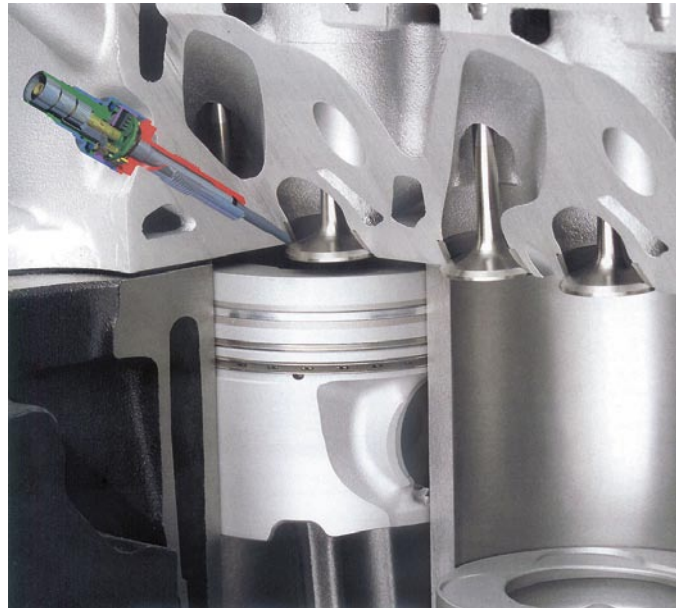


Visszacsatolt égésszabályozás

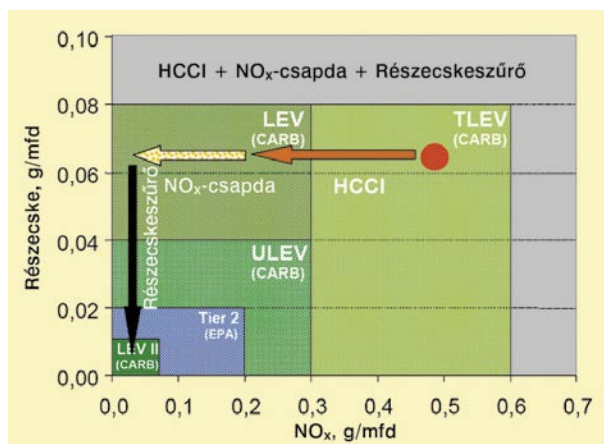
A közeljövő Euro V-ös és LEV II-es (amerikai) kipufogógáz-emissziós előírásai a gyártókat a mai kibocsátások tizedére csökkentett károsanyag-kibocsátású dízelmotorok gyártására kötelezik. Úgy, hogy ezeket a követelményeket a motorgyártóknak a korábbinál 90%-kal tartósabb részecskeszűrővel, és 65%-kal nagyobb élettartamú NO_x-tároló katalizátorral kell kielégíteniük. A nem mindennapi szigorítások megfelelő működésbiztonsággal csak visszacsatolt égésbefolyással érhetők el, a személygépkocsi-dízelmotorok következő generációin. Írásunk a Beru dízelmotorok égésszabályozásához kifejlesztett PSG-jeladóját mutatja be olvasóinknak.



A személygépkocsi dízel erőforrásokkal végzett motorizálása világméretű offenzívában van. Annak ellenére, hogy nem utolsósorban a versenytársak befolyására végzett kutatási eredmények publikálása nyomán, főleg Amerikában, túlértékeltek egyes káros anyagainak rákkeltő hatását.

A probléma megoldását az ipariakénál is aggályosabb kezelő hatóságok drasztikus szigorítású emissziós előírásai irányozzák elő, amelyek az elkövetkező években (2007/2008-tól) a motorgyártókat a korábbinál 90%-kal kevesebb káros anyagot kibocsátó dízelmotorok gyártására kötelezik.

Nincs ez másként a dízelmotorok esetében sem, ahol a motor valamely, folyamatosan mérhető égésjellemzőjét használják a befecskendezett gázolaj mennyiségének módosítására. Annak eldöntését, hogy a használható változatok közül melyik égésjellemzőt célszerű és gazdaságos visszacsatoló jelnek választani, a Beru kiterjedt kísérletsorozat eredményeivel alapozta meg. A Beru, mint köztudott, a hidegindításhoz kifejlesztett izzítógyertyák gyártójaként szerzett tapasztalatokat a dízelmotorok égésfolyamatairól. Számára ezért kézenfekvő volt az izzítógyertya égéstéri jellemzők jelforrásaként való hasznosítása. Mivel a korszerű közvetlen befecskendezésű dízelmotorokban az izzítógyertya az égéstéri keverékképzés optimalizálása érdekében az égéstér középpontjában nyer elhelyezést, keresve sem lehetne alkalmasabb eszközt találni a motorhengerek égésterében kialakuló jelek megragadására. A Beru kutatói forrásjelként az ionárammérést, az optikai, a piezoelektromos és a piezorezisztív elvű nyomásmérést vonták behatóbb vizsgálat alá.

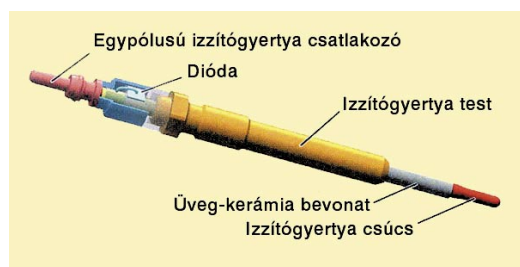


Az USA Tier 2 elnevezésű szigorított szövetségi emissziós előírásai égésszabályozással, Kalifornia hasonló rendeltetésű előírásai HCCI-égésfolyamattal, NO_x-csapdával és részecskeszűrő használatával teljesíthetők

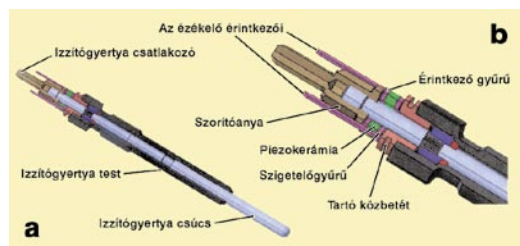
Előkísérletek

E szigorú előírások a motorokban zajló hőfelszabadulás és károsanyag-kibocsátás olyan működésszabályozását követelik meg, ami a bennük zajló égésfolyamatok vezérlése helyett folyamatos égésszabályozás bevezetését teszik szükségessé. Mint ismeretes, a szabályozás a folyamat kimenő jellemzőjének visszacsatolására építi a folyamat bemenő jellemzőinek működésvezér-

Ionárammérés. Ez a mérés mód az égéstérben lévő gázionok testhez viszonyított, termikus gerjesztés hatására kialakuló áramlását használja mérő-, illetve beavatkozó jelnek. Úgy, hogy folyamatosan méri a beindult motor további izzítást nem igénylő, szigetelt középelektrodú izzítógyertyáján át a testhez folyó ionáram feszültségét. Ehhez az ionárammérő izzítógyertya üveg-kerámia bevonatú gyertyacsúc-középelektrodját sajtolt műanyag hüvellyel szigetelik el a gyertya házától.



Az izzító-ellenállással soros diódát magába foglaló, ionárammérő izzítógyertya



A piezoelektromos izzítógyertya az izzítógyertya szokásos alkatrészein (a) kívül az égéstér nyomásával arányos feszültséget előállító piezokerámiát foglal magába (b)

Azt, hogy a mérés során csak a negatív feszültség hullámok kerüljenek kiértékelésre, az izzító-ellenállással sorbakötött egyenirányító dióda használata teszi lehetővé.

Az ionárammérés jól követi az égéstérben kialakuló folyamatokat, és a feszültségmérés miatt a mérés mód öndiagnosztizálásra is alkalmas. Alkalmazását a fejlesztők mégis elvetették, mert az ionáram csak közvetett jellemzője az égésfolyamatoknak. Mivel hozzá képest a nyomásmérők az égéstér közvetlen indikátorainak tekinthetők, a fejlesztőknek a továbbiakban csak a nyomásmérés legcélsze-

rűbb változatának kiválasztására kellett koncentrálniuk.

Optikai nyomásmérés. A nyomásmérés optikai változata a mérőmembrán nyomásváltozásra bekövetkező deformációját a megvilágító és a visszavert fény sugar jelintenzitás-változása alapján méri. Ez a mérési mód a mérőmembránhasználatával növekvő és a mérési eredményt befolyásoló, felületi elszennyeződés miatt került elvetésre.

Piezoelektromos nyomásmérés. A piezoelektromos jeladók a belső égésű motorok kopogásérzékelésének kiterjedt körben alkalmazott, olyan mérőeszközei, amelyeken mechanikai nyomásváltozásra villamos töltésváltozás jön létre. Használatuk az ólom-cirkonát-titanát piezolapokát magába foglaló középelektrodától és a gyertyaháztól való elszigetelését teszi szükségessé, ami nem okoz nehézséget.

A piezoelektromos nyomásmérés adott nyomásszint fölött tesz lehetővé. A kisebb nyomástartományokban azonban a nyomásjel pontossága és élettartam-stabilitása kívánivalót hagy maga után.

A piezorezisztív ellenállásmérés alapuló

nyomásmérés a piezoelektromosnál minden nyomástartományban nagyobb pontosságú, és a motor használati idején belül állandónak mondható viselkedésű nyomásmérési eljárás. Ennél fogva az izzítógyertyába épített piezorezisztív érzékelő ideális nyomásjeladónak mondható.

Dízelmotorok égéstéri érzékelőinek összehasonlítása				
Méréstechnika	Ionáram mérés	Optikai érzékelés	Piezoelektromos	Piezoelektromos
Pontosság	-	++	+	++
Jelstabilitás	+	++	-	++
Költségek	-	--	+	+
Robusztusság	+	-	+	++
Kimenő jel	-	++	+	++
Statikus nyomásmérés	-	++	--	++

A különböző elven mérő égéstéri nyomásérzékelők főbb üzemi jellemzőinek összehasonlítása (+: kedvező; -: kedvezőtlen)

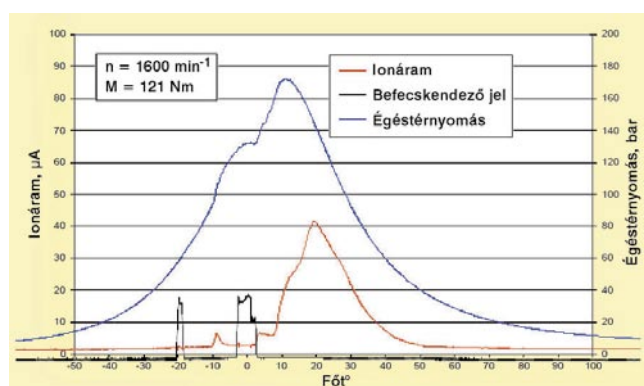
Nyomásérzékelő izzítógyertya

A Pressure Sensor Glow Plug elnevezésű, PSG-nek rövidített nyomásérzékelő izzítógyertyán, az érzékelőrészt a Beru a gyertyába integráló Texas Instruments Holland BV céggel szoros együttműködésben fejlesztette ki.

A PSG felépítése. Új követelményként merült fel a gyertyatest belterének elszigetelése az égésgázoktól. Ezt a gyertya külső házának és a belső pólusának a gyertyatest felső végéig végzett meghosszabbításával érték el úgy, hogy a mérőmembránt a gyertyatest és a külső ház közé hegesztették.

A gyertya termikus kontrollálhatóságát az ISS jelű gyertyákon bevált, a sorbakapcsolt fűtő és szabályozó ellenállással gyártott, csak a gyertyacsúcsot fűtő változata garantálja.

A nyomás mérőmembránra erőhatásként való biztonságos átvitelét a fűtött csúcs gyertyaházba való rugalmas ágyazása teszi lehetővé. A nyomásérzékelő elemnek a mérési helytől távolabbi helyre végzett eltolása a szélsőséges környezeti

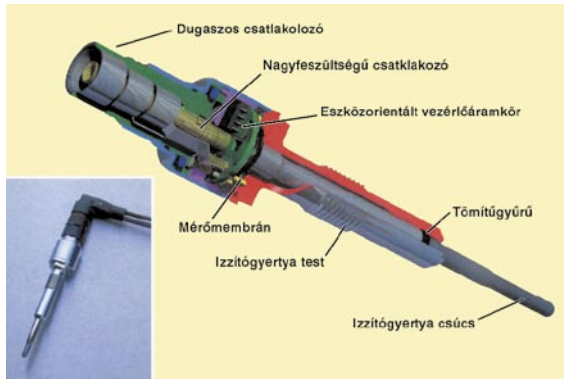


Az égést kiváltó villamos befecskendezőjel, az általa kiváltott égési nyomás, és az ionáram időbeli lefolyása

viszonyok kedvezőtlen hatásának mérséklését célozza. A könnyű cserélhetőség érdekében a nyomásérzékelő izzítógyertya dugaszos csatlakozóval van ellátva.

A PSG mérési elv. A nyomásmérés a Texas Instruments (TI), MSG (Microfused Strain Gage), azaz mikroforrasztott nyúlásmérő bélyeg használatán alapul, amely rozsdamentes acélmembránra ragasztott, kis olvadáspontú üvegből és szilícium egykristályból kialakított Wheatstone-hídból áll.

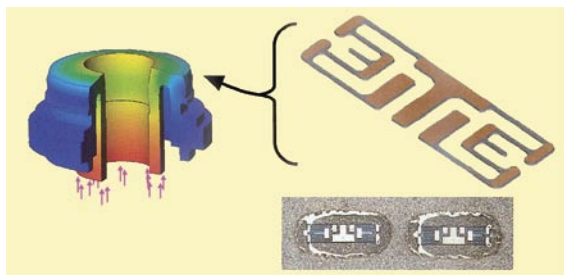
A TI MSG-technikája jól tűri a robusztus gépkocsikörnyezetet, hiszen a gyártók a hasonló elvű fékolaj-, üzemanyag- és olajnyomásmérők tucatjait használják a



A Beru PSG piezorezisztív égési nyomásérzékelőjének szerkezeti felépítése

gépkocsik fékrendszereiben, a GDI- és a common-rail motorjain és sebességváltóin.

A hosszirányban rugalmas elmozdulásra képes izzítócsúcsra ható nyomás erő kifejtés formájában hat a forró égésteren kívül eső nyúlásmérő bélyeg acélmembránjára, aminek hatására megváltozik annak ellenállása. A piezorezisztív ellenállásmérés a piezoelektromos feszültségmérésnél kedvezőbb eljárás,



A Beru PSG Wheatstone-hídkapcsolású, mikrolapkás nyúlásmérő bélyegét foglal magába

mert egyszerűbb lehetőséget kínál a nyugalmi nyomásszint mérésére.

Kiértékelő elektronika

A piezorezisztív ellenállásváltozás kiértékelésére a TI eszközorientált vezérlő áramkört (ASIC-ot) fejlesztett ki. A dugaszonként programozható működésű, hőkompenzált ASIC-ot nagy jelátviteli sávszélesség, kis zavarérzékenység

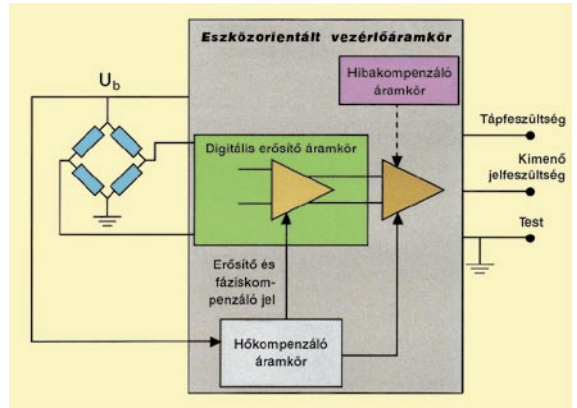
jellemzi.

A motor hőállapotától függetlenített működésű ASIC-ot egyetlen, flip-chip technikával készített alaplmez hordozza. Az alaplmez Wheatstone-híd kapcsolást foglal magába. A Wheatstone-híd, mint ismeretes, hídáganként sorba ellenállások összehasonlítására alkalmas olyan kapcsolásmód, amelyben kiegyenlítés után az ismeretlen ellenállás

nagyságát az ismert hídág ellenállás-hányadosainak az ismeretlen ellenállással való szorzata határozza meg. Adott hídág ellenállás-hányados esetén a kiegyenlítés az ismeretlen ellenállással soros, ismert ellenállás változtatásával érhető el.

Az öndiagnosztizáló PSG on-line működésvezérlésű

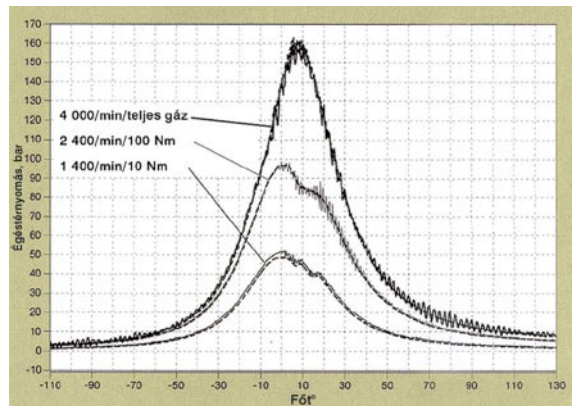
eszköz. Hibakiértékelése a motorirányító rendszer felügyelete alatt áll. A hibakiértékelés alapját a motorirányító egységbe továbbított jelszint képezi. A hibakiértékelő hibátlan, hibás mérőkörű, vagy hibás vezetékcsatlakozású jelszintet értelmez.



A Beru PSG hídáramkörén fellépő nyomásarányos feszültséget eszközorientált vezérlő áramkör értékeli ki

A hibát eltárolja, és a hibás működési állapotról a fedélzeti hibajelző működtetésével tájékoztatja a járművezetőt.

Az előbbiek alapján az érzékelőelemeket és a kiértékelő elektronikát egyaránt magába foglaló nyomásérzékelő izzítógyertya a Beru fejlesztői által kipróbált változatok közül, a legkedvezőbb megoldású égési jelvisszacsatoló eszközhöz mondható. Gyártását a Beru 2006-tól vette számításba. Ennek megfelelően, már ma elkezdte az eszköz gyártási előkészületeit. Annál is inkább, mert a kipróbálásra kapott változatokkal



Az égésterben érzékelt nyomás időbeli lefolyása a motor, különböző terhelési állapotában

a motorgyártók kedvező tapasztalatokat szereztek. Mindezek alapján igen valószínű, hogy az évtized fordulóján gyártott belső égésű motorok a személygépkocsik visszacsatolt égésszabályozású erőforrásai lesznek.

Petrók János