



EPS

Escola Politècnica

UdG

Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Industrial. Pla 2002

Títol: Viabilitat energètica de la sobrealimentació tèrmica de Motors de Combustió Interna Alternatius

Document: Resum

Alumne: Sergi Saballs Vilà

Director/Tutor: Alexandre Deltell Carbonell

Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Màquines i Motors Tèrmics

Convocatòria (mes/any): Febrer/2014

Resum:

Introducció:

Aconseguir motors més eficients energèticament és i ha estat la gran fita de la indústria de l'automòbil on, per tal d'aconseguir aquest objectiu, és molt habitual l'ús de la sobrealimentació, sobretot mitjançant turbocompressors, els quals compliquen la mecànica del vehicle a més d'augmentar-ne el pes final.

En aquest projecte, s'ha defugit de les tecnologies més esteses i s'ha estudiat una nova via no tant explorada, l'augment de la densitat de l'aire mitjançant la disminució de la seva temperatura a l'admissió, tecnologia que es coneix amb el nom de "sobrealimentació tèrmica". Així doncs, respecte a les tecnologies de sobrealimentació més clàssiques, en aquest cas no es disposarà de cap sistema de compressió mecànica que augmenti la densitat de l'aire comprimint-lo, sinó que s'utilitzarà un sistema totalment diferent, el qual consistirà en un circuit de refrigeració per compressió mecànica de refrigerant, molt semblant a l'utilitzat pel sistema de climatització del vehicle i que en aquest cas refrigerarà l'aire d'admissió fent-lo passar per un intercanviador de calor (evaporador). Aquest fet repercutirà en un augment de potència i de les prestacions del motor tèrmic, que per contra haurà d'alimentar el cicle de compressió de vapor que produeix el fred. L'elecció d'aquest sistema, ha estat motivada sobretot per demostrar que altres sistemes de sobrealimentació són possibles a partir d'elements en part ja presents en el vehicle i que siguin fàcilment implementables, sense haver de modificar elements mecànics importants del motor.

Pel que fa a l'objectiu principal del projecte, aquest és avaluar la viabilitat energètica de la millora de prestacions d'un motor de combustió interna alternatiu de tipus MEP (Motor d'Encesa Provocada o gasolina), mitjançant una sobrealimentació "tèrmica" del mateix.

Per tal de complir l'objectiu proposat, el projecte consta de dues parts diferenciades:

- Part teòrica, amb la modelització termodinàmica del motor per tal d'obtenir dades de la potència ideal del motor sota diferents condicions de treball i refrigeració de l'aire d'entrada. Alhora aquest estudi teòric també inclou un possible dimensionament dels elements d'intercanvi de calor necessaris per al sistema, així com les característiques del circuit de refrigeració a utilitzar incloent el compressor.
- Part experimental, amb mesures sobre un vehicle particular real, mitjançant proves en banc de potència on es mesura a la pràctica l'efecte objecte d'estudi en aquest treball. Alhora aquestes

proves permetran l'obtenció de dades reals de consums, potència i dosats del vehicle que seran utilitzades per realimentar el model teòric.

Creació del model del motor:

Per tal de poder realitzar l'estudi pertinent, s'ha modelitzat el motor del vehicle a estudiar a partir d'un model termodinàmic propi, el qual simula un cicle Otto de 4 temps sota el supòsit d'agafar aire com a gas ideal. Aquest model permet que a partir d'entrar les condicions de l'aire a l'admissió, les característiques del motor i les característiques del combustible, s'obtinguin els quatre punts que defineixen el cicle del motor. A partir d'aquests punts, es poden obtenir la pressió mitja del cicle d'aire com a gas ideal (P_{mia}) i amb aquesta la potència ideal (N_{ia}), paràmetre que serà utilitzat per la majoria de càlculs de potència i d'eficiència energètica. Aquest model ha estat utilitzat també com a base de càlcul per tal de complimentar-lo amb les dades provinents de les proves experimentals, corresponents a consums, potència efectiva i cabals màssics d'aire i combustible a més del dosat relatiu real del vehicle.

Procediment experimental:

El vehicle utilitzat per a les proves ha estat una Renault Kangoo I de l'any 2007, amb un motor gasolina de 1149cc, 4 cilindres i 16 vàlvules que desenvolupa segons la fitxa tècnica del fabricant una potència màxima de 75Cv.

Les proves s'han realitzat a les instal·lacions de la ITV de Girona de Mas Xirgu, on el banc de potència utilitzat és del tipus amb fre de la casa comercial MAHA, model LPS 300 PKW, el qual permet trobar diverses corbes, entre les quals la de potència (normal, roda i arrossegament) i la de parell del motor.

Pel que respecta a la tipologia de les proves realitzades, aquestes han estat de dos tipus diferents:

- **Prova de corba de potència (Figura 1)**, per tal de conèixer la potència i parell màxims reals del vehicle a més de les corbes de potència i parell. Aquestes dades permeten conèixer (1) si el vehicle desenvolupa la potència anunciada pel fabricant i (2) la potència i parell disponibles per a cada règim de gir del motor.

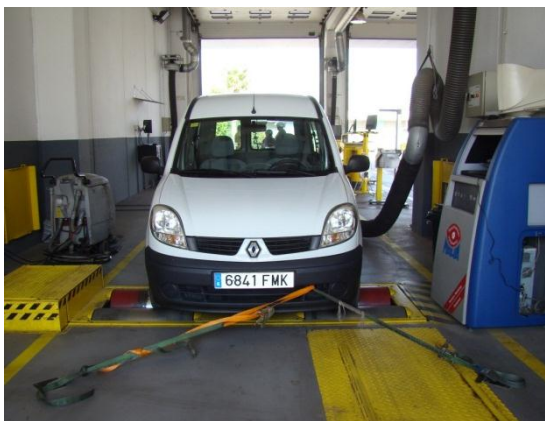


Figura 1: Realització de la prova de corba de potència

- **Prova de potència contínua a règim constant (Figura 2)**, la qual permet analitzar la potència desenvolupada pel vehicle quant aquest treballa a plena càrrega per a diferents règims fixats (2000, 3000 i 4000 rpm). És en aquesta prova on s'ha avaluat l'augment de potència experimentat en refredar l'aire de l'admissió. Per fer-ho, s'han utilitzat 10 kg de gel dipositats dins d'una caixa per on es fa passar l'aire de l'admissió del motor abans d'entrar a aquest. Amb això s'aconsegueix subministrar un ΔT concret a l'aire d'entrada que és mesurat per una sonda de temperatura. Alhora també es mesuren les dades de potència efectiva (N_e) del motor, les dades de l'anàlisi de fums del vehicle i el consum instantani d'aquest.

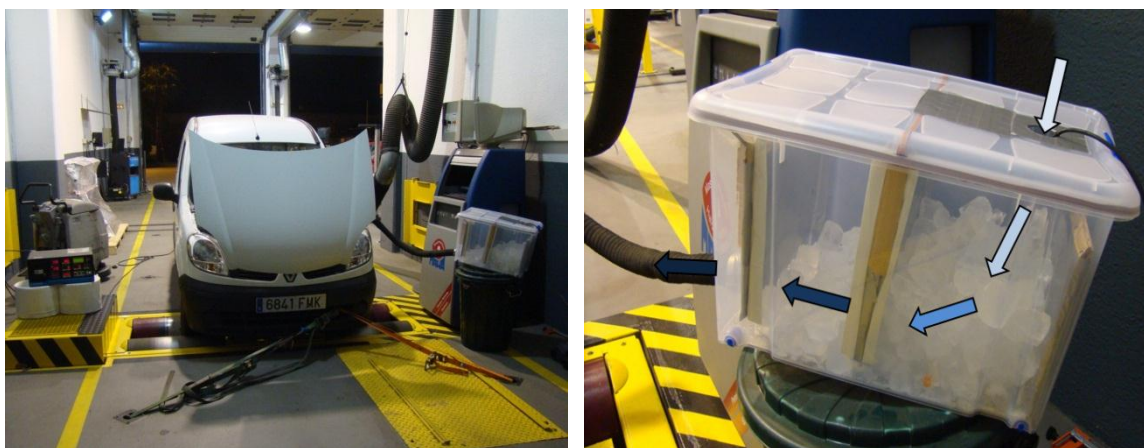


Figura 2: Realització de la prova de potencia contínua amb refredament de l'aire d'admissió

Resultats obtinguts:

Les dades dels experiments realitzats han permès realimentar el model teòric amb dades reals de potència, consums i dosats relatius, permetent un millor anàlisi de resultats.

Així s'ha calculat el guany de potència en % en funció del ΔT per a tres casos diferents:

- El primer correspon al cas ideal, on s'ha calculat l'increment de potència amb el model del motor sota condicions ideals, és a dir considerant que tota la potència guanyada pel sistema s'aprofita. S'observa que sota aquestes condicions el guany de potència experimentat és totalment independent del règim i només varia en funció del grau de sobrealimentació (ΔT) present.
- El segon cas correspon a l'anàlisi de viabilitat energètica del sistema, on a l'augment de potència obtingut, s'hi resta la potència absorbida pel compressor del sistema de refrigeració per compressió mecànica de fluid refrigerant encarregat de produir el fred. En aquest cas, es considera però que la transferència de calor a l'intercanviador és perfecte i sense limitació. S'ha observat que el sistema de sobrealimentació tèrmica proposat té certa sensibilitat al règim, ja que en augmentar aquest, l'augment de potència tendeix a patir una certa disminució a causa de la major exigència energètica del compressor del sistema de refrigeració en augmentar el cabal màssic d'aire a refrigerar.
- Finalment s'ha proposat un evaporador per tal d'implementar el sistema de sobrealimentació tèrmica al vehicle estudiat i s'ha calculat també la viabilitat energètica del sistema. En aquest cas s'ha obtingut un rendiment pobre del conjunt, ja que al tractar-se d'un evaporador de dimensions reduïdes, la seva capacitat de refrigeració màxima funciona com a factor limitant, produint-se una brusca disminució del ΔT que es pot facilitar a l'aire, en augmentar el règim de gir del motor i disposar d'un major cabal màssic d'aire a refrigerar.

La gràfica de la Figura 3, mostra de forma comparativa l'augment de potència obtingut amb cadascun dels tres sistemes descrits.

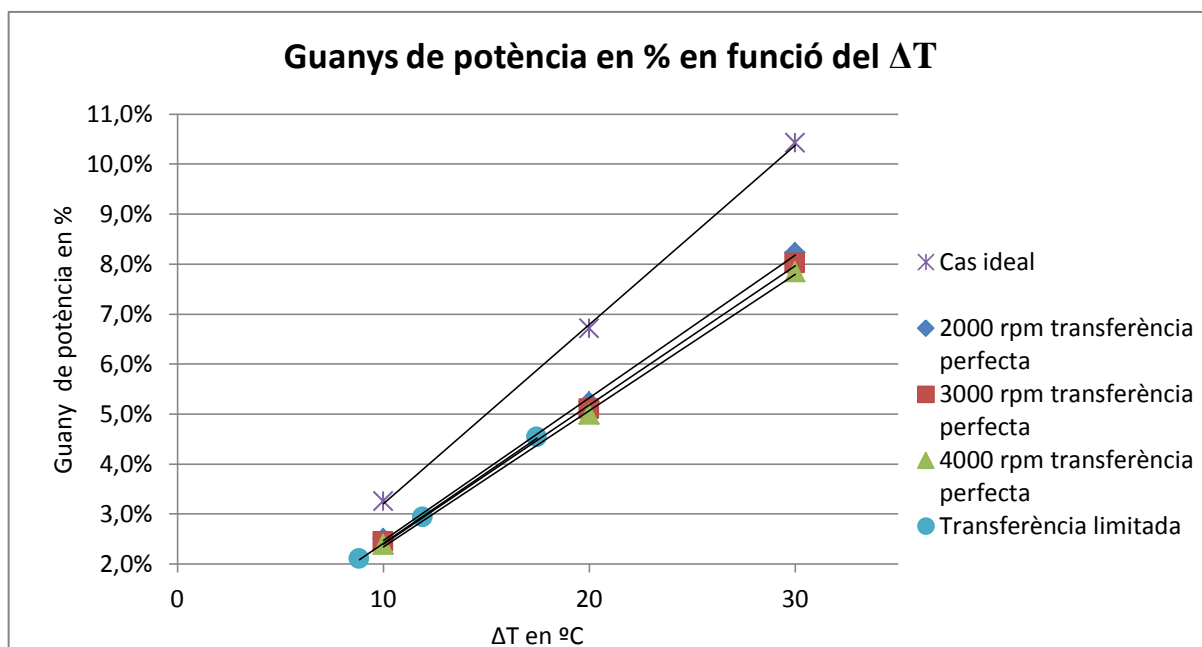


Figura 3: Comparativa guanys de potència en % en funció del ΔT

Amb totes aquestes dades s'ha pogut concloure que la sobrealimentació tèrmica de forma genèrica no es veu afectada pel règim de gir del motor, essent igual d'eficaç per a tots els règims testats. Per altra banda però, en haver de disposar d'un sistema que produeixi el fred, això provoca que en augmentar el règim, el guany net de potència disminueixi en augmentar l'exigència energètica del sistema de producció de fred.

Així s'ha demostrat, segons les dades obtingudes, que el sistema de sobrealimentació tèrmica alimentat per un circuit refrigerant de compressió mecànica de fluid refrigerant, és energèticament viable per a tots els casos estudiats. S'observa també que l'augment de potència neta en %, depèn fortament del grau de sobrealimentació i que en el millor dels casos aquest augment és del 8,2%.

També s'ha vist que és primordial realitzar un bon disseny de l'evaporador per tal que aquest no funcioni com a un element limitant a causa de les seves dimensions i capacitats de refrigeració.

Pel que respecta a l'extrapolació de resultats a altres motors amb altres característiques, s'ha realitzat un estudi de sensibilitat canviant bàsicament tres paràmetres del motor; la relació de compressió, la cilindrada i el dosat. Els resultats han mostrat que l'únic element que modifica l'eficàcia del sistema de sobrealimentació tèrmica és la relació de compressió, essent millor per a relacions de compressió menors.

Girona, 22 de Gener de 2014

Sergi Saballs Vilà