

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación es estudiar la influencia de un lazo de baja presión de EGR en las prestaciones de un motor de gasolina de encendido provocado turbosobrealimentado e inyección directa, en condiciones de ensayos estacionarios y transitorios, con un proceso de optimización de la calibración original del motor para minimizar el consumo de combustible del motor. La estrategia de “cooled EGR” fue también evaluada operando en sinergia con otras estrategias usadas para reducir el consumo de combustible del motor, entre ellas: mezcla pobre, múltiples inyecciones, operación a alta temperatura del fluido refrigerante del motor y movimiento de “swirl” inducido en el cilindro.

Para cumplir con los objetivos mencionados, se siguió un proceso metódico donde previamente se desarrolló una metodología global para obtener resultados de indudable calidad, basados en el uso de herramientas experimentales que cumplieran con los requerimientos de las condiciones de ensayo, y las apropiadas herramientas teóricas y procedimiento para post-procesar los ensayos realizados. En segundo lugar, se desarrolló una metodología específica para cada etapa del estudio, teniendo en cuenta los procesos de optimización o estudios paramétricos que se pudieran realizar.

Como primera etapa, se presenta un estudio básico del impacto del “cooled EGR” en la combustión, prestaciones, renovación de la carga y emisiones contaminantes del motor. Seguidamente, se procedió a la optimización del centrado de la combustión con la finalidad de minimizar el consumo de combustible del motor y poder analizar el potencial del “cooled EGR” como estrategia de reducción de consumo de combustible. El estudio presentado se realizó para baja, media y alta carga del motor con dos diferentes regímenes de giro del motor. Adicionalmente, se llevó a cabo un estudio del motor operando en condiciones transitorias con “cooled EGR”. Se realizaron una serie de ensayos usando el ciclo NEDC como base y se probaron diferentes estrategias sencillas de control de la apertura de la válvula de EGR para analizar la influencia del “cooled EGR” en condiciones transitorias.

La segunda etapa consiste en el desarrollo de una metodología para optimizar los parámetros del diagrama de distribución (VVT) y el inicio de inyección, para cargas medias del motor, con la finalidad de maximizar el potencial de reducción de consumo de combustible de la estrategia “cooled EGR”. Una vez realizada la optimización, se llevó a cabo un estudio usando la configuración óptima encontrada, operando en sinergia con otras tres estrategias usadas para reducir el consumo de combustible del motor. Estas estrategias fueron evaluadas con la finalidad de incrementar el rango de operación de la estrategia “cooled EGR” para lograr reducir aún más el consumo de combustible del motor. Adicionalmente, se llevó a cabo un estudio básico sobre la influencia de operar con mezcla pobre en la combustión, prestaciones, renovación de la carga y emisiones contaminantes del motor, como introducción al último estudio llevado a cabo sobre la posibilidad de usar la estrategia de mezcla pobre en conjunto con la estrategia de “cooled EGR”, con la finalidad de analizar el potencial de controlar las emisiones contaminantes y reducir el consumo de combustible del motor al mismo tiempo.

RESUM

L'objectiu d'este treball d'investigació és estudiar la influència d'un llaç de baixa pressió d'EGR en les prestacions d'un motor de gasolina d'encesa provocat turbosobrealimentat i injecció directa, en condicions d'assajos estacionaris i transitoris, amb un procés d'optimització del calibratge original del motor per a minimitzar el consum de combustible del motor. L'estratègia de "cooled EGR" va ser també avaluada operant en sinergia amb altres estratègies usades per a reduir el consum de combustible del motor, entre elles: mescla pobra, múltiples injeccions, operació a alta temperatura del fluid refrigerant del motor i moviment de "swirl" induït en el cilindre.

Per a complir amb els objectius mencionats, es va seguir un procés metòdic on prèviament es va desenrotllar una metodologia global per a obtindre resultats d'indubtable qualitat, basats en l'ús de ferramentes experimentals que compliren amb els requeriments de les condicions d'assaig, i les apropiades ferramentes teòriques i procediment per a post-processar els assajos realitzats. En segon lloc, es va desenrotllar una metodologia específica per a cada etapa de l'estudi, tenint en compte els processos d'optimització o estudis paramètrics que es pogueren realitzar.

Com a primera etapa, es presenta un estudi bàsic de l'impacte del "cooled EGR" en la combustió, prestacions, renovació de la càrrega i emissions contaminants del motor. A continuació, es va procedir a l'optimització del centrat de la combustió amb la finalitat de minimitzar el consum de combustible del motor i poder analitzar el potencial del "cooled EGR" com a estratègia de reducció de consum de combustible. L'estudi presentat es va realitzar per a baixa, mitja i alta càrrega del motor amb dos diferents règims de gir del motor. Addicionalment, es va dur a terme un estudi del motor operant en condicions transitòries amb "cooled EGR". Es van realitzar una sèrie d'assajos usant el cicle NEDC com a base i es van provar diferents estratègies senzilles de control de l'obertura de la vàlvula d'EGR per a analitzar la influència del "cooled EGR" en condicions transitòries.

La segona etapa consistix en el desenrotllament d'una metodologia per a optimitzar els paràmetres del diagrama de distribució (VVT) i l'inici d'injecció, per a càrregues mitges del motor, amb la finalitat de maximitzar el potencial de reducció de consum de combustible de l'estratègia "cooled EGR". Una vegada realitzada l'optimització, es va dur a terme un estudi usant la configuració òptima trobada, operant en sinergia amb altres tres estratègies usades per a reduir el consum de combustible del motor. Estes estratègies van ser avaluades amb la finalitat d'incrementar el rang d'operació de l'estratègia "cooled EGR" per a aconseguir reduir encara més el consum de combustible del motor. Addicionalment, es va dur a terme un estudi bàsic sobre la influència d'operar amb mescla pobra en la combustió, prestacions, renovació de la càrrega i emissions contaminants del motor, com a introducció a l'últim estudi dut a terme sobre la possibilitat d'usar l'estratègia de mescla pobra en conjunt amb l'estratègia de "cooled EGR", amb la finalitat d'analitzar el potencial de controlar les emissions contaminants i reduir el consum de combustible del motor al mateix temps.

ABSTRACT

This research work presents the study of a low pressure EGR loop influence on a SI gasoline turbocharged direct injection engine in steady and transient testing conditions, with an optimization process of the original engine calibration in order to minimize the engine fuel consumption when cooled EGR is introduced in steady testing conditions. The cooled EGR strategy was also evaluated operating in synergy with other fuel consumption reduction strategies, such as: lean burn, multi-injection, higher coolant temperature and in-cylinder induced swirl motion.

To fulfil the main objectives of this research work, firstly, a methodical process was followed, where a global methodology was first developed in order to obtain high accuracy engine tests, based on the experimental tools chosen that could comply with the requirements of the testing conditions, and the appropriate theoretical tools and procedure to post-process the tests performed. Secondly, a specific methodology was developed for each stage of the study and testing conditions, taking into account optimization processes or parametric tests in order to study the effect of a single parameter on engine's outputs or optimize an engine parameter in order to minimize the engine fuel consumption.

As a first stage of the study, a basic analysis of the impact of cooled EGR on the engine combustion, performance, air management and exhaust emissions is presented. Afterwards, an optimization of the combustion phasing in order to minimize the fuel consumption was performed, and therefore the potential of cooled EGR in order to reduce the engine fuel consumption was observed for low load, part load and full load engine conditions, for two different engine speeds. In addition, a study in transient conditions of the engine operating with cooled EGR was performed. NEDC cycles were performed with different EGR valve openings and therefore a comparison of different cooled EGR rates influence on the engine performance, air management and accumulated exhaust emissions was presented.

The second stage, consisted in a methodology developed to optimize the VVT setting and injection timing, for part load engine conditions, in order to maximize the cooled EGR potential to reduce engine fuel consumption. After this optimization, a synergy analysis of the optimum engine condition operating with cooled EGR and three other engine fuel consumption reduction strategies was performed. These strategies were tested to investigate and evaluate the potential of increasing the cooled EGR operational range to further decrease the engine fuel consumption. Furthermore, a basic study of the potential to reduce the engine fuel consumption and impact on combustion, air management and exhaust emissions of a lean burn strategy, in part load engine conditions, was presented as introduction of the final study of the cooled EGR strategy operating in synergy with the lean burn strategy in order to investigate the potential to control the exhaust emissions and reduce the engine fuel consumption.