modo 2, o Compuesto Split). El diseño permite operar en más de dos modos. Hay dos modos de división de potencia disponibles, junto con varios regímenes de marcha fija (esencialmente híbridos paralelos). Dicho diseño puede denominarse diseño multirregime. [37] El diseño de tren motriz híbrido de dos modos puede clasificarse como un diseño dividido compuesto, ya que la adición de cuatro embragues dentro de la transmisión permite múltiples configuraciones de división de potencia del motor. Además de los embragues, esta transmisión tiene un segundo conjunto de engranajes planetario. El objetivo del diseño es variar el porcentaje de potencia transmitida mecánicamente frente a la eléctrica para hacer frente a condiciones de funcionamiento de baja y alta velocidad. Esto permite que motores más pequeños cumplan el trabajo de motores más grandes en comparación con sistemas monomodos, porque la potencia máxima eléctrica derivada es proporcional al ancho del rango de variación continua. Las cuatro marchas fijas permiten que el híbrido de dos modos funcione como un híbrido paralelo convencional bajo regiones de alta potencia continua, como cruceros sostenidos a alta velocidad o remolque de remolque. El turbo eléctrico completo está disponible en modos de engranajes fijos. [38]

Tipos por grado de hibridación

TipoSistema de arranque-paradaFrenadoregenerativo Impulso eléctricoModo de agotamiento de cargaRecargableRegeneración de escape

Microhíbrido
Sí
No
No
No
No

Híbrido suave
Sí
Sí
No
No
No

Híbrido dual mild
Sí
Sí
No
No
Sí

Híbrido completo
Sí
Sí
Sí
No
No

Doble híbrido completo
Sí
Sí
Sí
No
Sí

Híbrido enchufable
Sí
Sí
Sí
Sí
No

Híbrido dual enchufable
Sí
Sí
Sí
Sí
Sí

Híbridos duales

Estos contienen dos sistemas diferentes de recuperación de energía. Esta es una categorización transversal.

Microhíbridos

Micro híbrido (?HEV) es un término general que se da a los vehículos que utilizan algún tipo de sistema de arranque-

parada para apagar automáticamente el motor al ralentí. Estrictamente hablando, los microhíbridos no son vehículos híbridos reales, porque no dependen de dos fuentes de energía diferentes. [39]

Híbridos suaves

Artículo principal: Híbrido suave

Compartimento del motor de un GMC Sierra Hybrid de 2006

Los híbridos suaves (MHEV) son esencialmente vehículos convencionales con cierto hardware híbrido, pero con características híbridas limitadas. Normalmente, son híbridos paralelos con arranque-parada y niveles moderados de asistencia al motor o frenado regenerativo. Los híbridos suaves generalmente no pueden proporcionar propulsión totalmente eléctrica.

Los híbridos suaves como el General Motors 2004–2007 Parallel Hybrid Truck (PHT) y los híbridos Honda Eco-Assist están equipados con un motor eléctrico trifásico montado en la carcasa de la campana entre el motor y la transmisión, que permite apagar el motor cada vez que el camión está en marcha, frenando o detenido, pero reiniciando rápidamente para proporcionar potencia. Los accesorios pueden seguir funcionando con energía eléctrica mientras el motor está apagado, y como en otros diseños híbridos, el frenado regenerativo recupera energía. El gran motor eléctrico acelera el motor hasta velocidades de funcionamiento antes de inyectar combustible.

El Chevrolet Silverado PHT 2004–2007 fue una camioneta pickup de tamaño completo. Chevrolet logró una mejora del 10% en la eficiencia apagando y reiniciando el motor a demanda y utilizando frenado regenerativo. La energía eléctrica se utilizaba únicamente para accionar accesorios como la dirección asistida. El GM PHT utilizaba un sistema de 42 voltios mediante tres baterías de plomo-ácido ventiladas de 12 voltios conectadas en serie (36V en total) para suministrar la energía necesaria al motor de arranque, así como para alimentar los accesorios electrónicos.

General Motors presentó entonces su sistema BAS Hybrid, otra implementación de híbrido suave lanzada oficialmente en la línea verde Saturn Vue de 2007. Su funcionalidad de "start-stop" funciona de forma similar a la del Silverado, aunque mediante una conexión con correa al motor/generador. Sin embargo, el GM BAS Hybrid System también puede proporcionar una asistencia modesta en aceleración y durante la conducción constante, y captura energía durante la frenada regenerativa (combinada). El BAS Hybrid ofreció hasta un 27% de mejora en la eficiencia combinada de combustible en las pruebas de la EPA del Saturn VUE 2009. [40] El sistema también se encuentra en los Saturn Aura Green Line 2008–2009 y en los híbridos Chevrolet Malibu 2008–2010.

Otra forma de ofrecer arranque/parada es empleando un motor de arranque estático. Un motor así no requiere motor de arranque, pero emplea sensores para determinar la posición exacta de cada pistón y luego cronometran con precisión la inyección y el encendido del combustible para poner en marcha el motor. [41]

A los híbridos suaves a veces se les llama híbridos de asistencia eléctrica, ya que utilizan el motor de combustión interna como motor principal, con un motor eléctrico que aumenta el par motor conectado a un tren motriz (en gran parte) convencional. El motor eléctrico está montado entre el motor y la transmisión. Es esencialmente un motor de arranque grande que funciona cuando el motor necesita girar y cuando el conductor "pisa el acelerador" y necesita potencia extra. El motor eléctrico también puede reiniciar el motor de combustión y apagar el motor principal en ralentí, mientras que el sistema de baterías mejorado se utiliza para alimentar los accesorios. [cita necesaria] GM anunció los híbridos suaves Buick LaCrosse y Buick Regal denominados Eassist.

Antes de 2015, los híbridos de Honda, incluido el Insight, utilizaban este diseño, aprovechando su experiencia en motores de gasolina pequeños y eficientes; su sistema se denomina Asistencia Motora Integrada (IMA). Los híbridos IMA no pueden proporcionar propulsión solo con energía eléctrica. Sin embargo, dado que la cantidad de energía eléctrica necesaria es mucho menor, el tamaño del sistema se reduce.

Otra variante es el sistema híbrido Saturn Vue Green Line BAS, que utiliza un motor eléctrico más pequeño (montado en el lateral del motor) y un paquete de baterías que el Honda IMA, pero funciona de forma similar.

Otra variante de este tipo es el sistema e-4WD de Mazda, ofrecido en el Mazda Demio vendido en Japón. [42] Este vehículo de tracción delantera tiene un motor eléctrico que puede mover las ruedas traseras cuando se necesita tracción extra. El sistema está desactivado en todas las demás condiciones de conducción, por lo que no mejora directamente el rendimiento o la economía, pero permite el uso de un motor más pequeño y económico en relación con

el rendimiento total.

El Genesis G90 y el Genesis GV80 Coupé ofrecen opciones híbridas suaves con un compresor eléctrico. [43][44]

Híbridos dobles de luz

Estos contienen dos sistemas diferentes de recuperación de energía.

El Mercedes-Benz Clase C (W206), el Mercedes-AMG SL 43 (R232), el Mercedes-AMG CLE 53, el Mercedes C254/X254 de gasolina y el Porsche 911 Carrera GTS T-Hybrid cuentan con un turbocompresor/MGU-H asistido eléctricamente. [45][46][47]

Híbridos completos

No debe confundirse con FCEV.

Compartimento del motor de un Mercury Mariner Hybrid de 2006
Un híbrido completo (FHEV o HEV), a veces también llamado híbrido potente, es un vehículo que puede funcionar solo con el motor, las baterías o una combinación de ellas. El Toyota Prius, Toyota Camry Hybrid, Ford Escape Hybrid/Mercury Mariner Hybrid, Ford Fusion Hybrid/Lincoln MKZ Hybrid/Mercury Milan Hybrid, Ford C-Max Hybrid, Ford Maverick Hybrid, Kia Optima Hybrid, Toyota Sienna Hybrid, así como el General Motors híbrido de 2 modos Los camiones y los SUV son ejemplos de este tipo de hibridación, ya que pueden funcionar solo con batería. Una batería grande y de alta capacidad permite el funcionamiento solo con batería. Estos vehículos tienen una trayectoria de potencia dividida que permite mayor flexibilidad en el tren motriz mediante la interconversión de energía mecánica y eléctrica. Para equilibrar las fuerzas de cada parte, los vehículos utilizan un enlace tipo diferencial entre el motor y el motor conectado a la cabeza de la transmisión.

El nombre de marca Toyota para esta tecnología es Hybrid Synergy Drive, que se utiliza en el Prius, el Highlander Hybrid SUV y el Camry Hybrid. Un ordenador supervisa el funcionamiento del sistema, determinando cómo mezclar las fuentes de energía. Las operaciones del Prius pueden dividirse en seis regímenes distintos:

Modo vehículo eléctrico—El motor de combustión interna está apagado y la batería alimenta el motor (o se carga durante el frenado regenerativo). Se utiliza para el ralentí cuando el estado de carga de la batería (SOC) es alto.Modo crucero: El vehículo va en crucero (es decir, no acelera), y el motor de combustión interna puede satisfacer la demanda. La potencia del motor se divide entre la trayectoria mecánica y el generador. La batería también alimenta el motor, cuya potencia se suma mecánicamente con el motor. Si el estado de carga de la batería está bajo, parte de la energía del generador carga la batería.Modo sobremarcha: Una parte de la energía rotacional produce electricidad, porque no se necesita la potencia total del motor para mantener la velocidad. Esta energía eléctrica se utiliza para mover el engranaje solar en la dirección opuesta a su rotación habitual. El resultado final es que el engranaje gira más rápido que el motor, aunque con un par motor más bajo.Modo de carga de la batería—También se usa en ralentí, salvo que en este caso el estado de carga de la batería es bajo y requiere carga, que es proporcionada por el motor y el generador.Modo de aumento de potencia—Empleado en situaciones en las que el motor no puede mantener la velocidad deseada. La batería alimenta el motor para complementar la potencia del motor.Modo de división negativa: El vehículo va en marcha y el estado de carga de la batería es alto. La batería suministra energía tanto al motor (para proporcionar energía mecánica) como al generador. El generador convierte esto en energía mecánica que dirige hacia el eje del motor, ralentizándolo (aunque sin alterar su par potenciado). El propósito de este "arrastre" del motor es aumentar la economía de combustible del vehículo.

Híbridos dobles completos

Estos contienen dos sistemas diferentes de recuperación de energía. Un ejemplo de híbridos duales son los coches de Fórmula 1 (véase motores de Fórmula 1#2014–2021 y motores de Fórmula 1#2022–2025). Otros ejemplos son el Porsche 919 Hybrid y el Infiniti Project Black S, que fue cancelado.

Carga del Chevrolet Volt
Artículo principal: Híbrido enchufable

Véase también: Vehículo a red y vehículo eléctrico enchufable

Un vehículo híbrido eléctrico enchufable (PHEV) tiene dos características definitorias. Esto:

Se puede enchufar a un enchufe eléctrico para cargarse.
Solo puede viajar alimentado por la batería.

Son híbridos completos, capaces de funcionar con batería; ofrecen mayor capacidad de baterías y la capacidad de recargarse desde la red; pueden ser de diseño paralelo o en serie y también se denominan híbridos opcionales en gas o cuadriculados. La principal ventaja del híbrido enchufable es que pueden ser independientes de la gasolina a distancias significativas y también ofrecen una autonomía de combustión interna ampliada para viajes largos. La investigación del Instituto de Investigación de Energía Eléctrica encontró un coste total de propiedad menor de los PHEV debido a la reducción de los costes de servicio y a la mejora gradual de la tecnología de baterías. La eficiencia "pozo-rueda" y las emisiones de los PHEV en comparación con los híbridos de gasolina dependen de las fuentes de energía de la red (la red estadounidense es un 30% carbón; La red de California es principalmente de gas natural, energía hidroeléctrica y eólica).

Compartimento motor de un BYD F3DM híbrido enchufable
Prototipos de PHEV, con paquetes de baterías más grandes que pueden recargarse desde la red eléctrica, se construyeron en Estados Unidos, especialmente en el Centro Híbrido de Andy Frank[48] en la Universidad de California, Davis. Un PHEV de producción, el Renault Kangoo, salió a la venta en Francia en 2003. DaimlerChrysler fabricó PHEVs basados en la furgoneta Mercedes-Benz Sprinter. Los camiones ligeros son ofrecidos por Micro-Vett SPA[49], el llamado Bimodale Diario.

La California Cars Initiative convirtió el Toyota Prius de 2004 y el más nuevo en un prototipo de lo que llama PRIUS+. Con la adición de 140 kg (300 lb) de baterías de plomo-ácido, el PRIUS+ alcanzó aproximadamente el doble de consumo de gasolina que un Prius estándar y podía recorrer hasta 16 kilómetros (10 mi) utilizando únicamente energía eléctrica. [50]

El fabricante chino de baterías y automoción BYD Auto lanzó el sedán compacto F3DM al mercado de flotas chino el 15 de diciembre de 2008,[51][52], siendo posteriormente reemplazado por el híbrido enchufable BYD Qin. [53][54]

General Motors comenzó a entregar el Chevrolet Volt en Estados Unidos en diciembre de 2010,[5] y su hermano, el Opel Ampera, se lanzó en Europa a principios de 2012. [55][56] A noviembre de 2012Otros híbridos enchufables disponibles en varios mercados fueron el Fisker Karma, Toyota Prius Plug-in Hybrid y Ford C-Max Energi.

A fecha de octubre de 2012, el PHEV más vendido es el Volt, con más de 33.000 unidades de la familia Volt/Ampera vendidas en todo el mundo desde diciembre de 2010, liderado por ventas en EE. UU. de 27.306,[57][58], seguidas por los Países Bajos con 2.175 Amperas vendidas hasta octubre de 2012. [59][60] El Prius Plug-in Hybrid había vendido 21.600 unidades vendidas en todo el mundo hasta octubre de 2012, con ventas en EE. UU. de 9.623 unidades, seguidas de Japón con 9.500 unidades. [58][61] Más recientemente, las variantes 4xe del Jeep Wrangler y el Jeep Grand Cherokee se han convertido en los PHEV más vendidos en EE. UU., vendiendo respectivamente 67.429 y 45.684 unidades en el calendario 2023. [62]

Híbridos dobles enchufables

Estos contienen dos sistemas diferentes de recuperación de energía. Ejemplos de estos sistemas incluyen el Mercedes-AMG ONE, un híbrido dual enchufable. El Mercedes-Benz Clase C (W206) y el Mercedes C254/X254 también cuentan con un turboalimentador/MGU-H asistido eléctricamente. [63][46]

Tipos por fuente de alimentación

Híbrido eléctrico-de combustión interna

Existen muchas formas de crear un híbrido eléctrico-motor de combustión interna (ICE). La variedad de diseños eléctricos de combustión interna puede diferenciarse por cómo se conectan las partes eléctrica y de combustión del tren motriz, a qué horas está en funcionamiento cada parte y qué porcentaje de la potencia proporciona cada componente híbrido. Dos categorías principales son los híbridos en serie e híbridos paralelos, aunque los diseños paralelos son los más comunes hoy en día.

La mayoría de los híbridos, sea cual sea el tipo específico, utilizan frenado regenerativo para recuperar energía al reducir la velocidad del vehículo. Esto simplemente implica accionar un motor para que actúe como generador.

Muchos diseños también apagan el motor de combustión interna cuando no es necesario para ahorrar energía. Ese concepto no es exclusivo de los híbridos; Subaru fue pionero en esta característica a principios de los años 80, y el Volkswagen Lupo 3L es un ejemplo de vehículo convencional que apaga su motor cuando está parado. Sin embargo, es necesario prever accesorios como el aire acondicionado que normalmente funcionan con el motor. Además, los sistemas de lubricación de los motores de combustión interna son inherentemente menos efectivos inmediatamente después de que el motor arranca; Dado que es al arrancar cuando ocurre la mayor parte del desgaste del motor, el arranque y parado frecuentes de estos sistemas reduce considerablemente la vida útil del motor. [dudoso – discutir] Además, los ciclos de arranque y parada pueden reducir la capacidad del motor para funcionar a su temperatura óptima, disminuyendo así la eficiencia del motor.

Estructura de un vehículo eléctrico híbrido de pila de combustible

Híbrido eléctrico-pila de combustible

Los vehículos de pila de combustible suelen estar equipados con una batería o supercondensador para proporcionar la potencia máxima de aceleración y reducir las limitaciones de tamaño y potencia de la pila de combustible (y, por tanto, su coste); Esto es efectivamente también una configuración híbrida en serie.

Motor de combustión interna-híbrido hidráulico

Chrysler ofrece la furgoneta Pacifica como híbrido enchufable
Un vehículo híbrido hidráulico utiliza componentes hidráulicos y mecánicos en lugar de eléctricos. Una bomba de desplazamiento variable sustituye al motor/generador eléctrico. Un acumulador hidráulico almacena energía. El recipiente suele transportar una vejiga flexible de gas nitrógeno presurizado precargado. El fluido hidráulico bombeado se comprime contra la vejiga, almacenando la energía en el gas nitrógeno comprimido. Algunas versiones tienen un pistón en un cilindro en lugar de una vejiga presurizada. El acumulador hidráulico es potencialmente más barato y duradero que las baterías. La tecnología híbrida hidráulica se implementó originalmente en Alemania en los años 30. Volvo Flygmotor utilizó híbridos petrohidráulicos de forma experimental en autobuses desde principios de los años 80.

El concepto inicial consistía en un volante de inercia gigante (véase Gyrobus) para almacenamiento conectado a una transmisión hidrostática. El sistema está en desarrollo por parte de Eaton y varias otras empresas, principalmente en vehículos pesados como autobuses, camiones y vehículos militares. Un ejemplo es el camión concepto Ford F-350 Mighty Tonka mostrado en 2002. Cuenta con un sistema Eaton que puede acelerar el camión a velocidades de autopista.

Los componentes del sistema eran caros, lo que impedía su instalación en camiones y coches más pequeños. Un inconveniente era que los motores de potencia no eran lo suficientemente eficientes a carga parcial. El enfoque cambió a vehículos más pequeños. Una empresa británica, Artemis Intelligent Power, logró un avance al introducir un motor/bomba hidráulico controlado electrónicamente que es eficiente en todos los rangos y cargas, haciendo factibles pequeñas aplicaciones de híbridos petrohidráulicos. [64] La empresa convirtió un coche BMW para demostrar su viabilidad. El BMW 530i ofrecía el doble de consumo en ciudad comparado con el coche estándar. La prueba utilizó el

motor estándar de 3.000 cc. Los híbridos petrohidráulicos permiten reducir el tamaño del motor a un consumo medio de potencia, no a un consumo máximo. La potencia máxima es proporcionada por la energía almacenada en el acumulador. [65]

La tasa de recuperación de energía de frenado cinético es mayor y, por tanto, el sistema es más eficiente que los híbridos de batería de 2013, demostrando un aumento del 60% al 70% en la economía en las pruebas de la EPA. [66] En pruebas de la EPA, un Ford Expedition híbrido hidráulico obtuvo 32 mpg-US (7,4 L/100 km) en ciudad y 22 mpg-US (11 L/100 km) en autopista. [67]

El objetivo de una empresa de investigación era crear un diseño fresco para mejorar el empaquetado de componentes híbridos gasolina-hidráulico. Todos los componentes hidráulicos voluminosos estaban integrados en el chasis. Un diseño afirmaba alcanzar 130 mpg en pruebas utilizando un gran acumulador hidráulico que también es el chasis estructural. Los motores hidráulicos de accionamiento están incorporados en los cubos de las ruedas y se reversan para recuperar la energía de frenado. El objetivo es 170 mpg en condiciones de conducción medias. La energía generada por los amortiguadores y la energía cinética de frenado, que normalmente se desperdiciarían, ayuda a cargar el acumulador. Un motor de combustión interna del tamaño del consumo medio de energía carga el acumulador. El acumulador está dimensionado para hacer funcionar el coche durante 15 minutos cuando está completamente cargado. [68][69][70]

En enero de 2011, Chrysler anunció una colaboración con la EPA para diseñar y desarrollar un sistema de propulsión híbrido gasolina-hidráulico experimental adecuado para su uso en turismos. Chrysler adaptó una furgoneta de producción existente al tren motriz. [71][72][73][74][75]

NRG Dynamix de EE. UU. afirmó que su enfoque redujo el coste en un tercio respecto a los híbridos eléctricos y añadió solo 300 lb (136 kg) al peso del vehículo frente a 1.000 lb (454 kg) para los híbridos eléctricos. La empresa afirmaba que un vehículo pickup estándar equipado con un motor de 2,3 litros y 4 cilindros alcanzaba 14 mpg (16,8 L/100 km) en conducción urbana. Utilizando el sistema petrohidráulico, el consumo de combustible alcanzó "mediados de los 20". [76]

Motor de combustión interna-neumático

El aire comprimido puede alimentar un coche híbrido con un compresor de gasolina para proporcionar la potencia. Motor Development International en Francia estaba desarrollando estos coches con motor aerodinámico. Un equipo liderado por Tsu-Chin Tsao, profesor de ingeniería mecánica y aeroespacial en UCLA, colaboró con ingenieros de Ford para poner en marcha la tecnología híbrida neumática. El sistema es similar al de un vehículo híbrido eléctrico, ya que la energía de frenado se aprovecha y almacena para ayudar al motor según sea necesario durante la aceleración.

Energía humana-energía ambiental

Muchos vehículos terrestres y acuáticos utilizan energía humana combinada con una fuente de energía adicional. Son comunes los híbridos paralelos, por ejemplo, un velero con remos, bicicletas motorizadas o un vehículo híbrido humano-eléctrico como el Twike. Existen algunos híbridos de serie. Estos vehículos pueden ser tribridos, combinando tres fuentes de energía, por ejemplo, células solares a bordo, baterías y pedales alimentados por la red.

Modos de operación de vehículos híbridos

Los vehículos híbridos pueden usarse en diferentes modos. La figura muestra algunos modos típicos para una configuración híbrida paralela.

Topología de la transmisión híbrida

P significa Posición. Si hay varios motores eléctricos en diferentes ubicaciones, puede escribirse como P1 + P3 o P0 +

P2.5 + P4.

Ubicación del(los) motor(es) eléctrico(s) en el sistema de transmisión:

P0 – al lado, dentro o delante del motor (Ej.: Arrancador de Correa-Alternador (BAS) o Generador de Arranque Integrado (ISG))
P1 – eje de salida del motor (Ej: motor-generador integrado (IMG), asistente de motor integrado (IMA), sistema de asistencia de volante inercia (FAS)[77])
P2 – entre motor y transmisión
P2.5 – transmisión interior
P3 – eje de salida de la transmisión
P4 – eje trasero
P5 – dentro de la(s) rueda(s) o hélice(s)[78]

Opciones de posventa

A menudo, se puede añadir un tren motriz de posventa a un vehículo. La solución de posventa se utiliza cuando el usuario entrega el kit de tren motriz (planeador (chasis rodante) y el híbrido (dos motores) o totalmente eléctrico (solo un motor eléctrico) al fabricante y recibe el vehículo con la tecnología instalada. Un instalador de posventa puede añadir un tren motriz (eléctrico o híbrido) a un planeador[79].

En 2013, un equipo de diseño de la Universidad de Central Florida, On the Green, trabajó en el desarrollo de un kit de conversión híbrido atornillado para transformar un vehículo de modelo antiguo en un híbrido gasolina-eléctrico. [80]

Un ingeniero en California demostró una conversión de un Mustang de 1966. El sistema sustituyó el alternador por un motor eléctrico sin escobillas de 12 kW (30 kW de pico). El consumo de gasolina y la potencia mejoraron. [81]

Existen motores de cubo que pueden instalarse en la rueda,[82] o entre la rueda y el rotor de freno[83] de vehículos de combustión interna para convertirlos en tracción individual híbrida (IWD).

Véase también

Vehículo eléctrico de batería
Vehículo eléctrico

Arquitectura e integración de baterías

Unidad de control del motor
Vehículo híbrido eléctrico

Referencias

"DOE otorgará hasta 2.400 millones de dólares para proyectos de demostración/despliegue de baterías avanzadas, componentes de transmisión eléctrica y vehículos de tracción eléctrica". Congreso de los Coches Verdes. 19 de marzo de 2009.
"Híbridos bajo el capó (Parte 2): Transmisiones". Centro Híbrido (Unión de Científicos Preocupados). Archivado desde el original el 11-01-2010. Consultado el 18-03-2010.
"¿Qué quieres decir cuando dices Híbrido a través del camino (TTRH)?" Eléctrico Protean. Archivado desde el original el 24 de septiembre de 2015. Consultado el 15 de julio de 2014.

"Potencial híbrido a través de la carretera (TTR) - Potencial de techo - 598" (PDF). Laboratorio Nacional Argonne. Consultado el 15 de julio de 2014.
Matthe, Roland; Eberle, Ulrich (01-01-2014). "El Sistema Voltec - Almacenamiento de Energía y Propulsión Eléctrica". Consultado el 04-05-2014.
"Coche eléctrico BMW i3 2014: Por qué California estableció requisitos de autonomía y límites de motor". Informes de coche verde. 23 de octubre de 2013. Consultado el 22-11-2015.
Edelstein, Stephen (7 de diciembre de 2020). "El Nissan Note pasa a ser totalmente híbrido en Japón, con el sistema e-Power revisado aún previsto para Estados Unidos". Informes de coche verde. Consultado el 13 de abril de 2021.
"Nissan presenta segundo modelo híbrido de la serie e-POWER sin enchufe: Serena e-POWER". Congreso de los Coches Verdes. 24 de octubre de 2017. Consultado el 13 de abril de 2021.
Reyes, Alvin (18 de mayo de 2020). "Nissan 2021 desinfla el e-Power EV con generador a bordo". Consultado el 13 de abril de 2021.
Pappas, Thanos (20 de julio de 2022). "El nuevo Nissan X-Trail debuta en Japón con el tren motriz híbrido e-POWER de segunda generación". Coche. Consultado el 26 de noviembre de 2023.
Scullion, Murray (18 de febrero de 2021). "Nuevo Nissan Qashqai: tu próximo crossover familiar, ahora con E-Power". Coche. Consultado el 13 de abril de 2021.
"e-POWER". Nissan Motor Corporation. Consultado el 13 de abril de 2021.
Gitlin, Jonathan M. (14 de abril de 2021). "El MX-30 eléctrico de Mazda saldrá a la venta en Estados Unidos este otoño". Ars Technica. Consultado el 14 de abril de 2021.
"Información sobre los sistemas de tracción híbrido-eléctrico Thundervolt ELFA para autobuses y camiones". AltEnergyMag. Abril de 2001. Consultado el 13 de abril de 2021.
Grewe, T (17–21 de mayo de 1998). Sistema de Propulsión HybriDrive: ¡Una forma más limpia y eficiente de hacerlo! La Conferencia de Operaciones, Tecnología y Gestión de Autobuses de 1998. Phoenix, Arizona: Sistema de Transporte Público Americano. Consultado el 13 de abril de 2021.
"Lockheed Martin entregará más sistemas de propulsión diésel-eléctrica para autobuses de Nueva York". DieselNet. 13 de enero de 1999. Consultado el 13 de abril de 2021.
"Mejora de la eficiencia de los motores de combustión interna". Universidad de Washington: Energía y Medio Ambiente – otoño 2001. Consultado el 18 de abril de 2013.
"Lotus introducirá motor extensor de distancia". Congreso de los Coches Verdes. 7 de septiembre de 2009.
Neuman, William (11 de octubre de 2007). "La turbina del autobús ronronea". New York Times.
Proyecto de Motor de Combustión Lineal Archivado el 06-06-2010 en Wayback Machine. Consultado el 18 de abril de 2013.
"Karts DIY". Karts DIY. 5 de febrero de 2024.
"Toyota presenta un autobús híbrido de potencia". The Japan Times. 22 de agosto de 1997. Archivado desde el original el 2 de noviembre de 2017. Consultado el 18 de abril de 2013.
"AFS Trinity insta al Congreso y a los candidatos a apoyar el paquete de estímulo para automóviles propuesto". AFS Trinity. 24 de septiembre de 2008.
Wood, Colum (12 de octubre de 2010). "GM admite que el motor de gasolina de Chevy Volt puede mover las ruedas; ¿Sigue siendo especial?". Autoguide.com.
Webster, Larry (12 de octubre de 2010). "GM revela el sistema de propulsión híbrida del Volt". Mecánicas populares.
"Mazda se mantiene fiel a los motores rotativos". El Daily Telegraph. Londres. 18 de septiembre de 2012.
"Siemens, Diamond Aircraft y EADS presentan el primer avión híbrido en serie del mundo". Autoblog. 03-07-2011. Consultado el 03-07-2011.
"EADS y Siemens inician una colaboración de investigación a largo plazo para la propulsión eléctrica de aviación; MoU con Diamond Aircraft". 18-06-2013. Consultado el 18-07-2016.
Churella, 28-30
"Tecnología de locomotoras diésel". www.railway-technical.com. Archivado desde el original el 01-09-2015. Consultado el 28-03-2026.
"Conjunto de engranajes planetarios Ravigneaux de ruedas portadoras, solares, planetarias y anulares con relaciones de engranajes ajustables y pérdidas por fricción - Simulink". Mathworks.com. Consultado el 01-08-2012.
Krust, Matthias (14 de julio de 2009). "La alianza híbrida de BMW, Daimler y GM se acerca al final". Noticias de automoción.
"El GMC Graphyte — Un SUV híbrido conceptual". GM - GMability Education 9-12: Pilas de combustible y energía. Archivado desde el original el 16 de enero de 2006.
"El nuevo híbrido BYD se impulsa en la guerra de los coches eléctricos en China". China Stakes. 1 de diciembre de 2008.
Yoney, Domenick (13 de abril de 2009). "El híbrido chino enchufable, BYD F3DM, ha vendido solo 80 copias en cuatro meses". Autoblog Green.
Shirouzu, Norihko (13 de octubre de 2008). "BYD lanzará la venta de coches eléctricos en China el próximo mes". The Wall Street Journal. (se requiere suscripción)

Wishart, J.; Zhou, Y.; Dong, Z. (2008). "Revisión de la arquitectura del tren motriz híbrido de vehículos multi-régimen". Revista Internacional de Vehículos Eléctricos e Híbridos. 1 (3): 248–275. doi:10.1504/IJEHV.2008.019900.
"Poderosamente eficiente: GM Híbrido de dos modos". General Motors. Archivado desde el original el 25 de febrero de 2009.
"Híbridos-electro Drives (términos)". KFZ-tech.de. Consultado el 13 de abril de 2015.
"Compara coches uno al lado del otro". Fueleconomy.gov. Consultado el 01-08-2012.
Kassakian, J.G (1996). "Sistemas eléctricos automotrices alrededor de 2005". IEEE Spectrum. 33 (8): 22–27. doi:10.1109/6.511737.
"Modelo eléctrico 4WD añadido a la serie Mazda Demio". newsroom.mazda.com. 27 de noviembre de 2003. Archivado desde el original el 9 de enero de 2021.
"Genesis G90 2023 en EE. UU. recibiendo un V6 híbrido suave con compresor eléctrico". Motor1.com.
"El SUV Big Genesis GV80 recibe una variante deportiva GV80 Coupé y un restyling". Auto Express.
"Nuevo Mercedes-AMG CLE53 de 442 CV: doble turbo, seis cilindros, tracción total". CAR Magazine.
Perkins, Chris (2023-02-10). "Cómo los turbocompresores eléctricos están cambiando la combustión interna".
"Porsche 911 GTS Hybrid (MGU-H) - EXPLICADO". 29 de mayo de 2024 – vía YouTube.
"Equipo Destino". Grupo de Vehículos Eléctricos Híbridos de UC-Davis.
"Híbrido Diario: Datos Técnicos". Micro-Vett. Archivado desde el original el 10 de enero de 2006.
"¡Cómo afinamos un Prius 2004 en un híbrido enchufable PRIUS+!". CalCars. Consultado el 18 de abril de 2013.
Crippen, Alex (15 de diciembre de 2008). "El coche eléctrico de Warren Buffett llega al mercado chino, pero su lanzamiento retrasado para EE. UU. y Europa". CNBC.
Balfour, Frederik (15 de diciembre de 2008). "El primer coche híbrido enchufable de China se lanza" Archivado el 20-12-2008 en Wayback Machine. Semana Empresarial.
Voelcker, John (20 de abril de 2012). "BYD Chin: El primer híbrido enchufable del mundo, actualizado y renombrado". Informes de coche verde.
Blanco, Sebastián (20 de abril de 2012). "La programación del Salón del Automóvil de Pekín de BYD incluye Chin Dual Mode, F3 teledirigido". Autoblog Green.
Chambers, Nick (16 de diciembre de 2010). "Primeros Chevy Volt llegan a los clientes, entregarán más que Nissan en diciembre". plugincars.com.
"Opel Ampera: Primeros clientes reciben la entrega". Opel Europa. 21 de febrero de 2012.
Voelcker, John (1 de agosto de 2012). "Ventas de coches eléctricos enchufables en julio: Volt Steady, Leaf letárgico (otra vez)". Informes de coche verde.
Cole, Jay (1 de noviembre de 2012). "Informe de ventas de vehículos eléctricos enchufables de octubre de 2012". Dentro de los vehículos eléctricos.
RAI (04-06-2012). "Autoverkopen mei 2012 alen alcanzó un 4,4 por ciento" [Las ventas de coches en mayo de 2012 disminuyeron un 4,4 por ciento] (en neerlandés). RAI Vereniging. Archivado desde el original el 28-03-2014. Consultado el 05-08-2012. Descarga el archivo pdf para las ventas detalladas en CYTD de 2011 y 2012.
RAI (octubre de 2012). "Verkoopcijfers oktober 2012 - Modellenoverzicht" [Ventas octubre 2012 - Resumen de modelos] (en neerlandés). Auto Week Países Bajos. Archivado desde el original el 05-11-2012. Consultado el 01-11-2012. La tabla muestra las ventas de septiembre y octubre de 2012.
"Las ventas acumuladas de híbridos TMC superan los 2 millones de unidades en Japón". Toyota. 8 de noviembre de 2012. Archivado desde el original el 11 de noviembre de 2012. Consultado el 24 de noviembre de 2012.
Kane, Mark (8 de abril de 2024). "El rey estadounidense de los híbridos enchufables estableció otro récord de ventas de PHEV en el primer trimestre de 2024". Dentro de los vehículos eléctricos. Consultado el 6 de noviembre de 2024.
Holger Wittich, Patrick Lang (22-02-2021). "Nuevo Mercedes Clase C (W206)". Auto Motor und Sport.
"Nuestra tecnología". Poder Inteligente de Artemis. Archivado desde el original el 29 de julio de 2013. Consultado el 18 de abril de 2013.
"Aplicaciones – En carretera". Poder Inteligente de Artemis. Archivado desde el original el 25 de mayo de 2015. Consultado el 18 de abril de 2013.
"EPA anuncia colaboración para demostrar el primer vehículo híbrido hidráulico completo de entrega urbano del mundo" (PDF). EPA. Febrero de 2005. Archivado desde el original (PDF) el 2 de abril de 2010. Consultado el 18 de abril de 2013.
Vanzieleghem, Bruno (15 de junio de 2006). "Capturando el poder de la hidráulica". Autoblog Green.
Proefrock, Philip (25 de marzo de 2010). "Vehículo híbrido de transmisión hidráulica promete 170 MPG". En el hábitat.
Turpen, Aaron (15 de febrero de 2012). "INGOCAR de Valentin Tech destroza la forma en que pensamos sobre los coches". Noticias de Torque.
"170 MPG Ingocar". Valentin Technologies, Inc. Archivado desde el original el 21 de abril de 2013. Consultado el 18 de abril de 2013.
Hanlon, Mike (26 de enero de 2011). "Chrysler anuncia el desarrollo de tecnología híbrida hidráulica para coches". Gizmag.
"La EPA y Chrysler llevarán la última tecnología híbrida del laboratorio a la calle/Asociación para adaptar tecnología

eficiente en combustible". EPA. 19 de enero de 2011.
"Investigación híbrida hidráulica". EPA. Consultado el 18 de abril de 2013.
"Vehículos de demostración". EPA. Archivado desde el original el 9 de noviembre de 2010. Consultado el 18 de abril de 2013.
"Chrysler Group presenta los archivos S-1 para la OPV; Resumen de prioridades de I&D; explorando un híbrido hidráulico ligero". 24-09-2013. Consultado el 18-07-2016.
David C. Smith (06-08-2012). WardsAuto (ed.). "Nuevo sistema híbrido hidráulico afirma un gran aumento de consumo". Consultado el 18-07-2016.
"Configuraciones híbridas paralelas soportadas". Vibrate Software, Inc. Consultado el 26-07-2024.
"Evaluación del flujo de energía y la eficiencia del modo de propulsión eléctrica de diferentes generaciones de vehículos híbridos bajo condiciones de tráfico urbano diversificado" (PDF).
"Análisis de vehículos de pila de combustible con almacenamiento de energía: Preimpresión" (PDF). Laboratorio Nacional de Energías Renovables. abril de 2005.
En el Green. Consultado el 18 de abril de 2013.
Cómo construir un híbrido Archivado el 04-06-2013 en Wayback Machine. Consultado el 18 de abril de 2013.
"EV PARA TODOS". ORBIS ELECTRIC (Copiado). Consultado el 20-03-2024.
Reportero del personal (2023-09-12). "Estudiante de RMIT gana el premio James Dyson por nueva solución de reajuste de motores eléctricos". Foro Australiano de Manufactura. Consultado el 20-03-2024.

Enlaces externos

Los coches híbridos necesitan mecánicas especiales en HowStuffWorks
El auge del REEV
Los híbridos en serie están aquí - Ecoworld.com
Vídeo de Air Car Archivado el 24-10-2006 en Wayback Machine
Sistemas de transmisión para vehículos híbridos y eléctricos Zeroshift (transmisión EV)