

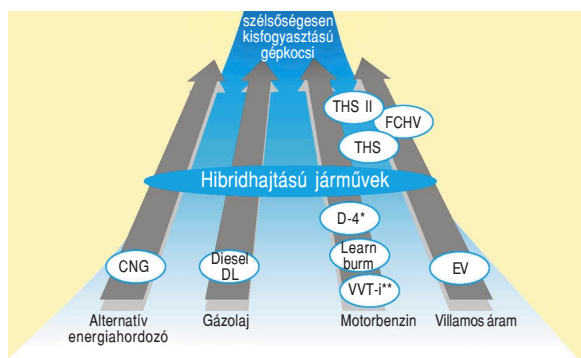
Toyota Prius II

Hat év után az első hibridhajtású Prius-generációt januártól a második követi. Gyártója, a Toyota egyidejűleg tüzelőanyag-cellahajtással is gazdagítja a 21. század járműfejlesztését. Teheti, hiszen környezetkímélő járműveinek fejlesztését immár három évtizede, egyedül az autógyártók közül, veszteség nélküli gazdálkodással alapozza meg. Írásunk a Prius II újdonságait mutatja be olvasóinknak.

A világ dolgairól saját filozófiát valló Toyota küldetés tudatot érez a tiszta és biztonságos termékek iránt. Ezért tekinti a környezet védelmét és egy kényelmesebb, jobb világ megvalósítását tevékenysége alapjának. Ezért elkötelezettje az energiaforrások sokszínűségének, és ellátási biztonságuk növelésének. Ezért diktál saját ütemet a hagyományos motorok között a szegénykeverék koncepciójú, közvetlen befecskendezésű benzinmotorok, és a közvetlen befecskendezésű, common-rail dízelmotorok folyamatos fejlesztésének. És ezért úttörője gépjárművei energiaforrás- és hajtásmódfejlesztésének, a villamos, a tüzelőanyag-cellás és a hibridhajtásmódokat is ideértve.

Mit értünk hibridhajtáson?

A gépkocsik belső égésű és villanymotorjainak hajtásváltozatait, amelyek kapcsolásukat tekintve soros, párhuzamos és ezek kombinációjaként létrehozott, vegyes kapcsolatúak lehetnek. A soros hibridhajtású gépkocsin a belső égésű motor generátort működtet, és a kerekeket a generátor villamos áramával működtetett villanymotor hajtja. Hátránya, hogy a belső égésű motoron túl, két villamos gép használatát igényli.



A Toyota fejlesztés alatt álló környezetkímélő üzemanyagai és hajtásmódjai (THS II: második generációjú, Toyota-rendszerű hibridhajtás. FCHV: tüzelőanyag-cella hajtású jármű. THS: Toyota-rendszerű hibridhajtás. *D-4: közvetlen befecskendezésű benzinmotor. Lean-burn: szegénykeverék koncepciójú benzinmotor. **VVT-i: intelligens, változtatható szeleplevezérlésű benzinmotor. CNG: nagynyomású földgázüzemű benzinmotor. Diesel DL: common-rail rendszerű, közvetlen befecskendezésű dízelmotor. EV: villamos hajtású jármű)

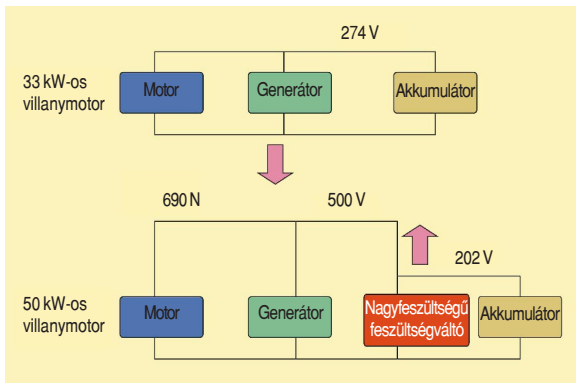
belső égésű motor mellett, a csak gyorsításkor működő villamos gép lényegében segéd erőforrás szerepet tölt be. Emiatt a gyakrabban igénybe vett belső égésű motornak az élettartama is rövidebb. A kétféle hibridhajtást egyesítő THS előnye, hogy a hajtásigényeknek legjobban megfelelő módon fordítja hajtásra és áramfejlesztésre a belső égésű és a villamos erőforrás energiatermelését.



A Toyota Prius II kocsiszekrényét 0,26-os légellenállási alaktényező jellemzi

A Prius I továbbfejlesztése

A több mint 130 ezer példányban elkelte Prius I továbbfejlesztését a piac fokozott menetdinamikai igényei indokolták. Az új Prius, a villanymotor és a generátor nagyobb fordulatszám-növelésének köszönhetően, másfélszer nagyobb teljesítmény kifejtésére képes elődjénél. A belső égésű motorét kiegészítő, 22%-kal nagyobb nyomatékú villanymotoros hajtás 11 másodpercre szorítja le a jármű álló helyzetből 100 km/h-ig mérhető normatív gyorsítóképeséget. A THS II fejlesztése a hatásfok, a környezeti alkalmasság, és a vele hajtott jármű gyorsítóképességének javítását célozta. Fejlesztői háromféleképpen javították a THS hatásfokát. 1. Az új rendszer a belső égésű motort csak a legkedvezőbb fogyasztás- és vonóerő-tartományokban működteti. 2. A belső égésűénél nagyobb hatásfokú villanymotort az üzemi idő, elődjénél nagyobb hányadában használja járműhajtásra. 3. A villamos hálózat feszültség szintjének növelésével, amely lassításkor és fékezéskor több



Az első és a második generációjú (alul) Toyota-hibridhajtás legfontosabb hajtásjellemzői

villamos energiát táplál vissza a járműakkumulátorba.

A háromféle hatásfokjavulás eredményeképpen a Prius II a legkisebb fogyasztást éri el a kategóriájában. Egyidejűleg teljesíti a ma ismert, legszigorúbb környezetvédelmi követelményeket, egyebek között az Euro 4-es, a Japan ULEV, valamint a kaliforniai ATPZEV emissziós határértékeit. Úgy, hogy CO₂-kibocsátása nem haladja meg a 110 g/km-t.

A Prius II villamos rendszere elődje 274 V-os hálózati feszültség szintjénél 1,82-szer nagyobb, 500 V feszültségű hálózaton üzemel. Azonos áramfelvétellel esetén, a nagyobb feszültség szinten működő villanymotor nagyobb hajtónyomaték-kifejtését kisebb energiavesztéssel (nagyobb hatásfok elérésével) teszi lehetővé. A THS II rendszer kétféle erőforrás teljesítményét hasznosítja: egy nagy expanziós viszonytal jellemző Atkinson körfolyamatú belső égésű motorét, és egy neodímium állandó mágnes gerjesztésű, váltakozó áramú szinkronmotorét. A villanymotort generá-

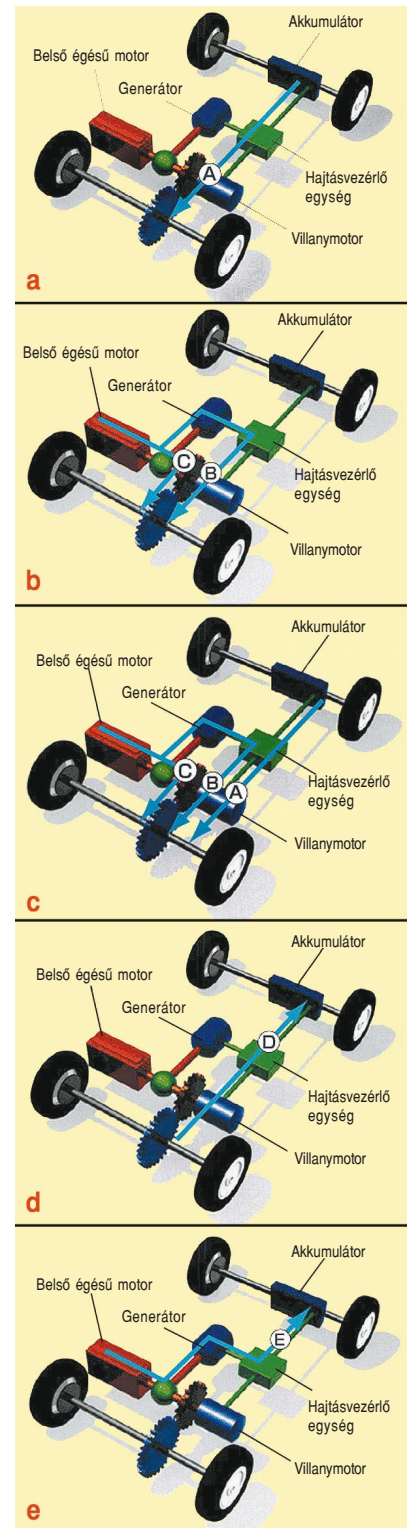
tor, és nagyfeszültségű nikkel-fémhibrid akkumulátor látja el tápfeszültséggel. Ezek működését elektronikus teljesítményvezérlő egység felügyeli. A teljesítményvezérlő egység nagyfeszültségű váltóirányítót (invertert) foglal magába, amely 500 V-os váltakozó feszültséget állít elő a villanymotor és a generátor működtetéséhez, illetőleg egyenfeszültséget az akkumulátor töltéséhez. A rendszer további kulcseleme a

nyomatékosztó, amely a belső égésű motor hajtónyomatékát a villanymotor és a generátor működtetésére osztja meg. Az előbbi rendszer elemek működését a teljesítményvezérlő egység széles fordulatszám-tartományban kontrollálja. A Prius II nagy hatásfokú, impulzusmodulált teljesítményszabályozású, váltakozó áramú szinkronmotorját, neodímium állandó mágnesekkel előállított egyenáram gerjeszti. Ez a kombináció a villanymotor teljesítményét 33 kW-ra, névleges nyomatékát 350 Nm-re növelte.

A Prius II villamos energia tárolóképességét a korábbiánál hatékonyabb fémhibrid akkumulátor, aktív biztonságát pedig elektromos üzemi fék (ECB), illetőleg szervokormány, és továbbfejlesztett kitörésgátló rendszer (VSC) javítja.

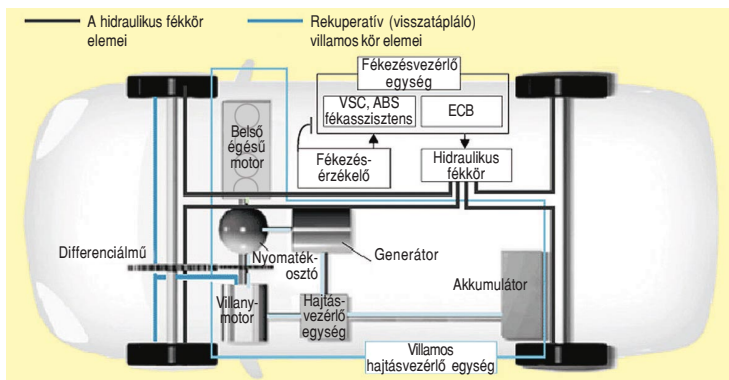
A Prius II hajtásrendszere

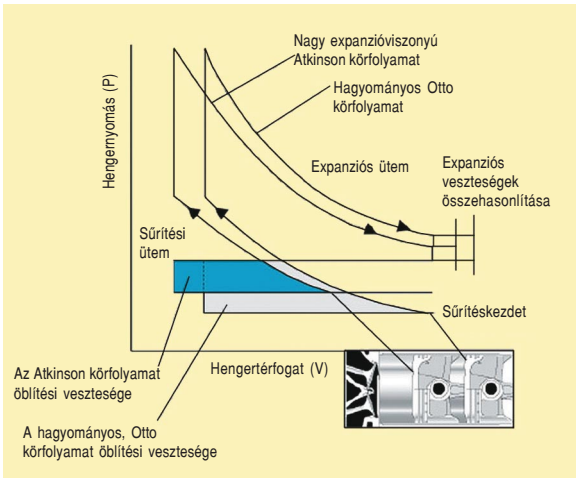
Az új Prius hajtásrendszere, a Toyota Hybrid System (THS) elnevezésű hajtórendszer továbbfejlesztése. A THS II elődjéhez hasonlóan egyesíti a



A belső égésű és a villanymotor közötti munkamegosztás: a. Induláskor, és közepes sebességű haladásra gyorsításkor; b. Közepes sebességű haladás; c. Intenzív gyorsításkor; d. Fékéssel végzett lassításkor; e. Az akkumulátor töltése közben

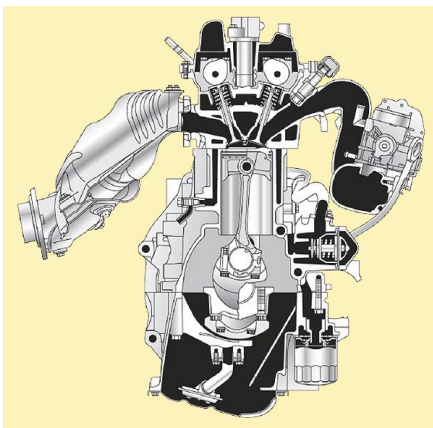
A Toyota Prius II hidraulikus és visszatápláló (rekuperatív) villamos fékrendszere





A Toyota Prius II nagy expanzióviszonyú, Atkinson körfolyamatú belső égésű motorjának PV-diagramja

belső égésű motorral működtetett soros villanymotorú hajtás, illetőleg a kerekeket, a belső égésű motortól függetlenül működtető, párhuzamos villamos hajtás előnyeit. A járművet ugyanis villamos hajtás indítja, és küszöböli ki az üzemmelegnél hidegebb, induláskor legkedvezőtlenebb károsanyag-kibocsátású belső égésű motorüzem emissziós hátrányait. A hajtásvezérlő elektronika csak akkor kapcsolja be a belső égésű motort, amikor az a járműhajtás szempontjából kedvező emissziójú üzemiállapotba kerül. Fékezéskor pedig továbbra is kihasználja a „Stop and Go”-stratégia, azaz az akkumulátort töltő, visszatápláló (rekuperatív) villamos fékezés, mozgásenergiát hasznosító, energetikai előnyeit.



A Toyota Prius II Atkinson körfolyamatú belső égésű motorjának keresztmetszeti rajza

A villamos és a mechanikai üzemmódváltást a Prius II hajtásvezérlő elektronikája, a belső égésű motorüzem nyomatékhasznosítását automatikus kapcsolású sebességváltó-vezérlés felügyeli. Az ős-Prius dinamikáját a fejlesztők első ütemben, 2000-ben javították. Ekkor a másfél literes lökettérfogatú belső égésű motor csúcsteljesítményét 53, a villanymotorét 33 kW-ra, a névleges nyomatékukat 115, illetőleg 350 Nm-re növelték. Az így javított hajtóműveket az Estima és a Crown modellekbe

építették be. Velük együtt, napjainkig összesen 130 ezer hibridhajtású gépkocsi került értékesítésre. A márka vezetőinek nagy meglepődésére, a következő évtizedben, a belső égésű motor kivételével, a fő belpiaci versenytársat jelentő Nissannak is a Toyota szállítja a hibridhajtás kulcselemeit. A gyorsíthatóság további növelése érdekében a THS januárban bemutatott második fejlesztési üteme a hajtórendszert nagyfeszültségű átalakító egységgel egészítette ki. Ez olyan mértékű teljesítménynövelésre adott lehetőséget, amelynek kihasználásával a villamos hajtás, fogyasztáscsökkentő szerepén túllépve, csúcsteljesítményt növelő hajtóegységként is felhasználható.

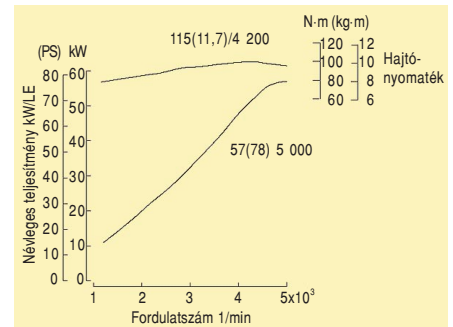
A nagyobb feszültség szinten működő villanymotorral, 1 200/min fordulatszámhatárig, 400 Nm nyomaték fejthető ki, ami a V/6 hengerű dízelmotorok nyomatékszolgáltatásával összemérhető szintet jelent. A „Hybrid Synergy Drive”-nak, szinergikus hibridhajtásnak nevezett hajtásmód az 1 040–5 600/min fordulatszám-tartományban 50 kW (68 LE), 5 000/min fordulatszámon 57 kW (78 kW) kifejtésére ad lehetőséget.

A feszültség szint közel kétszeresére növelése a normatív gyorsítás 3 másodperces csökkentését, és a részterhelési gyorsítás javítását tette lehetővé, ami az új Priust a középosztályú járművek dinamikai színvonalára emelte. A nagyobb teljesítményű villamos hajtás teljes használati időn belüli részideje megnőtt, ami együtt járt

a zajkibocsátás és a villamos veszteségek csökkenésével és kapcsolása egyenletességének a növelésével. A nagyobb teljesítményű villamos gép nagyobb részarányú használata generátorüzemben az akkumulátor gyorsabb feltöltésére, és nagyobb villamosenergia-visszanyerésre ad lehetőséget.

Az elemi cellák korábbiaktól eltérő összekapcsolása az új Prius nagyobb teljesítménysűrűségű akkumulátorának kisebb befoglaló méretű és cellaszámú, a korábbinál hosszabb élettartamú kialakítását tette lehetővé. Az akkumulátorfejlesztés részletei a folyamatban lévő szabadalmazás miatt még nem állnak rendelkezésre.

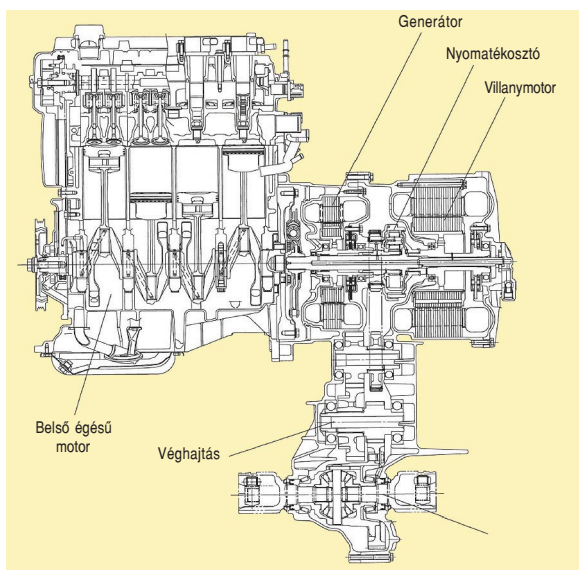
A jármű gyorsítóképességének növeléséhez hozzájárult a Prius II nagy expanziós viszonyú, Atkinson körfolyamatú belső égésű motorjának fordulatszám- és expanzióviszony-növelése is. Az utóbbi könnyebben megérthető, ha tudjuk, hogy a hagyományos motorok-



Az Atkinson-motor főbb műszaki jellemzői

ban a sűrítési és az expanziós löket térfogata, és ehhez kötődően a kompresszióviszony és az expanzióviszony is, lényegében azonos. Mivel az expanzióviszony növelésével a kompresszióviszony, és a motor nem kívánt kopogási hajlama is megnő, az expanzióviszony csak korlátozott mértékben növelhető. Az ezzel járó gondok a szívószelep későbbi zárásával hatásosan javíthatók. Ekkor ugyanis a sűrítési ütem kezdetén, a hengerben lévő levegő egy része újra a szívócsőbe jut, és hozzájárul a sűrítési ütem kezdetének késleltetéséhez.

Ily módon a kompresszióviszony érdemi növelése nélkül érhető el expanzióviszony-növekedés. Ez azért előnyös, mert a motor nagyobb fojtószelepnyitás-



A Toyota Prius II erőátviteli szervei

sal működtethető, ami szívócső-depresszió-csökkenést és szívási-veszteség-csökkenést, végső soron pedig hatásfokjavulást von maga után.

A THS II működése

Leállításkor a THS II a belső égésű motor kikapcsolásával fejezi be működését.

Induláskor, a közepes sebességű haladás eléréséig, a THS II a villamos hajtás bekapcsolásával indítja és a közepes sebességű haladás eléréséig



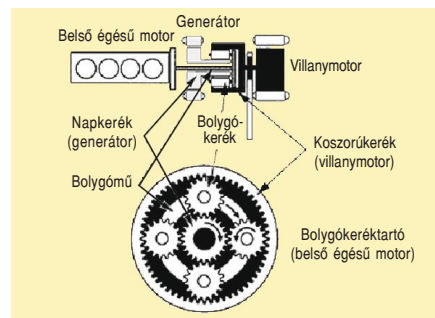
A Toyota Prius II műszerfali működésjelző monitora

gyorsítja a járművet (A). A generátor hajtásakor keletkező ellennyomaték kiegészítő hajtónyomatékként jut a hajtott kerekre.

Gyorsítás nélküli haladás-kor a belső égésű motor hajtónyomatékát a bolygóműves nyomatékosztó a generátor (B) és a kerek (C) hajtására osztja. A THS II a belső égésű motor működését ilyenkor a legkedvezőbb hatásfokú üzemmódban tartja.

Intenzív gyorsításkor a nagyfeszültségű akkumulátor, úgyszólván késedelem nélkül ad gyorsításra hasznosítható tartalékáramot a hajtómotornak (A). A járművet ilyenkor a belső égésű, és a villanymotor együttes nyomatéka (B+C) hajtja.

Az ekkor rákapcsolt villamos hajtónyomaték növeli a jármű gyorsítóteljesítményét. Ez azonban fékezés és megállás úthossznövekedéssel jár. **Fékezéssel végzett lassításkor** a lefékezett jármű mozgási energiáját a villamos gép alakítja árammá, amellyel generátorüzemben tölti a nagyfeszültségű akkumulátort (D).



A THS és THS II nyomatékosztója

Az akkumulátor töltése folyamatos kontroll alatt folyik, amelynek során a hajtásvezérlő elektronika folyamatosan felügyeli az akkumulátor töltöttségét, és a töltöttségi szintnek megfelelő intenzitással tölti a nagyfeszültségű akkumulátort (E).

Az új Priuson természetesen a kényelmi és biztonsági eszközök kínálata is meghaladja elődjét, ami tovább fokozza a jármű kelendőségét. Összegezve: a Prius II hibridhajtása a kategóriabeliekét meghaladó menedinamikával egyesíti az emissziómentes villanymotor regeneratív fékezéssel megnyerhető energiahasznosítását, az álló helyzetű belső égésű motor időleges kikapcsolásával és a két motorfajta összehangolt alapjáratú üzemeltetésével. Mindezt olyan működésfelügyelő rendszer segíti, amelyik (a vezető ellentétes értelmű beavatkozásától eltekintve) esélyt sem ad a jármű erőforrásainak legkedvezőbbtől eltérő állapotú működtetésére. Előremutató környezetvédelmi tulajdonságai méltán sorolják az új Prius vásárlóit is az átlagon felüli környezetvédelmi beruházást, adókedvezményrel elismert államok érdemes polgárai közé. Kérdés: a mi polgárainknak hány további járműinnovációt kell megélniük vásárlásuk honi elismeréséig?

Petrók János

	Az üzemanyag kémiai energiájának, hőenergiává alakításának hatásfoka, %	Az üzemanyag kémiai energiájának, mechanikai munkává alakításának hatásfoka, %	A jármű összhatásfoka, a tartálytól a kerekéig, %
Benzinmotoros gépkocsi	88	16	14
Prius I, alapváltozat		28	25
A továbbfejlesztett Prius I	88	32	28
Prius II		37	32
Toyota FCHV, jelenleg	58*	50	29
Toyota FCHV, tervezett	70	60	42

*Földgázból előállított H₂-üzemanyaggal

1. táblázat: a Toyota környezetkímélő járműfejlesztései, a hatásfokok tükrében