Tren motopropulsor de vehicle híbrid

Autor:
Data de publicació: 10-07-2026

Tren motopropulsor de vehicle híbrid

De la Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure

Els trens motrius dels vehicles híbrids transmeten potència a les rodes motrius dels vehicles híbrids. Un vehicle híbrid té múltiples formes de potència motriu i pot tenir moltes configuracions. Per exemple, un híbrid pot obtenir la seva energia cremant gasolina, però alternar entre un motor elèctric i un motor de combustió.

Un tren motriu típic inclou tots els components utilitzats per transformar l'energia potencial emmagatzemada. Els motors poden utilitzar energia química, solar, nuclear o cinètica per a la propulsió. L'exemple més antic és la locomotora de vapor. Exemples moderns inclouen bicicletes elèctriques i vehicles híbrids elèctrics, que generalment combinen una bateria (o supercondensador) complementada per un motor d'explosió interna (ICE) que pot recarregar les bateries o alimentar el vehicle. Altres grups motrius híbrids poden utilitzar volants d'inèrcia per emmagatzemar energia.

Entre els diferents tipus de vehicles híbrids, només el tipus elèctric/de combustió interna està disponible comercialment a partir de 2017. Una varietat operava en paral·lel per subministrar energia des de tots dos motors simultàniament. Un altre operava en sèrie amb una font que proporcionava exclusivament l'energia i la segona l'electricitat. Qualsevol de les dues fonts pot proporcionar la força motriu principal, mentre que l'altra augmenta la primària.

Altres combinacions ofereixen guanys d'eficiència gràcies a una gestió i regeneració energètica superiors que es veuen compensades pel cost, la complexitat i les limitacions de les bateries. Els híbrids combustió-elèctrics (CE) tenen paquets de bateries amb una capacitat molt més gran que un vehicle només de combustió. Un híbrid combustió-elèctric té bateries lleugeres que ofereixen una densitat energètica més alta i són molt més cares. Els ICE només necessiten una bateria prou gran per fer funcionar el sistema elèctric i encendre el motor. [1]

Continguts

Història

Els vehicles elèctrics tenen una llarga història combinant combustió interna i transmissió elèctrica – com en un tren motriu dièsel-elèctric – tot i que s'han utilitzat principalment per a locomotores ferroviàries. Un tren motriu dièsel-elèctric no compleix la definició estricta d'híbrid perquè la transmissió elèctrica substitueix directament la mecànica en lloc de ser una font suplementària de potència motriu.

Una de les primeres formes de vehicle terrestre híbrid va ser l'experiment del troleibús 'sense carrils' als Estats Units

(Nova Jersey), que va funcionar del 1935 al 1948, i que normalment utilitzava corrent de tracció subministrat per filferro. El troleibuso estava equipat amb un motor d'explosió interna per alimentar directament la transmissió mecànica, no per generar electricitat per al motor de tracció. Això va permetre que el vehicle s'utilitzés per a serveis comercials on no hi havia cable de contacte.

Des dels anys 90 s'han introduït troleibusos híbrids amb petites centrals elèctriques per oferir una capacitat de baixa velocitat per a emergències i manteniment, però no per donar suport al servei general comercial.

Tipus per disseny

Híbrid paral·lel

Estructura d'un vehicle elèctric híbrid paral·lel. Els quadrats grisos representen engranatges del diferencial.
Els sistemes híbrids en paral·lel tenen tant un motor d'explosió interna com un motor elèctric que poden conduir el cotxe individualment o estar tots dos units donant tracció. Aquest és el sistema híbrid més comú des de 2016.

Si s'uneixen en un eix (en paral·lel), les velocitats en aquest eix han de ser idèntiques i els parells subministrats s'sumaran (la majoria de bicicletes elèctriques són d'aquest tipus). Quan només s'utilitza una de les dues fonts, l'altra ha d'estar connectada mitjançant un embragatge o roda lliure unidireccional perquè pugui girar lliurement.

En els cotxes, les dues fonts es poden aplicar al mateix eix (per exemple, amb el motor elèctric connectat entre el motor i la transmissió), girant a les mateixes velocitats i sumant els parelles amb el motor elèctric afegint o restant parell al sistema segons calgui. (Les dues primeres generacions del Honda Insight utilitzen aquest sistema.)

Els híbrids paral·lels es poden classificar encara més segons l'equilibri entre els diferents motors que proporcionen potència motriu: el motor motor pot ser dominant (activant el motor elèctric només en circumstàncies específiques) o a l'inrevés; mentre que en altres poden funcionar només amb el sistema elèctric, però com que els híbrids paral·lels actuals no poden oferir modes només elèctrics o només de combustió interna, sovint es classifiquen com a híbrids suaus (vegeu més avall).

Els híbrids paral·lels es basen més en la frenada regenerativa i el motor de combustió interna també pot actuar com a generador per a la recàrrega suplementària. Això els fa més eficients en condicions urbanes de 'aturades i marxes'. Utilitzen un paquet de bateries més petit que altres híbrids. Els primers híbrids Insight, Civic i Accord de Honda que utilitzen IMA són exemples d'híbrids paral·lels de producció. [2] Els híbrids híbrids paral·lels de General Motors (PHT) i BAS com el Saturn Vue i l'Aura Greenline i els híbrids Chevrolet Malibu també utilitzen una arquitectura híbrida paral·lela.

Híbrid de pas a pas (TTR)

Un híbrid paral·lel alternatiu és el tipus "a través de la carretera". [3][4] En aquest sistema, un tren de transmissió convencional impulsa un eix, amb un motor elèctric o motors que en accionen un altre. Aquesta disposició va ser utilitzada pels primers troleibusos 'fora de via'. En efecte, proporciona una cadena de propulsió de reserva completa. En els motors moderns, les bateries es poden recarregar mitjançant frenada regenerativa o carregant les rodes elèctriques durant el creuer. Això permet un enfocament més senzill de la gestió de l'energia. Aquesta disposició també té l'avantatge de proporcionar tracció total en algunes condicions. (Un exemple d'aquest principi és una bicicleta equipada amb un motor de cub davanter, que ajuda la potència dels pedals del ciclista a la roda posterior.) Els vehicles d'aquest tipus inclouen l'Audi 100 Duo II i els cotxes conceptuals Subaru VIZIV, Peugeot 3008, Peugeot 508, 508 RXH, Citroën DS5 (tots utilitzant el sistema HYbrid4 de PSA), el Volvo V60 híbrid endollable, el BMW Sèrie 2 Active Tourer, el BMW i8 i la segona generació del Honda NSX.

Sèrie híbrida

Estructura d'un vehicle híbrid en sèrie. El quadrat gris representa un engranatge diferencial. Una disposició alternativa (no mostrada) és tenir motors elèctrics a dues o quatre rodes.
Els híbrids de sèrie també es coneixen com a vehicles elèctrics d'autonomia ampliada (EREV)[5], vehicles elèctrics d'autonomia ampliada (REEV), o vehicles elèctrics amb autonomia ampliada (EVER). Tots els híbrids de sèrie són EREV, REEV o EVER, però no tots els EREV, REEV o EVER són híbrids de sèrie. Els híbrids de sèrie amb característiques particulars són classificats com a vehicles elèctrics de bateria d'autonomia ampliada (BEVx) pel California Air Resources Board. [6]

Les transmissions elèctriques es van inventar el 1903. Les transmissions mecàniques impliquen costos a través del seu pes, volum, soroll, cost, complexitat i consum de potència del motor amb cada canvi de marxa, afectant tant els sistemes manuals com automàtics. A diferència dels motors de combustió interior, els motors elèctrics normalment no requereixen transmissió.

A diferència d'un híbrid paral·lel, un híbrid en sèrie no té una transmissió mecànica entre el motor i les rodes. El motor, en canvi, actua com un generador elèctric, connectat a la bateria mitjançant un cable. L'enllaç és de motor, bateria, motor elèctric i rodes. En alguns casos, el generador també s'enllaça directament amb el motor.

Aquesta disposició en sèrie és comuna en locomotores dièsel-elèctriques i vaixells (el vaixell fluvial rus Vandal, botat el 1903, va ser el primer vaixell dièsel i dièsel-elèctric del món). A principis del segle XX, Ferdinand Porsche va dissenyar diversos vehicles d'èxit utilitzant aquest sistema per a Lohner-Werke. Porsche l'anomenava System Mixte. Aquests vehicles híbrids Lohner–Porsche Mixte tenien una disposició de motor de cub de rodes, amb motors de dues o quatre rodes. Els cotxes de curses Lohner–Porsche van establir rècords de velocitat.

El Chevrolet Volt funciona principalment com un híbrid de sèrie.
L'enfocament híbrid en sèrie aïlla el motor de la demanda, permetent-li funcionar només a la seva velocitat més eficient. El motor pot ser molt més petit, ja que no ha de suportar alta velocitat o acceleració. Els motors de tracció normalment funcionen només amb la bateria, que també es pot carregar des de fonts externes.

La línia e-Power de Nissan (Nota,[7] Serena,[8] Kicks,[9] X-Trail,[10] i Qashqai)[11] utilitzen el motor per fer funcionar un generador i el motor de tracció EM57. [12] El MX-30 de Mazda està equipat opcionalment amb un extensor d'autonomia. [13] El BMW i3 connectava el generador només a la bateria. Els autobusos híbrids de trànsit ThunderVolt[14] i els autobusos de transport equipats amb sistemes BAE (abans Lockheed Martin) i els trens motrius HybriDrive també són híbrids en sèrie. [15][16]

Motors de tracció elèctrica

Els motors elèctrics són més eficients que els de combustió interior, amb altes relacions potència-pes que proporcionen parell en un ampli rang de velocitats. Els ICE són més eficients quan giren a velocitat constant.

Els motors de combustió interna poden funcionar de manera òptima quan giren un generador. Els sistemes híbrids en sèrie ofereixen una acceleració més suau evitant els canvis de marxa. Els híbrids de sèrie inclouen:

Només tracció elèctrica – utilitzant només motors elèctrics per girar les rodes.
ICE – només fa girar un generador.
Generador – accionat per l'ICE per generar electricitat i arrencar el motor.
Bateria – amortidor d'energia.
Frenada regenerativa – El motor de transmissió esdevé un generador i recupera energia convertint energia cinètica en energia elèctrica, alentint també el vehicle i evitant pèrdues tèrmiques.

A més:

Pot estar connectat a la xarxa per recarregar la bateria.
Els supercondensadors ajuden la bateria i recuperen la major part de l'energia de la frenada.

En detall

El motor elèctric pot ser alimentat íntegrament per electricitat de la bateria o mitjançant el generador accionat per l'motor de combustió, o ambdues coses. Un vehicle així s'assembla conceptualment a una locomotora dièsel-elèctrica amb l'addició d'una bateria que pot alimentar el vehicle sense haver d'alimentar el motor de combustió i actuant com a amortidor d'energia que s'utilitza per accelerar i aconseguir una major velocitat; El generador pot carregar simultàniament la bateria i alimentar el motor elèctric que mou el vehicle.

Quan el vehicle està aturat, la combustió interna s'apaga sense estar al ralentí, mentre que la bateria proporciona l'energia necessària en repòs. Els vehicles als semàfors, o en trànsit lent d'aturades i arrencades, no han de cremar combustible quan estan aturats o es mouen a poc a poc, cosa que redueix les emissions.

Els híbrids en sèrie poden estar equipats amb un supercondensador o un volant d'inèrcia per emmagatzemar energia de frenada regenerativa, que pot millorar l'eficiència recuperant energia que d'altra manera es perdria en forma de calor a través del sistema de frens. Com que un híbrid en sèrie no té cap enllaç mecànic entre la combustió interna i les rodes, el motor pot funcionar a una velocitat constant i eficient independentment de la velocitat del vehicle, aconseguint una eficiència més alta (37%, en lloc de la mitjana de la combustió interna del 20%[17]) i a velocitats baixes o mixtes això podria resultar en un augment del ~50% en l'eficiència global (19% enfront del 29%).

Lotus oferia un disseny de motor/generador que funcionava a dues velocitats, proporcionant 15 kW de potència elèctrica a 1.500 rpm i 35 kW a 3.500 rpm a través del generador elèctric integrat,[18] utilitzat en el concepte Nissan Infiniti Emerg-e.

Aquest perfil d'operació permet un ampli marge per a dissenys alternatius de motors, com ara una microturbina,[19] un motor rotatiu de cicle Atkinson o un motor de combustió lineal. [20]

L'ICE es combina amb el motor elèctric comparant les velocitats de sortida a velocitat de creuer. Generalment, les velocitats de sortida dels motors de combustió es proporcionen per a velocitats instantànies (pic),[21] però en la pràctica, aquestes no es poden utilitzar.

L'ús d'un motor elèctric que impulsa directament una roda elimina els elements mecànics convencionals de la transmissió: caixa de canvis, eixos de transmissió i diferencial, i de vegades pot eliminar acoblaments flexibles.

El 1997, Toyota va llançar el primer autobús híbrid de sèrie venut al Japó. [22] Designline International d'Ashburton, Nova Zelanda, produeix autobusos urbans amb un sistema híbrid en sèrie impulsat per microturbines. Wrightbus produeix autobusos híbrids en sèrie com el Gemini 2 i el New Routemaster. Supercondensadors combinats amb un banc de bateries de ions de liti han estat utilitzats per AFS Trinity en un SUV Saturn Vue convertit. Utilitzant supercondensadors, afirmen arribar fins a 150 mpg en una configuració sèrie-híbrida. [23]

Entre els models híbrids de la sèrie d'automòbils més coneguts hi ha la variant del BMW i3 equipada amb un extensor d'autonomia. Un altre exemple d'automòbil híbrid en sèrie és el Fisker Karma. El Chevrolet Volt és gairebé un híbrid en sèrie, però també inclou un enllaç mecànic des del motor fins a les rodes a més de 70 mph.[24][25]

Els híbrids en sèrie han estat adoptats per la indústria aeronàutica. El DA36 E-Star, un avió dissenyat per Siemens, Diamond Aircraft i EADS, utilitza un tren motriu híbrid en sèrie amb l'hèlix accionada per un motor elèctric Siemens de 70 kW (94 CV). S'elimina una unitat de reducció de velocitat de l'hèlix que consumeix energia. L'objectiu és reduir el consum i les emissions de combustible fins a un 25 per cent. Un motor rotatiu Wankel Wankel amb motor Austro de 40 CV (30 kW) a bord i generador proporcionen l'electricitat.

El Wankel va ser escollit per la seva mida petita, baix pes i gran relació potència-pes. (Els motors Wankel també funcionen eficientment a una velocitat constant d'aproximadament 2.000 RPM, cosa adequada per al funcionament del generador. Mantenir-se en una banda constant/estreta compensa molts dels desavantatges percebuts del motor Wankel en aplicacions automotrius. [26])

El motor elèctric d'hèlix utilitza electricitat emmagatzemada en bateries, amb els motors no en funcionament, per enlairar-se i pujar, reduint les emissions sonores. El tren motriu redueix el pes de l'avió en 100 quilos respecte al seu predecessor. El DA36 E-Star va volar per primera vegada al juny de 2013, convertint-se en el primer vol d'un tren motriu híbrid de sèrie. Diamond Aircraft afirma que la tecnologia és escalable fins a un avió de 100 places. [27][28]

Motors integrats a les rodes

Si els motors estan fixats a la carrosseria del vehicle, es requereixen acoblaments flexibles, però no si els motors de tracció estan integrats a les rodes. Un desavantatge és que la massa no suspensa augmenta i la resposta de la suspensió disminueix, cosa que afecta la suspensió i potencialment la seguretat. Tanmateix, l'impacte hauria de ser mínim, ja que els motors elèctrics en cubs de rodes com el Hi-Pa Drive poden ser molt petits i lleugers, amb una relació potència-pes excepcionalment alta, i els mecanismes de frenada poden ser més lleugers a mesura que els motors de les rodes frenen el vehicle.

Els avantatges dels motors individuals de rodes inclouen un control de tracció simplificat, tracció total si cal i un pis inferior (útil per a autobusos i altres vehicles especialitzats, alguns vehicles militars 8x8 amb tracció total utilitzen motors individuals de rodes). Les locomotores dièsel-elèctriques han utilitzat aquest concepte (motors individuals que moguen els eixos de cada parell de rodes) durant 70 anys. [29][cita completa necessària][30]

Altres mesures inclouen rodes lleugeres d'alumini per reduir la massa no suspensa del conjunt de roda; Els dissenys de vehicles poden optimitzar-se per abaixar el centre de gravetat col·locant elements més pesants (incloent-hi la bateria) a nivell del terra; En un vehicle de carretera típic, la configuració de transmissió de potència pot ser més petita i lleugera que la configuració equivalent de transmissió mecànica convencional, alliberant espai; El conjunt generador de combustió només necessita cables als motors elèctrics motrius, augmentant la flexibilitat en la disposició dels components principals repartits per tot el vehicle, proporcionant una distribució de pes superior i maximitzant l'espai de la cabina del vehicle, obrint la possibilitat que dissenys superiors aprofitin aquesta flexibilitat.

Híbrid sèrie–paral·lel

Estructura d'un vehicle híbrid elèctric combinat
Un híbrid sèrie-paral·lel, o híbrid de potència, és un híbrid paral·lel que incorpora un dispositiu de divisió de potència, permetent camins de potència des de l'ICE fins a les rodes que poden ser tant mecànics com elèctrics. El principi bàsic és desacoblar l'energia subministrada per la font primària de la que demanda el conductor.

El parell de motor de combustió interna és mínim a baixes revolucions i els vehicles convencionals augmenten la mida del motor per complir els requisits del mercat d'una acceleració inicial acceptable. El motor més gran té més potència de la necessària per a la navegació de creuer. Els motors elèctrics produeixen tot el parell quan estan aturats i són molt adequats per complementar la deficiència de parell de combustió interna a baixes revolucions. En un híbrid de potència dividida, es pot utilitzar un motor més petit, menys flexible i més eficient. El cicle Otto convencional (major densitat de potència, més parell a baixes revolucions, menor eficiència de combustible) sovint es modifica a un cicle Atkinson o cicle Miller (menor densitat de potència, menys parell motor a baixes revolucions, major eficiència de combustible; de vegades anomenat cicle Atkinson-Miller). El motor més petit, que utilitza un cicle més eficient i sovint funciona en la regió favorable del mapa específic de consum de combustible dels frens, contribueix significativament a una major eficiència global del vehicle.

Variacions del disseny senzill (a la imatge a la dreta) que es troben, per exemple, en el conegut Toyota Prius són:

Segon conjunt planetari de relació fixa com el que s'utilitza en el Lexus RX400h i el Toyota Highlander Hybrid. Això permet un motor amb menys parell però més potència (i una velocitat màxima de rotació més alta), és a dir, una densitat de potència més alta
Engranatge planetari tipus Ravigneaux[31] (engranatge planetari amb quatre eixos en lloc de tres) i dos embragatges com els utilitzats al Lexus GS450h. Canviant els embragatges, la relació de transmissió de MG2 (el motor de tracció) a l'eix de la roda es commuta, ja sigui per obtenir un parell més gran o per a una velocitat més alta (fins a 250 km/h / 155 mph) mantenint una millor eficiència de transmissió. Això s'aconsegueix efectivament en els HSD de Prius de la Generació 3 (Prius v, Prius Plug-in i Prius c), tot i que el HSD de la Generació 3 té aquest segon conjunt d'engranatges planetaris fixat a 2,5:1, en lloc de canviar entre 1:1 i 2,5:1 mentre el "portador" es manté fix.

Toyota Prius híbrid de sèrie splitter de potència

Dos conjunts d'engranatges planetaris addicionals combinats amb quatre embragatges per crear una configuració híbrida de dos modes capaç de funcionar totalment elèctrica, híbrida elèctrica i de combustió, o només amb quatre engranatges fixos. Exemples d'híbrids de dos modes inclouen els camions i SUVs híbrids de dos modes de gran mida de General Motors, el BMW X6 ActiveHybrid[32] i el Mercedes ML 450 híbrid. [32]

El Sistema Híbrid Toyota THS / Hybrid Synergy Drive disposa d'un únic dispositiu de potència dividida (incorporat com un únic conjunt planetari de tres eixos) i es pot classificar com a Input-Split, ja que la potència del motor es divideix a l'entrada de la transmissió. Això, al seu torn, fa que aquesta configuració sigui molt senzilla en termes mecànics, però té els seus propis inconvenients. Per exemple, a la Generació 1 i la Generació 2, la velocitat màxima dels HSDs està principalment limitada per la velocitat del motor elèctric més petit (que sovint funciona com a generador). L'HSD de la Generació 3 separa la trajectòria ICE-MG1 de la MG2, cadascuna amb la seva pròpia relació de transmissió adaptada (1,1:1 i 2,5:1, respectivament, per als Prius tardans, inclòs el Prius c). L'HSD de la Generació 4 elimina el segon conjunt d'engranatges planetaris i col·loca els motors elèctrics en eixos paral·lels, amb un engranatge combinat entre aquests eixos, i transfereix el resultat combinat al diferencial de transmissió final. Això és força similar al sistema híbrid d'Aisin Seiki, afiliat a Toyota, i estalvia un espai significatiu.

Primer Hybrid Synergy Drive. Es mostra la Generació 1/Generació 2 (encadenada) ICE-MG1-MG2 Power Split Device HSD. Relació MG2 fixada permanentment a 1:1.Últim Hybrid Synergy Drive. Es mostra la generació 3 (sense cadena) ICE-MG1 Power Split Device/MG2 Motor Speed Reduction Device HSD. Relació MG2 fixada permanentment en 2,5:1. General Motors, BMW i DaimlerChrysler van col·laborar en un sistema anomenat híbrid de dos modes com a part de la Global Hybrid Cooperation. La tecnologia es va llançar a la tardor de 2007 al Chevrolet Tahoe Hybrid. El sistema també va aparèixer al vehicle conceptual SUV GMC Graphite a la Fira Internacional de l'Automòbil d'Amèrica del Nord de 2005 a Detroit. [33] El F3DM berlina de BYD Auto és un automòbil híbrid endollable en sèrie i paral·lel, que es va posar a la venda a la Xina el 2008. [34][35][36]

El nom híbrid de dos modes destaca la capacitat de la transmissió per funcionar en modes totalment elèctrics (Mode 1, o Input-Split) així com híbrids (Mode 2, o Compound-Split). El disseny permet operar en més de dos modes. Hi ha disponibles dos modes de divisió de potència, juntament amb diversos règims de marxa fixa (essencialment híbrids paral·lels). Aquest disseny es pot anomenar disseny multirègim. [37] El disseny de tren motriu híbrid de dos modes es pot classificar com un disseny de split compost, ja que l'addició de quatre embragatges dins la transmissió permet múltiples configuracions de repartiment de potència del motor. A més dels embragatges, aquesta transmissió té un segon conjunt de canvis planetari. L'objectiu del disseny és variar el percentatge de potència transmesa mecànicament respecte a la elèctrica per fer front tant a condicions d'operació de baixa com d'alta velocitat. Això permet que motors més petits facin la feina dels motors més grans en comparació amb els sistemes monomodes, ja que la potència màxima elèctrica derivada és proporcional a l'amplada del rang de variació contínua. Els quatre engranatges fixos permeten que l'híbrid de dos modes funcioni com un híbrid paral·lel convencional en regions d'alta potència contínua, com creuers sostinguts a alta velocitat o remolc de remolc. El turbo elèctric complet està disponible en modes de marxa fixa. [38]

Tipus segons el grau d'hibridació

TipusSistema d'arrencada-aturadaFrenadaregenerativa Impuls elèctricMode d'esgotament de càrregaRecarregableRegeneració de l'escapament

Micro híbrid
Sí
No
No
No
No

Híbrid suau
Sí
Sí
No
No
No

Híbrid suau dual
Sí
Sí
No
No
Sí

Híbrid complet
Sí
Sí
Sí
No
No

Híbrid complet dual
Sí
Sí
Sí
No
Sí

Híbrid endollable
Sí
Sí
Sí
Sí
No

Híbrid dual endollable
Sí
Sí
Sí
Sí
Sí

Híbrids duals

Aquests contenen dos sistemes diferents de recuperació d'energia. Aquesta és una categorització transversal.

Microhíbrids

Micro híbrid (?HEV) és un terme general que es refereix als vehicles que utilitzen algun tipus de sistema d'arrencada-aturada per apagar automàticament el motor quan estan en ralentí. Estríctament parlant, els microhíbrids no són vehicles híbrids reals, perquè no depenen de dues fonts d'energia diferents. [39]

Híbrids suaus

Article principal: Híbrid suau

Compartiment del motor d'un GMC Sierra Hybrid del 2006
Els híbrids suaus (MHEV) són essencialment vehicles convencionals amb cert maquinari híbrid, però amb característiques híbrides limitades. Normalment, són híbrids paral·lels amb arrencada-aturada i nivells modestos d'assistència al motor o frenada regenerativa. Els híbrids suaus generalment no poden proporcionar propulsió totalment elèctrica.

Els híbrids suaus com el General Motors 2004–2007 Parallel Hybrid Truck (PHT) i els híbrids Honda Eco-Assist estan equipats amb un motor elèctric trifàsic muntat dins la carcassa de la campana entre el motor i la transmissió, que permet apagar el motor sempre que el camió està en marxa lenta, frena o aturat, però reinicia ràpidament per proporcionar potència. Els accessoris poden continuar funcionant amb energia elèctrica mentre el motor està apagat, i com en altres dissenys híbrids, la frenada regenerativa recupera energia. El gran motor elèctric fa girar el motor fins a les velocitats d'operació abans d'injectar combustible.

El Chevrolet Silverado PHT 2004–2007 era una camioneta pickup de mida completa. Chevrolet va aconseguir una millora del 10% en l'eficiència apagant i tornant a engegar el motor a demanda i utilitzant frenada regenerativa. L'energia elèctrica només s'utilitzava per moure accessoris com la direcció assistida. El GM PHT utilitzava un sistema de 42 volts a través de tres bateries de plom-àcid ventilades de 12 volts connectades en sèrie (36V en total) per subministrar l'energia necessària per al motor d'arrencada, així com per alimentar els accessoris electrònics.

General Motors va presentar llavors el seu sistema BAS Hybrid, una altra implementació d'híbrid suau llançada oficialment a la línia verda Saturn Vue de 2007. La seva funcionalitat "start-stop" funciona de manera similar a la del Silverado, tot i que mitjançant una connexió amb corretja a la unitat motor/generador. Tanmateix, el GM BAS Hybrid System també pot oferir una assistència modesta sota acceleració i durant la conducció constant, i captura energia durant la frenada regenerativa (mixta). BAS Hybrid va oferir fins a un 27% de millora en l'eficiència combinada de combustible en les proves de l'EPA del Saturn VUE de 2009. [40] El sistema també es pot trobar als models Saturn Aura Green Line 2008–2009 i als híbrids Chevrolet Malibu 2008–2010.

Una altra manera d'oferir arrencada/aturada és utilitzant un motor d'arrencada estàtica. Aquest tipus de motor no requereix motor d'arrencada, sinó que utilitza sensors per determinar la posició exacta de cada pistó, i després cronometrar amb precisió la injecció i l'encesa del combustible per fer girar el motor. [41]

Els híbrids suaus de vegades s'anomenen híbrids d'assistència elèctrica, ja que utilitzen la combustió interna com a potència principal, amb un motor elèctric que augmenta el parell motor connectat a un tren motriu (en gran part) convencional. El motor elèctric està muntat entre el motor i la transmissió. Bàsicament, és un gran motor d'arrencada que funciona quan cal girar el motor i quan el conductor "trepitja l'accelerador" i necessita més potència. El motor elèctric també pot reiniciar el motor de combustió i apagar el motor principal en ralentí, mentre que el sistema de bateries millorat s'utilitza per alimentar accessoris. [cal citació] GM va anunciar Buick LaCrosse i Buick Regal híbrids suaus anomenats Eassist.

Abans del 2015, els híbrids de Honda, inclòs l'Insight, utilitzaven aquest disseny, aprofitant la seva experiència en motors de gasolina petits i eficients; el seu sistema s'anomena Integrated Motor Assist (IMA). Els híbrids IMA no poden proporcionar propulsió només amb energia elèctrica. Tanmateix, com que la quantitat d'energia elèctrica necessària és molt menor, la mida del sistema es redueix.

Una altra variant és el sistema híbrid Saturn Vue Green Line BAS, que utilitza un motor elèctric més petit (muntat al costat del motor) i un paquet de bateries que el Honda IMA, però funciona de manera similar.

Una altra variant d'aquest tipus és el sistema e-4WD de Mazda, ofert al Mazda Demio venut al Japó. [42] Aquest vehicle de tracció davantera té un motor elèctric que pot moure les rodes posteriors quan es necessita tracció addicional. El sistema està desactivat en totes les altres condicions de conducció, així que no millora directament el rendiment o l'economia, però permet l'ús d'un motor més petit i econòmic en relació amb el rendiment total.

El Genesis G90 i el Genesis GV80 Coupé ofereixen opcions híbrid suau amb un compressor elèctric. [43][44]

Híbrids suaus dobles

Aquests contenen dos sistemes diferents de recuperació d'energia.

El Mercedes-Benz Classe C (W206), el Mercedes-AMG SL 43 (R232), el Mercedes-AMG CLE 53, el Mercedes C254/X254 de gasolina i el Porsche 911 Carrera GTS T-Hybrid disposen d'un turboalimentador/MGU-H assistit elèctricament. [45][46][47]

Híbrids complets

No s'ha de confondre amb el FCEV.

Compartiment del motor d'un Mercury Mariner Hybrid de 2006
Un híbrid complet (FHEV o HEV), de vegades també anomenat híbrid fort, és un vehicle que pot funcionar només amb el motor, les bateries o una combinació. 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, així com el General Motors 2-mode hybrid els camions i els SUV són exemples d'aquest tipus d'hibridació, ja que poden funcionar només amb bateria. Una bateria gran i d'alta capacitat proporciona el funcionament només amb bateria. Aquests vehicles tenen un recorregut de potència dividit que permet més flexibilitat en la transmissió mitjançant la interconversió de l'energia mecànica i elèctrica. Per equilibrar les forces de cada part, els vehicles utilitzen un enllaç de tipus diferencial entre el motor i el motor connectat a la part superior de la transmissió.

El nom de marca Toyota per a aquesta tecnologia és Hybrid Synergy Drive, que s'utilitza en el Prius, el Highlander Hybrid SUV i el Camry Hybrid. Un ordinador supervisa el funcionament del sistema, determinant com barrejar les fonts d'energia. Les operacions del Prius es poden dividir en sis règims diferents:–

Mode vehicle elèctric—L'ICE està apagat i la bateria alimenta el motor (o es carrega durant la frenada regenerativa). S'utilitza en ralentí quan l'estat de càrrega de la bateria (SOC) és alt.Mode creuer—El vehicle va en creuer (és a dir, no accelera), i el motor de combustió pot satisfer la demanda. La potència del motor es divideix entre el camí mecànic i el generador. La bateria també alimenta el motor, la potència del qual es suma mecànicament amb el motor. Si l'estat de càrrega de la bateria és baix, part de l'energia del generador carrega la bateria.Mode overdrive—Una part de l'energia rotacional produeix electricitat, perquè no cal tota la potència de l'ICE per mantenir la velocitat. Aquesta energia elèctrica s'utilitza per moure l'engranatge solar en la direcció oposada a la seva rotació habitual. El resultat final és que l'engranatge circular més ràpid que el motor, tot i que amb un parell més baix.Mode de càrrega de la bateria—També s'utilitza en ralentí, excepte que en aquest cas l'estat de càrrega de la bateria és baix i requereix càrrega, que és proporcionada pel motor i el generador.Mode d'augment de potència—S'utilitza en situacions on el motor no pot mantenir la velocitat desitjada. La bateria alimenta el motor per complementar la potència del motor.Mode de divisió negativa—El vehicle està en creuer i l'estat de càrrega de la bateria és alt. La bateria proporciona energia tant al motor (per proporcionar energia mecànica) com al generador. El generador converteix això en energia mecànica que dirigeix cap a l'eix del motor, alentint-lo (tot i que sense alterar-ne el parell efectiu). L'objectiu d'aquest "arrossegament" del motor és augmentar l'eficiència de combustible del vehicle.

Híbrids dobles complets

Aquests contenen dos sistemes diferents de recuperació d'energia. Un exemple de dual híbrids són els cotxes de Fórmula 1 (vegeu motors de Fórmula 1#2014–2021 i motors de Fórmula 1#2022–2025). Altres exemples són el Porsche 919 Hybrid i l'Infiniti Project Black S, que va ser cancel·lat.

Híbrid endollable

Càrrega del Chevrolet Volt
Article principal: Híbrid endollable

Vegeu també: Vehicle a xarxa i vehicle elèctric endollable

Un vehicle híbrid elèctric endollable (PHEV) té dues característiques definidores. Això:

Es pot connectar a una presa elèctrica per carregar-la.

Només pot viatjar alimentat per la bateria.

Són híbrids complets, capaços de funcionar amb bateria; ofereixen una major capacitat de bateries i la capacitat de recarregar-se des de la xarxa; poden ser dissenys paral·lels o en sèrie i també s'anomenen híbrids de gas-opcionals o en reixa. El principal avantatge de l'híbrid endollable és que poden ser independents de la gasolina a distàncies significatives i també oferir una autonomia de combustió interna ampliada per a viatges més llargs. La recerca de l'Institut de Recerca en Energia Elèctrica va trobar un cost total de propietat més baix dels PHEV a causa de la reducció dels costos de servei i la millora gradual de la tecnologia de bateries. L'eficiència "pou a la roda" i les emissions dels PHEV en comparació amb els híbrids de gasolina depenen de les fonts d'energia de la xarxa (la xarxa dels EUA és un 30% carbó; La xarxa de Califòrnia és principalment de gas natural, energia hidroelèctrica i eòlica).

Compartiment del motor d'un híbrid endollable BYD F3DM
Prototips de PHEV, amb paquets de bateries més grans que es poden recarregar des de la xarxa elèctrica, es van construir als EUA, especialment al Centre Híbrid d'Andy Frank[48] a la Universitat de Califòrnia, Davis. Un PHEV de producció, el Renault Kangoo, es va posar a la venda a França el 2003. DaimlerChrysler va construir PHEVs basats en la furgoneta Mercedes-Benz Sprinter. Els camions lleugers són oferts per Micro-Vett SPA[49], els anomenats Bimodals Diaris.

La California Cars Initiative va convertir el Toyota Prius de 2004 i més nou en un prototip del que anomena PRIUS+. Amb l'addició de 140 kg (300 lb) de bateries de plom-àcid, el PRIUS+ aconseguia aproximadament el doble de consum de gasolina d'un Prius estàndard i podia fer viatges de fins a 16 quilòmetres (10 mi) només amb energia elèctrica. [50]

El fabricant xinès de bateries i automoció BYD Auto va llançar el sedà compacte F3DM al mercat de flotes xinès el 15 de desembre de 2008,[51][52] que posteriorment va ser substituït pel híbrid endollable BYD Qin. [53][54]

General Motors va començar a lliurar el Chevrolet Volt als Estats Units al desembre de 2010,[5] i el seu germà, l'Opel Ampera, es va llançar a Europa a principis de 2012. [55][56] A novembre de 2012Altres híbrids endollables disponibles en diversos mercats eren el Fisker Karma, el Toyota Prius Plug-in Hybrid i el Ford C-Max Energi.

A l'octubre de 2012, el PHEV més venut és el Volt, amb més de 33.000 unitats de la família Volt/Ampera venudes arreu del món des de desembre de 2010, liderades per unes vendes als EUA de 27.306,[57][58], seguida pels Països Baixos amb 2.175 Amperas venudes fins a l'octubre de 2012. [59][60] El Prius Plug-in Hybrid havia venut 21.600 unitats venudes arreu del món fins a l'octubre de 2012, amb unes vendes als EUA de 9.623 unitats, seguit del Japó amb 9.500 unitats. [58][61] Més recentment, les variants 4xe del Jeep Wrangler i Jeep Grand Cherokee s'han convertit en els PHEV més venuts als EUA, venent respectivament 67.429 i 45.684 unitats al calendari 2023. [62]

Híbrids dobles endollables

Aquests contenen dos sistemes diferents de recuperació d'energia. Exemples d'aquests sistemes inclouen el Mercedes-AMG ONE, un híbrid dual endollable. El Mercedes-Benz Classe C (W206) i el Mercedes C254/X254 també disposen d'un turbocompressor/MGU-H assistit elèctricament. [63][46]

Tipus per font d'alimentació

Híbrid elèctric-motor de combustió interna

Hi ha moltes maneres de crear un híbrid elèctric-motor de combustió interna (ICE). La varietat de dissenys elèctrics-ICE es pot diferenciar per com es connecten les parts elèctriques i de combustió del tren motriu, a quin moment cada part està en funcionament i quin percentatge de la potència proporciona cada component híbrid. Dues categories principals són els híbrids en sèrie i els híbrids paral·lels, tot i que avui dia els dissenys paral·lels són els més comuns.

La majoria d'híbrids, sigui quin sigui el tipus específic, utilitzen frenada regenerativa per recuperar energia quan redueixen la velocitat del vehicle. Això simplement implica fer funcionar un motor perquè actuï com a generador.

Molts dissenys també apaguen el motor de combustió interna quan no és necessari per estalviar energia. Aquest concepte no és exclusiu dels híbrids; Subaru va ser pioner en aquesta característica a principis dels anys vuitanta, i el Volkswagen Lupo 3L és un exemple de vehicle convencional que apaga el motor quan està aturat. Tanmateix, cal fer certa disposició per a accessoris com l'aire condicionat, que normalment funcionen amb el motor. A més, els sistemes de lubricació dels motors d'explosió interna són inherentment menys efectius immediatament després que el motor arrenqui; Com que és en l'arrencada on es produeix la major part del desgast del motor, l'arrencada i aturada freqüents d'aquests sistemes redueix considerablement la vida útil del motor. [dubtós – discutir] A més, els cicles d'arrencada i aturada poden reduir la capacitat del motor per funcionar a la seva temperatura òptima, disminuint així l'eficiència del motor.

Estructura d'un vehicle híbrid elèctric amb pila de combustible

Híbrid elèctric-pila de combustible

Els vehicles de pila de combustible sovint estan equipats amb una bateria o un supercondensador per oferir la potència màxima d'acceleració i per reduir les limitacions de mida i potència de la pila de combustible (i, per tant, el seu cost); Això és efectivament també una configuració híbrida en sèrie.

Motor d'explosió interna-híbrid hidràulic

Chrysler ofereix la furgoneta Pacifica com a híbrida endollable
Un vehicle híbrid hidràulic utilitza components hidràulics i mecànics en lloc d'elèctrics. Una bomba de desplaçament variable substitueix el motor/generador elèctric. Un acumulador hidràulic emmagatzema energia. El recipient normalment transporta una bufeta flexible de gas nitrogen pre-carregat i pressuritzat. El fluid hidràulic bombejat es comprimeix contra la bufeta emmagatzemant l'energia en el gas nitrogen comprimit. Algunes versions tenen un pistó dins d'un cilindre en lloc d'una bufeta pressuritzada. L'acumulador hidràulic és potencialment més barat i durador que les bateries. La tecnologia híbrida hidràulica es va implementar originalment a Alemanya als anys 30. Volvo Flygmotor va utilitzar híbrids petrohidràulics experimentalment en autobusos des de principis dels anys vuitanta.

El concepte inicial implicava un volant d'inèrcia gegant (vegeu Gyrobus) per a l'emmagatzematge connectat a una transmissió hidrostàtica. El sistema està en desenvolupament per Eaton i diverses altres empreses, principalment en vehicles pesants com autobusos, camions i vehicles militars. Un exemple és el camió conceptual Ford F-350 Mighty Tonka presentat el 2002. Disposa d'un sistema Eaton que pot accelerar el camió fins a velocitats d'autopista.

Els components del sistema eren cars, cosa que impedia la instal·lació en camions i cotxes més petits. Un inconvenient era que els motors de potència no eren prou eficients a càrrega parcial. El focus va canviar a vehicles més petits. Una empresa britànica, Artemis Intelligent Power, va fer un gran avenç introduint un motor/bomba hidràulic controlat electrònicament que és eficient a totes les distàncies i càrregues, fent factibles petites aplicacions d'híbrids petrohidràulics. [64] L'empresa va convertir un cotxe BMW per demostrar la seva viabilitat. El BMW 530i oferia el doble de consum en conducció urbana en comparació amb el cotxe estàndard. La prova va utilitzar el motor estàndard de 3.000 cc. Els híbrids petrohidràulics permeten reduir la mida d'un motor a un consum mitjà de potència, no al consum màxima. La potència màxima és proporcionada per l'energia emmagatzemada a l'acumulador. [65]

La taxa de recuperació d'energia de frenada cinètica és més alta i, per tant, el sistema és més eficient que els híbrids de bateria de 2013, demostrant un augment del 60% al 70% en l'economia en les proves de l'EPA. [66] En proves de l'EPA, un Ford Expedition híbrid hidràulic va obtenir 32 mpg-US (7,4 L/100 km) en conducció urbana i 22 mpg-US (11 L/100 km) a l'autopista. [67]

L'objectiu d'una empresa d'investigació era crear un disseny fresc per millorar l'embalatge dels components híbrids gasolina-hidràulics. Tots els components hidràulics voluminosos estaven integrats al xassís. Un disseny afirmava assolir 130 mpg en proves utilitzant un gran acumulador hidràulic que també és el xassís estructural. Els motors hidràulics de conducció s'incorporen dins dels cubs de les rodes i fan marxa enrere per recuperar l'energia de frenada. L'objectiu és 170 mpg en condicions mitjanes de conducció. L'energia creada pels amortidors i l'energia de frenada cinètica, que normalment es desaprofitaria, ajuda a carregar l'acumulador. Un motor de combustió interna dimensionat per a un consum mitjà d'energia carrega l'acumulador. L'acumulador està dimensionat per fer funcionar el cotxe durant 15 minuts quan està completament carregat. [68][69][70]

Al gener de 2011, Chrysler va anunciar una col·laboració amb l'EPA per dissenyar i desenvolupar un sistema de propulsió híbrid de gasolina i hidràulic experimental adequat per a l'ús en cotxes de passatgers. Chrysler va adaptar una furgoneta de producció existent al tren motriu. [71][72][73][74][75]

NRG Dynamix dels EUA va afirmar que el seu enfocament reduïa el cost en un terç respecte als híbrids elèctrics i només afegia 300 lb (136 kg) al pes del vehicle, enfront dels 1.000 lb (454 kg) dels híbrids elèctrics. L'empresa afirmava que un vehicle pickup estàndard impulsat per un motor de 2,3 litres i 4 cilindres aconseguia 14 mpg (16,8 L/100 km) en conducció urbana. Utilitzant la configuració petrohidràulica, l'economia de combustible va arribar a "mitjans dels 20". [76]

Motor de combustió interna-pneumàtic

L'aire comprimit pot alimentar un cotxe híbrid amb un compressor de gasolina per proporcionar la potència. Motor Development International a França estava desenvolupant aquests cotxes pneumàtics. Un equip liderat per Tsu-Chin Tsao, professor d'enginyeria mecànica i aeroespacial a la UCLA, va col·laborar amb enginyers de Ford per posar en marxa la tecnologia híbrida pneumàtica. El sistema és similar al d'un vehicle híbrid-elèctric en el sentit que l'energia de frenada s'aprofita i s'emmagatzema per ajudar el motor segons sigui necessari durant l'acceleració.

Poder humà-energia ambiental

Molts vehicles terrestres i aquàtics utilitzen energia humana combinada amb una font d'energia addicional. Són habituals els híbrids paral·lels, com ara un veler amb rems, bicicletes motoritzades o un vehicle híbrid humà-elèctric com el Twike. Existeixen alguns híbrids de sèrie. Aquests vehicles poden ser vehicles tribrids, combinant tres fonts d'energia, per exemple, cèl·lules solars a bord, bateries i pedals carregats per la xarxa.

Modes d'operació de vehicles híbrids

Els vehicles híbrids es poden utilitzar en diferents modes. La figura mostra alguns modes típics per a una configuració híbrida paral·lela.

Topologia de la transmissió híbrida

P significa Posició. Si hi ha diversos motors elèctrics en diferents ubicacions, es pot escriure com P1 + P3 o P0 + P2.5 + P4.

Ubicació dels motors elèctrics dins la transmissió:

P0 – al costat, dins o davant del motor (Ex: Corretja-alternador-arrencada (BAS) o generador d'arrencada integrat (ISG))
P1 – eix de sortida del motor (Exemple: motor-generador integrat (IMG), assistència de motor integrada (IMA), sistema d'assistència al volant d'inèrcia (FAS)[77])
P2 – entre motor i transmissió
P2.5 – transmissió interior
P3 – eix de sortida de la transmissió
P4 – eix posterior
P5 – dins de la(s) roda(s) o de l'hèlix[78]

Opcions de recanvi

Sovint, es pot afegir un tren motriu aftermarket a un vehicle. La solució de recanvi s'utilitza quan l'usuari lliura el kit de tren motriu (planador (xassís rodant) i híbrid (dos motors) o totalment elèctric (només un motor elèctric) al fabricant i rep el vehicle amb la tecnologia instal·lada. Un instal·lador de recanvi pot afegir un tren motriu (elèctric o híbrid) a un planador[79].

El 2013, un equip de disseny de la Universitat de Central Florida, On the Green, va treballar per desenvolupar un kit de conversió híbrid integrat per transformar un vehicle antic en un híbrid gasolina-elèctric. [80]

Una conversió d'un Mustang de 1966 va ser demostrada per un enginyer a Califòrnia. El sistema va substituir l'alternador per un motor elèctric sense escobilles de 12 kW (30 kW de pic). El consum de gasolina i la potència han millorat. [81]

Hi ha motors de cub que es poden muntar a la roda,[82] o entre la roda i el rotor de fre[83] dels vehicles de combustió interna per convertir-los en tracció híbrida individual (IWD).

Vegeu també

Vehicle elèctric de bateria
Vehicle elèctric

Arquitectura de la bateria i integració

Unitat de control del motor
Vehicle híbrid elèctric

Referències

"El DOE atorgarà fins a 2.400 milions de dòlars per a bateries avançades, components de propulsió elèctrica i projectes de demostració/desplegament de vehicles de tracció elèctrica". Congrés del Cotxe Verd. 19 de març de 2009.

"Híbrids sota el capó (Part 2): Transmissions". Centre Híbrid (Unió de Científics Preocupats). Arxivat de l'original el 2010-01-11. Recuperat el 18-03-2010.

"Què vols dir quan dius Híbrid a través del camí (TTRH)?" Protean Electric. Arxivat de l'original el 24 de setembre de 2015. Recuperat el 15 de juliol de 2014.

"Híbrid a través de la carretera (TTR) - Potencial a través del sostre - 598" (PDF). Laboratori Nacional d'Argonne. Recuperat el 15 de juliol de 2014.

Matthe, Roland; Eberle, Ulrich (01-01-2014). "El Sistema Voltec - Emmagatzematge d'Energia i Propulsió Elèctrica". Recuperat el 04-05-2014.

"Cotxe elèctric BMW i3 2014: Per què Califòrnia va establir requisits d'autonomia i límits de motor". Informes sobre cotxes verds. 23 d'octubre de 2013. Consultat el 22-11-2015.

Edelstein, Stephen (7 de desembre de 2020). "El Nissan Note es torna totalment híbrid al Japó, amb el sistema e-Power revisat encara previst per als EUA". Informes sobre cotxes verds. Recuperat el 13 d'abril de 2021.

"Nissan presenta el segon model híbrid de la sèrie e-POWER sense endollar: Serena e-POWER". Congrés del Cotxe Verd. 24 d'octubre de 2017. Recuperat el 13 d'abril de 2021.

Reyes, Alvin (18 de maig de 2020). "Nissan 2021 Kicks desbust de l'e-Power EV amb generador a bord". Recuperat el 13 d'abril de 2021.

Pappas, Thanos (20 de juliol de 2022). "El nou Nissan X-Trail debuta al Japó amb el tren motriu híbrid e-POWER de segona generació". Cotxe. Recuperat el 26 de novembre de 2023.

Scullion, Murray (18 de febrer de 2021). "Nou Nissan Qashqai: el teu proper crossover familiar, ara amb E-Power". Cotxe. Recuperat el 13 d'abril de 2021.

"e-POWER". Nissan Motor Corporation. Recuperat el 13 d'abril de 2021.

Gitlin, Jonathan M. (14 d'abril de 2021). "L'MX-30 elèctric de Mazda sortirà a la venda als EUA aquest tardor". Ars Technica. Recuperat el 14 d'abril de 2021.

"Informació sobre sistemes de tracció híbrida elèctrica Thundervolt ELFA per a autobusos i camions". AltEnergyMag. Abril de 2001. Recuperat el 13 d'abril de 2021.
Grewe, T (17–21 de maig de 1998). Sistema de Propulsió HybriDrive: Una manera més neta i eficient de fer-ho! La Conferència d'Operacions, Tecnologia i Gestió d'Autobusos de 1998. Phoenix, Arizona: Sistema de Transport Públic Americà. Recuperat el 13 d'abril de 2021.
"Lockheed Martin lliurarà més sistemes de propulsió dièsel-elèctrica per als autobusos de Nova York". DieselNet. 13 de gener de 1999. Recuperat el 13 d'abril de 2021.
"Millora de l'eficiència dels motors de combustió interna". Universitat de Washington: Energia i Medi Ambient – Tardor 2001. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
"Lotus introduirà el motor extensor de distància". Congrés del Cotxe Verd. 7 de setembre de 2009.
Neuman, William (11 d'octubre de 2007). "La turbina de l'autobús fa ronc ronc ronron". New York Times.
Projecte de Motor de Combustió Lineal Arxivat el 2010-06-06 a la Wayback Machine. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
"Karts DIY". Karts DIY. 5 de febrer de 2024.
"Toyota presenta un autobús híbrid elèctric". The Japan Times. 22 d'agost de 1997. Arxivat de l'original el 2 de novembre de 2017. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
"AFS Trinity insta el Congrés i els candidats a donar suport al paquet d'estímul d'automòbils proposat". AFS Trinity. 24 de setembre de 2008.
Wood, Colum (12 d'octubre de 2010). "GM admet que el motor de gasolina de Chevy Volt pot impulsar les rodes; Així que, encara és especial?». Autoguide.com.
Webster, Larry (12 d'octubre de 2010). "GM revela el sistema de propulsió híbrida del Volt". Mecàniques populars.
"Mazda es manté fidel als motors rotatius". The Daily Telegraph. Londres. 18 de setembre de 2012.
"Siemens, Diamond Aircraft i EADS presenten el primer avió híbrid en sèrie del món". Autoblog. 03-07-2011. Recuperat el 03-07-2011.
"EADS i Siemens inicien una col·laboració de recerca a llarg termini per a la propulsió elèctrica de l'aviació; MoU amb Aeronau Diamant". 18-06-2013. Recuperat el 18-07-2016.
Churella, 28-30
"Tecnologia de locomotores dièsel". www.railway-technical.com. Arxivat de l'original el 2015-09-01. Recuperat el 28-03-2026.
"Conjunt d'engranatges planetaris Ravigneaux de rodes portadores, solars, planetàries i d'anell amb relacions d'engranatge ajustables i pèrdues per fricció - Simulink". Mathworks.com. Consultat el 01-08-2012.
Krust, Matthias (14 de juliol de 2009). "L'aliança híbrida BMW, Daimler i GM s'acosta al final". Notícies de l'automoció.
"El GMC Graphyte — Un SUV híbrid conceptual". GM - GMability Education 9-12: Piles de combustible i energia. Arxivat de l'original el 16 de gener de 2006.
"El nou híbrid BYD guanya impuls a les guerres dels cotxes elèctrics a la Xina". Apostes a la Xina. 1 de desembre de 2008.
Yoney, Domenick (13 d'abril de 2009). "L'híbrid endollable xinès, BYD F3DM, només ha venut 80 còpies en quatre mesos". Autoblog verd.
Shirouzu, Norihko (13 d'octubre de 2008). "BYD llançarà les vendes de cotxes elèctrics a la Xina el mes vinent". The Wall Street Journal. (es requereix subscripció)
Wishart, J.; Zhou, Y.; Dong, Z. (2008). "Revisió de l'arquitectura del tren motriu de vehicles híbrids multirègim". Revista Internacional de Vehicles Elèctrics i Híbrids. 1 (3): 248–275. doi:10.1504/IJEHV.2008.019900.
"Potentment eficient: GM híbrid de dos modes". General Motors. Arxivat de l'original el 25 de febrer de 2009.
"Motors híbrids-electro (termes)". KFZ-tech.de. Recuperat el 13 d'abril de 2015.
"Compara cotxes costat a costat". Fueleconomy.gov. Consultat el 01-08-2012.
Kassakian, J.G (1996). "Sistemes elèctrics automotrius cap al 2005". IEEE Spectrum. 33 (8): 22–27. doi:10.1109/6.511737.
"Model elèctric 4WD afegit a la sèrie Mazda Demio". newsroom.mazda.com. 27 de novembre de 2003. Arxivat de l'original el 9 de gener de 2021.
"Genesis G90 2023 als EUA rebent un V6 híbrid suau amb supercompressor elèctric". Motor1.com.
"El SUV Big Genesis GV80 rep una variant esportiva GV80 Coupé i un restyling". Auto Express.
"Nou Mercedes-AMG CLE53 de 442 CV: doble turbo, sis cilindres, tracció total". CAR Magazine.
Perkins, Chris (2023-02-10). "Com els turbocompressors elèctrics estan canviant la combustió interna".
"Porsche 911 GTS Hybrid (MGU-H) - EXPLICAT". 29 de maig de 2024 – a través de YouTube.
"Equip Destí". Grup de Vehicles Elèctrics Híbrids UC-Davis.
"Hybrid Daily: Dades Tècniques". Micro-Vett. Arxivat de l'original el 10 de gener de 2006.
"Com vam ajustar en verd un Prius del 2004 en un híbrid endollable PRIUS+!". CalCars. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
Crippen, Alex (15 de desembre de 2008). "El cotxe elèctric de Warren Buffett arriba al mercat xinès, però el seu llançament s'ajorna per als EUA i Europa". CNBC.
Balfour, Frederik (15 de desembre de 2008). "El primer cotxe híbrid endollable de la Xina es llança" Arxivat el

20-12-2008 a la Wayback Machine. Business Week.
Voelcker, John (20 d'abril de 2012). "BYD Chin: El primer híbrid endollable del món, actualitzat i rebatejat". Informes sobre cotxes verds.
Blanco, Sebastian (20 d'abril de 2012). "La programació del Saló de l'Automòbil de Pequín de BYD inclou Chin Dual Mode, F3 telecomandat". Autoblog verd.
Chambers, Nick (16 de desembre de 2010). "Els primers Chevy Volt arriben als clients, lliuraran més que Nissan al desembre". plugincars.com.
"Opel Ampera: Els primers clients fan la entrega". Opel Europa. 21 de febrer de 2012.
Voelcker, John (1 d'agost de 2012). "Vendes de cotxes elèctrics endollables al juliol: Volt estable, fulla letàrgica (de nou)". Informes sobre cotxes verds.
Cole, Jay (1 de novembre de 2012). "Informe de vendes de vehicles elèctrics endollables d'octubre de 2012". Dins dels vehicles elèctrics.
RAI (04-06-2012). "Autoverkopen mei 2012 dalen va assolir un 4,4 per cent" [Les vendes de cotxes al maig de 2012 van disminuir un 4,4 per cent] (en neerlandès). RAI Vereniging. Arxivat de l'original el 28-03-2014. Recuperat el 05-08-2012. Descarrega un fitxer pdf per a vendes detallades a CYTD de 2011 i 2012.
RAI (octubre de 2012). "Verkoopcijfers oktober 2012 - Modellenoverzicht" [Vendes octubre 2012 - Resum dels models] (en neerlandès). Setmana de l'Automòbil Països Baixos. Arxivat de l'original el 05-11-2012. Recuperat el 01-11-2012. La taula mostra les vendes de setembre i octubre de 2012.
"Les vendes acumulades dels híbrids TMC superen els 2 milions d'unitats al Japó". Toyota. 8 de novembre de 2012. Arxivat de l'original l'11 de novembre de 2012. Recuperat el 24 de novembre de 2012.
Kane, Mark (8 d'abril de 2024). "El rei dels híbrids endollables dels EUA va establir un altre rècord de vendes de PHEV al primer trimestre de 2024". Dins dels vehicles elèctrics. Recuperat el 6 de novembre de 2024.
Holger Wittich, Patrick Lang (22-02-2021). "Nou Mercedes Classe C (W206)". Auto Motor und Sport.
"La nostra tecnologia". Poder Intel·ligent d'Artemis. Arxivat de l'original el 29 de juliol de 2013. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
"Aplicacions – A la carretera". Poder Intel·ligent d'Artemis. Arxivat de l'original el 25 de maig de 2015. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
"L'EPA anuncia una col·laboració per demostrar el primer vehicle híbrid hidràulic complet de lliurament urbà del món" (PDF). EPA. Febrer de 2005. Arxivat de l'original (PDF) el 2 d'abril de 2010. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
Vanzieleghem, Bruno (15 de juny de 2006). "Capturant el poder de la hidràulica". Autoblog verd.
Proefrock, Philip (25 de març de 2010). "Vehicle híbrid amb tracció hidràulica promet 170 MPG". A l'hàbitat.
Turpen, Aaron (15 de febrer de 2012). "INGOCAR de Valentin Tech trenca la manera com pensem sobre els cotxes". Notícies de Torque.
"170 MPG Ingocar". Valentin Technologies, Inc. Arxivat de l'original el 21 d'abril de 2013. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
Hanlon, Mike (26 de gener de 2011). "Chrysler anuncia el desenvolupament de tecnologia híbrida hidràulica per a cotxes". Gizmag.
"L'EPA i Chrysler portaran la tecnologia híbrida més avançada del laboratori al carrer/Col·laboració per adaptar tecnologia eficient en consum de combustible". EPA. 19 de gener de 2011.
"Recerca híbrida hidràulica". EPA. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
"Vehicles de demostració". EPA. Arxivat de l'original el 9 de novembre de 2010. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
"Chrysler Group presenta S-1 per a la sortida a borsa; una instantània de les prioritats de R&D; explorant un híbrid hidràulic lleuger». 24-09-2013. Recuperat el 18-07-2016.
David C. Smith (06-08-2012). WardsAuto (ed.). "Nou sistema híbrid hidràulic afirma un gran impuls de consum". Recuperat el 18-07-2016.
"Configuracions híbrides paral·leles compatibles". Vibrate Software, Inc. Consultat el 26-07-2024.
"Avaluació del flux energètic i l'eficiència del mode de conducció elèctrica de diferents generacions de vehicles híbrids sota condicions de trànsit urbà diversificat" (PDF).
"Anàlisi de vehicles de piles de combustible d'emmagatzematge d'energia: Preprint" (PDF). Laboratori Nacional d'Energies Renovables. Abril de 2005.
Al Green. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
Com construir un híbrid Arxivat el 2013-06-04 a la Wayback Machine. Recuperat el 18 d'abril de 2013.
"EV PER A TOTHOM". ORBIS ELECTRIC (Copiat). Recuperat el 20-03-2024.
Reporter del personal (2023-09-12). "Estudiant de RMIT guanya el premi James Dyson per la nova solució de retrofit de motors elèctrics". Fòrum Australià de Fabricació. Recuperat el 20-03-2024.

Enllaços externs

Els cotxes híbrids necessiten mecàniques especials a HowStuffWorks
L'ascens del REEV
Els híbrids en sèrie ja són aquí - Ecoworld.com
Vídeo de l'Air Car Arxivat el 24-10-2006 a la Wayback Machine
Sistemes de transmissió híbrida zeroshift i de vehicles elèctrics (transmissió EV)