

9. CONCLUSIONES Y ORIENTACIÓN DEL TRABAJO FUTURO.

En este capítulo se desarrollan las conclusiones resultantes de la presente Tesis Doctoral. En primer lugar se resumen las conclusiones generales del comportamiento de la gestión no cartográfica de inyección obtenidas mediante los ensayos experimentales, luego se exponen las valoraciones específicas relacionadas con la sincronización de la gestión. Finalmente, se propone la orientación de los trabajos futuros.

9.1 Conclusiones Generales de la Gestión No Cartográfica de Inyección de Gasolina.

Se ha desarrollado un sistema que permite la completa gestión de un motor de encendido por chispa sin ninguna cartografía previamente grabada.

De la presente tesis se desprende la necesidad de un ajuste minucioso de la gestión de la inyección y el encendido en los motores de ciclo Otto, ya que esto repercute tanto en la economía del funcionamiento del motor como en la emisión de contaminantes. La actuación sobre la mezcla fue hacia la estequiometría, obteniéndose con ella excelentes resultados en cuanto a prestaciones, consumo específico y emisión de contaminantes, tanto en estados estacionarios como transitorios del motor. El control y la estabilización de una mezcla estequiométrica ha sido el objetivo de la gestión desarrollada, ya que con mezclas excesivamente pobres se registró un aumento del consumo específico debido a una importante disminución del par, incrementándose notablemente la temperatura de los gases de escape, con las graves consecuencias que conlleva para el catalizador. Con mezclas excesivamente ricas se registró también una disminución del consumo específico, ya que no es significativo el incremento del par respecto al combustible inyectado, además de un fuerte incremento en la emisión de contaminantes, principalmente HC sin quemar y CO.

Para controlar la calidad de la mezcla durante los transitorios positivos se determinó con exactitud el combustible a inyectar al comienzo del transitorio, y se varió en cada ciclo en función de la cantidad real de aire que ingresaba en el cilindro. Este control se obtuvo desarrollando una serie de algoritmos de aproximación a un valor λ de consigna, variable según la condición de funcionamiento del motor, en el ordenador del sistema; de manera que fuera capaz de interpretar y procesar con precisión la señal de la sonda lambda y el conjunto de información de los estados inicial y final del régimen transitorio. En función de estos estados y del tiempo de respuesta del motor, se calculó la cantidad del combustible inicialmente inyectado, el cual se ajustó posteriormente hacia la estequiometría.

La gestión desarrollada no sólo reconoce los estados de funcionamiento del motor, sino que establece una jerarquía de las diferentes señales de los sensores empleados. En estados estacionarios y pequeños transitorios la señal de la sonda λ prevalece sobre la señal de posición de la mariposa de gases en la gestión del motor. En estas condiciones, la gestión del motor está basada en la estrategia de gestión de estacionarios del sistema.

Mediante la información de la velocidad y magnitud de la abertura de la mariposa de gases, el sistema detecta un estado transitorio del motor, ya sea positivo o negativo. En este momento el sistema cambia hacia la estrategia de gestión de transitorios. Durante este estado, la señal de la posición de la mariposa de gases prevalece sobre la señal de la sonda lambda durante los primeros ciclos de ajuste del motor hacia la lambda de consigna. Este número de ciclos estará en dependencia de la magnitud del transitorio.

La gestión no cartográfica es especialmente práctica en motores que no utilicen un mismo combustible de forma regular, e.j algunos motores estacionarios, motores preparados para utilizar diferentes tipos de combustibles gaseosos, etc. En estos casos, el lazo abierto de la

gestión de la inyección no puede ser previamente concebido con precisión en el banco de pruebas mediante el modelado del motor en forma de mapas estáticos (look-up tables) de una o dos dimensiones. Este modelado permitiría posteriormente conformar una o varias cartografías que serían la base de la actuación del lazo abierto de la gestión de la inyección [48]. En las condiciones anteriores, es necesario gestionar el motor directamente a partir de los resultados de la combustión (continuamente en lazo cerrado), definiendo únicamente consignas y estrategias de gestión en función del estado de operación del motor; siendo especialmente importante la flexibilidad y adaptabilidad del sistema, como se ha demostrado en esta tesis.

Las gestiones cartográficas clásicas, basan la corrección del error dentro del lazo cerrado en el uso de controladores del tipo P, I ó PI con sensor EGO. Actualmente se introducen factores de corrección con el objetivo de que el valor medio de su actuación tienda a cero (figura 3.26) por medio de la variación de sus escalones de ajuste (figura 3.21). La principal deficiencia de estos factores de corrección radica en que, para evitar la disminución de la velocidad de gestión del sistema, sólo se calculan durante regímenes estacionarios. El controlador desarrollado en esta tesis, del tipo PI con sensor UEGO, no sólo actúa en todos los estados del motor, incluyendo los transitorios negativos, sino que su actuación proporcional es variable (según la magnitud del transitorio) e independiente de su actuación integral, que a su vez también es variable (según el factor de ajuste K). Como se muestra en la figura 9.1, la actuación proporcional del controlador sólo tiene lugar durante los transitorios, pudiéndose suceder otra actuación proporcional según la magnitud del transitorio; luego comenzaría la actuación integral hasta la estabilización en el punto de equilibrio establecido por la lambda de consigna del sistema.

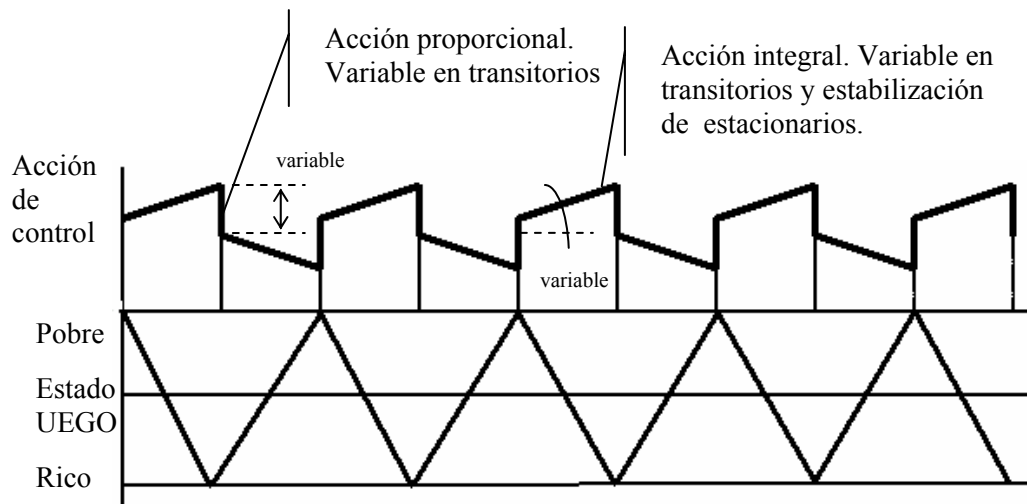


Figura 9.1: Controlador PI con sensor UEGO.

En las gestiones de inyección de gasolina, cuyo lazo cerrado esté basado en la señal de una sonda lambda colocada aguas abajo en el escape y justo antes del catalizador, es necesario considerar los retrasos dinámicos que existen en los eventos que provocan una variación en su actuación. De estos retrasos dinámicos, representados en la figura 9.2, el más importante está en el transporte de los gases de escape, ya que, como se explicó en apartado 3.3.2.3, provoca que se gestione la inyección a partir de valores de lambda de combustiones pretéritas. La única forma de evitar estos errores debido a los retrasos dinámicos, es la inclusión de modelos dinámicos no lineales del comportamiento del motor. Mediante estos modelos se estima el valor de lambda en

el cilindro, y se adelantan a la señal que proporciona la sonda, con objeto de eliminar los retardos en el lazo de realimentación.

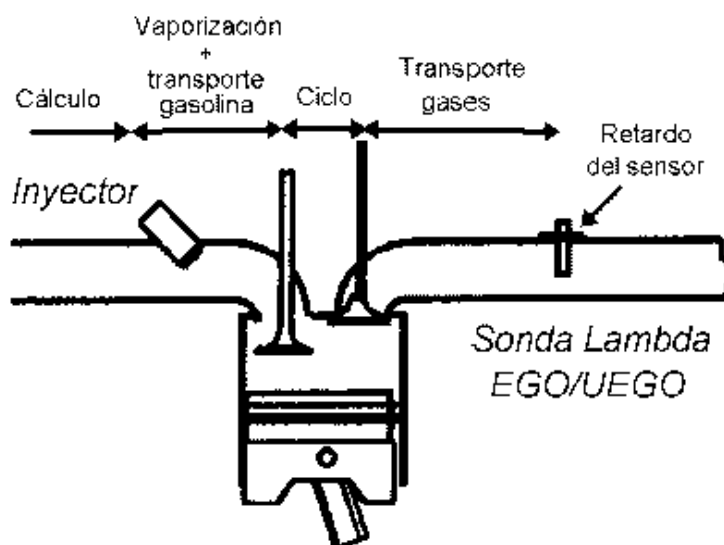


Figura 9.2: Representación de los diferentes retardos en el control de la mezcla.

Una solución interesante para eliminar el retardo debido al transporte de los gases de escape consistiría en colocar el observador del lazo, en este caso la sonda lambda, justo en una de las cámaras de combustión del motor. Para ello, además de las condiciones técnicas necesarias de la sonda lambda para soportar las altas presiones y temperaturas de la cámara de combustión, sería necesario sincronizar el comienzo y la duración de su lectura. Lo anterior es necesario para lograr que la lectura tomada siempre corresponda a la composición de la mezcla instantes después del salto de la chispa, discriminado el resto de la lectura. La solución anterior, no obstante, tiene el gran inconveniente de que la lectura de la sonda no sería de forma continua, lo cual obligaría a replantearse la actuación del lazo cerrado, y la composición de la mezcla leída sería siempre la de un mismo cilindro, estando siempre condicionada a las condiciones de combustión propias de ese cilindro. Para mejorar la continuidad de la lectura de la composición de la mezcla en las condiciones anteriores, se podría colocar una sonda lambda en cada cilindro, en este caso se debe sincronizar, además, la secuencia de lecturas entre las sondas lambda en orden idéntico al del encendido del motor.

En la figura 9.3 se resume la actuación del lazo cerrado de la gestión no cartográfica desarrollada en esta tesis. Debido a que los valores numéricos del tiempo y momento de inicio de la inyección son generados por el software de gestión del sistema, los mismos se pueden almacenar fácilmente en el ordenador del sistema en formas de tablas asociadas a las r.p.m del motor y a la posición de la mariposa de gases. Lo anterior permitiría establecer estrategias de averías del sistema, o sea, que en caso de fallo de la señal de la sonda lambda, el sistema pueda seguir funcionando en modo avería a partir de estos valores previamente almacenados.

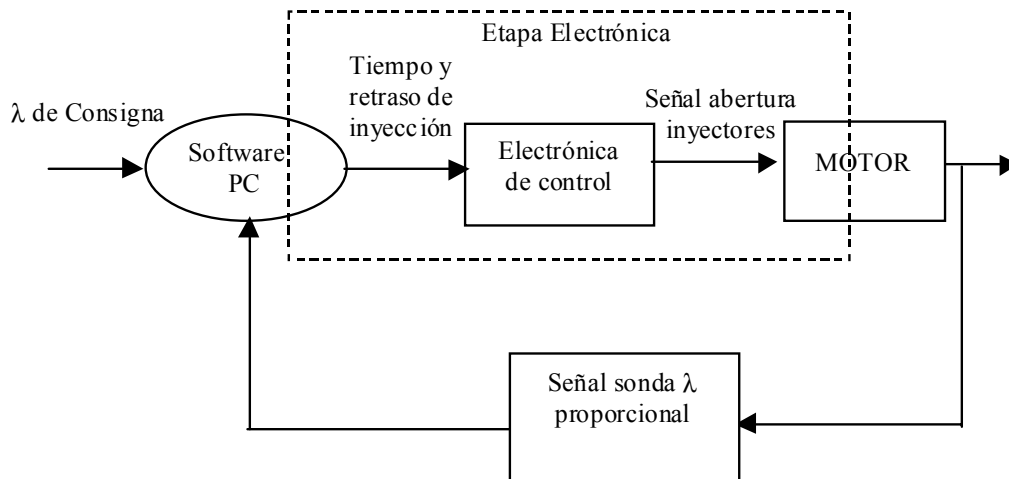


Figura 9.3: Actuación del lazo cerrado del sistema desarrollado.

Durante el análisis de los resultados experimentales se comprobó que en algunas zonas de trabajo del motor, principalmente en estacionarios, la diferencia entre las magnitudes de los pulsos de inyección de la gestión Jetronic y la no cartográfica era realmente significativa. Un factor objetivo que no puede obviarse y que tuvo gran influencia en estos resultados fue el estado técnico de la base mecánica del motor de pruebas, específicamente la hermeticidad de su segmentadura. Aunque no se comprobó, una mayor presión de compresión en el momento del salto de la chispa hubiera mejorado notablemente el proceso de combustión. Esto es, al ser menor la cantidad de mezcla que pasa hacia el cárter a través de los aros del motor (mayoritariamente aire con muy poco combustible), la mezcla comprimida en la cámara de combustión sería menos rica, o sea, más próxima a la estequiométrica. Como solución a este problema, las gestiones cartográficas actuales están dotadas de una función de auto-adaptabilidad, que les permite ajustar la aportación de combustible en función del desgaste mecánico de la segmentadura del motor, detectado mediante una continua comparación de valores almacenados de lecturas de la(s) sonda(s) lambda(s).

9.2 Conclusiones Específicas de la Sincronización de la Gestión de la Inyección.

La sincronización de cualquier gestión de un motor de combustión interna, tanto de encendido por chispa como por compresión, es un elemento fundamental que define la precisión en la sucesión de los diferentes eventos del motor.

En el sistema de gestión desarrollado en esta tesis la sincronización es completamente *digital (binario)*, y su acoplamiento en el árbol de levas representa las siguientes ventajas:

- 1°. Permite un reconocimiento individual de los cilindros, sin necesidad de ningún otro elemento de referencia.
- 2°. El reconocimiento de los cilindros es efectivo incluso durante la puesta en marcha del motor. Esto es especialmente importante durante el arranque, ya que el enriquecimiento de la mezcla podría efectuarse sólo en el cilindro en admisión ó en todos pero de forma secuencial. Lo anterior evitaría la llamada inyección “full group”, necesaria para el enriquecimiento de la mezcla durante el arranque cuando aún no se han reconocido los cilindros. En las gestiones tradicionales actuales, esta inyección es simultánea, debido a que a bajas vueltas del motor no es posible el

reconocimiento individual de los cilindros para establecer un orden secuencial de la inyección acorde con el encendido.

3°. Podría sustituir el sensor inductivo de posición del cigüeñal y el sensor de fase de tipo Hall empleado en la sincronización de las gestiones cartográficas actuales. En efecto, si consideramos que las gestiones actuales utilizan como referencia 60 pulsos inductivos en cada vuelta del cigüeñal, referenciados a una ventana Hall en el árbol de levas (una señal por vuelta), tendríamos una precisión total equivalente a 120 pulsos desde el árbol de levas. Al programar el encoder con esta precisión (desde 0 hasta 119 números en binario), el sistema reconocería la posición de cada cilindro con una exactitud de 3 grados del árbol de levas, que representan 6 grados en el cigüeñal. Esta precisión es equivalente a la lograda tradicionalmente con los 60 pulsos inductivos en el cigüeñal anteriormente comentada.

4°. Debido a la precisión y flexibilidad de la sincronización digital, es posible la variación y el ajuste continuo del momento de inicio de la inyección, teniendo este ajuste una repercusión inicial en el inyector de turno, y no en los cuatro simultáneamente. En las gestiones actuales, el momento de inicio de la inyección es invariable. Esto se debe al hecho de que, en realidad, las gestiones secuenciales tradicionales con sincronización analógica pulsante no controlan los inicios de las inyecciones individualmente, sino que generan un tren de pulsos único para el comienzo de las cuatro inyecciones. En estos casos, la señal Hall de fase del árbol de levas actúa como *reset* del tren de pulsos, el cual se genera en función de las rpm del motor para garantizar la sincronización y el orden de las inyecciones. La excepción del caso anterior está en las gestiones que poseen cuatro ventanas en el sensor Hall de fase del árbol de levas, en estos casos se toma cada uno de los cuatro pulsos generados como referencia para cada inyección individualmente, no obstante, el momento de inicio de la inyección continúa siendo fijo.

9.3 Orientación del Trabajo Futuro.

En este apartado se engloban una serie de propuestas de continuación o mejora del trabajo iniciado en esta tesis.

Se propone, en primer lugar, la variación del momento de inicio de la inyección del combustible por medio de estrategias previamente definidas e implementadas en el software de gestión del sistema. En efecto, mediante el software de control del sistema es posible variar fácilmente el momento de inicio de la inyección, pero esta variación no es continua. La estrategia propuesta consiste en el ajuste continuo del momento de inicio de la inyección en función del estado operacional del motor, principalmente durante los estados transitorios. La actualización del ajuste tendría la misma frecuencia que los pulsos de inyección, o sea, en cada inyección sucesiva y dentro de un mismo ciclo.

Con la implementación de una estrategia de ajuste del momento de inicio de la inyección se reduciría aún más la emisión de HC sin quemar en el escape. Lo anterior se debe a la probada influencia del momento de inicio de la inyección sobre estos contaminantes, lo que define el momento de inicio de la inyección como el principal parámetro ajustable con influencia directa en los HC expulsados sin quemar.

El sistema desarrollado en esta tesis no gestiona el encendido del motor, teniendo el mismo una gran influencia en el par desarrollado por el motor, como se comprobó en los trabajos iniciales mediante el ajuste manual del salto de la chispa en el motor de pruebas. Para la gestión del encendido del motor mediante el sistema no cartográfico desarrollado, bastaría la inclusión de un sensor de picado en el bloque de cilindros del motor. La señal de este sensor, previamente

conformada, serviría como límite para el ajuste del instante del salto de la chispa, que tendría un ajuste continuo e infinito dentro de un abanico definido antes del PMS. Para la referencia del inicio y fin del abanico del salto de la chispa, que puede ser variable según el estado del motor, bastaría únicamente la señal del encoder absoluto y programable instalado en el árbol de levas del motor de pruebas.

Como se explicó en el apartado 9.1, la actuación proporcional del controlador desarrollado (figura 9.1) es totalmente independiente y podría repetirse varios ciclos ante transitorios positivos muy bruscos, lo que podría enriquecer excesivamente la mezcla de combustible. Para evitar lo anterior, sería conveniente la implementación de una estrategia en el software de control del sistema tal que, durante los transitorios positivos, impida la actuación proporcional consecutiva en un mismo valor. Esto se logra introduciendo un factor de corrección, menor que la unidad y variable según la magnitud del transitorio, que disminuya la siguiente actuación proporcional, aún a expensas de aumentar el número de ciclos necesarios para la estabilización del motor.

Actualmente, la duración del bucle de gestión del sistema es de 38,4 milisegundos, que representa (como se explicó en el apartado 6.2.1) un ciclo de funcionamiento del motor de pruebas a 3125 rpm. Hasta esta velocidad, el ajuste de los pulsos de inyección se realiza en cada ciclo del motor. Para mantener el ajuste dentro de un mismo ciclo del motor, por encima de esta velocidad de giro del cigüeñal, es necesario, irremediablemente, incrementar la velocidad de procesamiento del hardware informático empleado, mediante la aplicación de alguna o de todas las mejoras propuestas a continuación:

- 1°. Instalación de un ordenador provisto de un procesador Intel o AMD con una velocidad de procesamiento superior a 600 MHz, y una memoria RAM superior a 96 Megabytes. No resulta imprescindible una memoria de vídeo superior a un Megabyte.
- 2°. Sustituir la tarjeta de adquisición de datos analógica-digital AT MIO16F5, por otra de similar configuración en cuanto al número de canales analógicos y counter, pero con dos puertos digitales con una resolución de 12 bits cada uno. Esto evitaría la instalación de la segunda tarjeta digital en el ordenador, lo que aumentaría la velocidad de procesamiento del sistema.
- 3°. Empleo de una tarjeta de adquisición analógica y escritura digital de datos con procesador propio incorporado. Este tipo de tarjetas permite una mayor velocidad de procesamiento de las señales, ya que, una vez que el software de gestión descarga sobre ellas el código ejecutable que determina su actuación, la misma actúa con total independencia incluso del sistema operativo instalado en el ordenador del sistema. El principal inconveniente de esta solución, a diferencia de las dos primeras, es el elevado coste económico que implica.

Durante la calibración de los inyectores (capítulo 7.1) se comprobó que el estado de desgaste mecánico de los inyectores tiene una gran influencia en el caudal de combustible inyectado; como se observa comparando las figuras 7.2 hasta 7.5 del caudal real inyectado respecto al especificado por su fabricante en la figura 7.6. No obstante, nuestra propuesta de investigación futura se centra en el análisis del caudal inyectado en función de la señal de excitación del inyector y del sincronismo de la inyección. Lo anterior se debe a que, de acuerdo con las calibraciones efectuadas (figuras 7.2 hasta 7.5), existe una diferencia notable entre el caudal inyectado cuando los inyectores son excitados simultáneamente por la gestión Jetronic y cuando son excitados secuencialmente por la gestión no cartográfica.

La figura 9.4 muestra las diferencias entre el caudal inyectado por el inyector N°1 cuando es excitado por una u otra gestión. El inyector mostrado es el N° 1 debido a que el caudal inyectado por él cuando es excitado por la gestión Jetronic es el más próximo al especificado por su fabricante (figura 7.6). Las barras de error en la curva Jetronic representan una desviación del 30 % por exceso de su valor, apreciándose que dicha desviación está presente prácticamente en toda la gama de pruebas entre ambas gestiones.

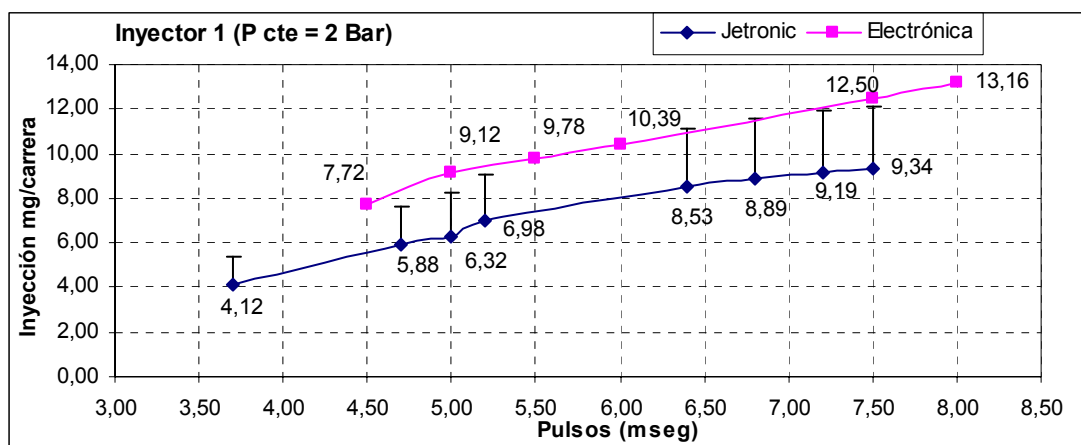


Figura 9.4: Comparación del caudal inyectado por el inyector N° 1 al excitarse por las gestiones Jetronic y la no Cartográfica.

En ambos casos la fuente de alimentación utilizada fue la propia red de generación del motor y la excitación en ambos casos es por masa, centrándose la principal diferencia en la etapa de potencia de ambas gestiones y en el sincronismo de la inyección.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] ÁLVAREZ, J.; CALLEJÓN, I. “Motors alternatius de combustió interna. Aplicacions industrials i tracció de vehicles (volum III)”. CPDA. Barcelona 1998
- [2] ÁLVAREZ, J.; CALLEJÓN, I.; LÓPEZ, J.J. “Ampliació de motors tèrmics 5è curs” CPDA Barcelona 1998
- [3] ÁLVAREZ, J.; CALLEJÓN, I.; CLAR, J.P.; LÓPEZ, J.J. “Enginyeria i màquines tèrmiques (transparències)” CPDA Barcelona 1997
- [4] Gremio de Talleres de Barcelona. “Inyección de Gasolina con Mando Electrónico”. Servicio de Formación y Documentación. Técnica. Gremio de Talleres de Barcelona. Barcelona 1997
- [5] SGS-THOMSON. “Automotive products databook” SGS-THOMSON Microelectronics 1993.
- [6] HEYWOOD, J.B. “Internal combustion engine fundamentals” McGraw-Hill book company U.S.A. 1988
- [7] NATIONAL INSTRUMENTS. “Labview: Data acquisition VI reference manual” NATIONAL INSTRUMENTS.U.S.A. 1992.
- [8] NATIONAL INSTRUMENTS. “Labview: Function reference manual” NATIONAL INSTRUMENTS.U.S.A. 1992.
- [9] NATIONAL INSTRUMENTS. “Labview: Getting started with Labview for Windows”.NATIONAL INSTRUMENTS.U.S.A. 1992.
- [10]NATIONAL INSTRUMENTS. “Labview: User Manual”. NATIONAL INSTRUMENTS. U.S.A. 1992.
- [11]MARTÍ PARERA, A. “Inyección electrónica en motores de gasolina”. Marcombo, 1990.
- [12]MILLMAN, J.; GRABEL, A. .“Microelectronics” Mc Graw-Hill U.S.A. 1987
- [13]MUÑOZ, M.; PAYRI, F. “Motores de combustión interna alternativos” Publicaciones de la Universidad de Valencia. Valencia 1983
- [14]SEDRA, A.S.; SMITH, K.C. “Microelectronic circuits” Saunders College Publishing. U.S.A. 1989
- [15]YUBERO, J.; ÁLVAREZ, J.; CALLEJÓN, I.; SOLÀ, O. “Manual de programació Labview” CPDA Barcelona 1997
- [16]JOHN B. HEYWOOD. “Internal Combustion Engines Fundamentals”. New York, McGraw-Hill Co. 1988.
- [17]JESÚS A. ÁLVAREZ FLÓREZ. [et al.]: “Manual de programació de LabVIEW”; Barcelona : ETSEIB, 1997 Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Màquines i Motors Tèrmics.
- [18]RIGOBERTO ARAGÓN. “Teoría de Automóviles”. Instituto Superior Politécnico de la Habana. Cuba. 1988.
- [19]CHARLES. F. TAYLOR. “ The Internal Combustion Engine in theory and practice”. Cambridge, Massachusetts: M.I.T. Press. 2nd Ed. 1977.
- [20]CALLEJON I, ALVAREZ J, CIVIT O. “La inyección en motores de encendido provocado”.CPDA Barcelona 1996.
- [21]BLASCO ARGENTE, VICENTE: “Inyección electrónica: sistema LE2-JETRONIC”: Barcelona : ETSEIB. CPDA: Manual técnico de taller. 1990.
- [22]ULRICH STEINBRENNER: “Motronic Engine Management”, Germany, © Robert Bosh GmbH, 1994, Tercera Edición.
- [23]CENTRE D'ENGINYERIA D'AUTOMOCIÓ, Universitat Politècnica de Catalunya, “Avantprojecte de disseny de la modificació a realitzar en el motor Renault Premium 385”, Barcelona 2001.

- [24] CALVO VIRTO, JULIO. "Control de los regímenes transitorios en sistemas de inyección electrónica para motores alternativos" Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. Madrid 1989.
- [25] NEVOT CERCÓS, JAVIER." Diseño de un controlador avanzado basado en redes neuronales para la gestión de la mezcla aire-gasolina en un motor alternativo". Tesis Doctoral. Tesis Doctoral. Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona. Barcelona. 1999
- [26] GRASAS i ALSINA, CARLES. "Sobre la injecció discontinua de gasolina a baixa pressió aplicada al motor lleuger de dos temps". Tesis Doctoral. Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona. Barcelona 1985.
- [27] Ernesto Gutiérrez González, Jesús Alvarez Flórez and Ismael Callejón Agramunt."Improving the FIE Mapping of a 4-Cylinder 4-Stroke Engine for Operation on the European Drive Cycle" SAE International Congress & Exposition, Society of Automotive Engineers, Inc SAE 2000 World Congress Detroit, Michigan March 6-9, 2000. 2000-01-0259.
- [28] Ren, Z.; Campbell, T.; Yang, J., "Developments in computer-controlled IC engine experimental study." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997 972918
- [29] Wolanski, Piotr; Gut, Zbigniew; Niedziela, Witold; Przystek, Janusz; Siwiec, Stanislaw, "Study of combustion dynamics in the research engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997 972829
- [30] Koenig, Michael; Hall, Matthew J., "Measurements of local in-cylinder fuel concentration fluctuations in a firing SI engine." 1997 SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1997, 971644.
- [31] Jackson, N. S.; Stokes, J.; Sadler, M.; Heikal, M. R.; Faure, M.; Pommier, L., "Correlation of the combustion characteristics of spark-ignition engines with the in-cylinder flow field characterize using PIV in a water analogy rig." 1997 SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1997 971637
- [32] Andre, Michel, "Driving cycles development: Characterization of the methods." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961112.
- [33] Ahmad, Wajdi M.; Woodward, Brian; Christensen, Jim, "A LABVIEW(C)-based Mini-SHED system for permeation determination of fuel system components." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961111.
- [34] Nogi, T.; Shiraishi, T.; Nakayama, Y.; Ohsuga, M.; Kurihara, N., "Stability improvement of direct fuel injection engine under lean combustion operation." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982703.
- [35] Sandquist, Hakan; Denbratt, Ingemar; Ingemarsson, Asa; Olsson, Jim, "Influence of fuel volatility on emissions and combustion in a direct-injection, spark-ignition engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982701.
- [36] Fekete, Nicholas; Gruden, Igor; Voigtlander, Dirk; Nester, Ulrich; Krutzsch, Bernd; Willand, Jurgen; Kuhn, Michael, "Advanced engine control and exhaust gas aftertreatment of a leanburn SI engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972873.
- [37] De Risi, A.; Gajdeczko, B. F.; Bracco, F. V., "A study of H₂, CH₄, C₂H₆ mixing and combustion in a direct-injection stratified-charge engine." 1997 SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1997, 971710.

- [38] Selim, M. Y. E.; Dent, J. C.; Das, S., "Application of CFD to the matching of in-cylinder fuel injection and air motion in a four-stroke gasoline engine." 1997 SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1997, 971601.
- [39] Naitoh, Ken; Takagi, Yasuo, "Synthesized spheroid particle (SSP) method for calculating spray phenomena in direct-injection SI engines." 1996 SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1996, 962017.
- [40] Laek, T. M.; Sapsford, S. M.; Stokes, J.; Jackson, N. S., "Simulation and development experience of a stratified-charge gasoline direct-injection engine." 1996 SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1996, 962014.
- [41] Ghandi, J. B.; Bracco, F. V., "Mixture preparation effects on ignition and combustion in a direct-injection spark-ignition engine." 1996 SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1996, 962013.
- [42] Zhao, Hui; Yang, Xiaofeng; Zhou, Longbao; Liu, Shenghua, "An investigation of a new type direct-injection stratified-charge combustion system for gasoline engines." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961150.
- [43] Han, Sung Bin; Chung, Yon Jong; Kwon, Young Jik, "The effect of operating conditions at idle in the S.I. engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972990.
- [44] Schunemann, Erik; Munch, Kai-Uwe; Leipertz, Alfred, "Interaction of airflow and injected fuel spray inside the intake port of a six-cylinder, four-valve SI engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972984.
- [45] Carabateas, N. E.; Taylor, A. M. K. P.; Whitelaw, J. H.; Ishii, Kiyoshi; Yoshida, Kazuo; Matsuki, Massato, "The effect of injector and intake port design on in-cylinder fuel droplet distribution, airflow and lean-burn performance for a Honda VTEC-E engine." 1996 SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1996, 961923.
- [46] Furuyama, Mikio; Jie, Zhang, "Air flow visualization in a multi-point injection type manifold." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952488.
- [47] Hilbert, H. Sean; Boggs, David L.; Schechter, Michael M., "The effects of small fuel droplets on cold engine emissions using Ford's Air Forced Injection System." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952479.
- [48] Lygoe, R. J., "Fitting automotive microprocessor control look-up tables to a response surface model using optimization methods." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1998, 981459.
- [49] Attar, A. Alizadeh; Karim, G. A., "An analytical approach for the optimization of a SI engine performance including the consideration of knock." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1998, 981463.
- [50] Hu, Zhengyun, "A mathematical model for in-cylinder catalytic oxidation of hydrocarbons in spark-ignition engines." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961196.

- [51] Brehob, Diana D.; Fleming, Jonathan E.; Haghgoie, Mohammad; Stein, Robert A., "Stratified-charge engine fuel economy and emission characteristics." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982704.
- [52] Nogi, T.; Shiraishi, T.; Nakayama, Y.; Ohsuga, M.; Kurihara, N., "Stability improvement of direct fuel injection engine under lean combustion operation." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982703.
- [53] Williams, Paul A.; Davy, Martin H.; Brehob, Diana D., "Effects of injection timing on the exhaust emissions of a centrally injected four-valve, direct-injection, spark-ignition engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982700.
- [54] Davy, Martin H.; Williams, Paul A.; Anderson, Richard W., "Effects of injection timing on liquid-phase fuel distributions in a centrally injected four-valve, direct-injection, spark-ignition engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982699.
- [55] Hatakeyama, Shiyuji; Kondo, Mikiro; Sekiya, Yoshio; Murayama, Tadashi, "An attempt at lean burn of a 4-stroke gasoline engine by the aid of low-pressure, air-assisted, in-cylinder injection." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982698.
- [56] Luan, Yunfei; Henein, Naeim A., "Contribution of cold- and hot-start transients in engine-out HC emissions." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982645.
- [57] Wendeker, Miroslaw, "Experimental results of the investigation of the mixture preparation in spark-ignition engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982525.
- [58] Maier, Georg; Wittig, Sigmar; Manz, Peter-Wolfgang, "Influence of air assisted fuel injection on the mixing preparation within the intake ports of SI-engines." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982523.
- [59] Neyachenko, Igor I., "Method of A/F control during SI engine cold start." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982521.
- [60] Skippon, Stephen M.; Norton, Daniel, "The effects of gasoline volatility on mass and composition of the inlet port wall film in port-injected SI engines." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982517.
- [61] Miorali, Mauro; Pedicillo, Arcangelo; Mercogliano, Raffaele, "Measurement of the fuel stored on the intake wall of a port fuel injected engine equipped with a double fuel injection system." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982472.
- [62] Dawson, Mark; Hochgreb, Simone, "Liquid fuel visualization using laser-induced fluorescence during cold start." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982466.
- [63] Omary, Najibullah; Bhatti, T. S.; Subrahmanyam, J. P.; Gajendra Babu, M. K., "Comparative assessment of the performance and emission characteristics of port and manifold gasoline fuel injection systems of a single-cylinder, four-stroke, spark-ignition engine." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1998, 981460.

- [64] Okada, Yoshihiro; Inokuchi, Iwane; Yanagisawa, Masanari, "Development of a high-pressure fueling systems for a direct-injection gasoline engine." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1998, 981458.
- [65] Akihama, Kazuhiro; Fujikawa, Taketoshi; Hattori, Yoshiaki, "Laser-induced fluorescence imaging of NO in a port-fuel-injected, stratified-charge SI engine--Correlations between N formation region and stratified fueldistribution." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1998, 981430.
- [66] Chen, Jun-Lon; yang, Woong-Chul, "Pressure pulsation and fuel injection noise of a fuel delivery system--Applications of FuelNet." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1998, 981416.
- [67] Han, Sung Bin; Chung, Yon Jong; Kwon, Young Jik, "The effect of operating conditions at idle in the S.I. engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972990.
- [68] Whelan, D. E.; Kelly-Zion, P. L.; Lee, C. F.; Peters, J. E.; White, R. A., "Back-flow atomization in the intake port of spark-ignition engines." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972988.
- [69] Hetrick, Robert E.; Parsons, Michael H., "Electrospray for fuel injection." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972987.
- [70] Koenig, Michael H.; Stanglmaier, Rudolf H.; Hall, Matthew J.; Matthews, Ronald D., "Mixture preparation during cranking in a port-injected, 4-valve SI engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972982.
- [71] Stache, I.; Alkidas, A. C., "The influence of mixture preparation on the HC concentration histories from an S.I. engine running under steady-state conditions." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972981.
- [72] Smith, William J.; Timoney, David J.; Lynch, Dermot P., "Emissions and efficiency comparison of gasoline and LPG fuels in a 1.4-liter passenger car engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972970.
- [73] Wensing, Michael; Munch, Kai-Uwe; Leipertz, Alfred, "Characteristics and application of gasoline injectors to SI engines by means of measured liquid fuel distributions." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972947.
- [74] Kramer, Hanno; Munch, Kai-Uwe; Leipertz, Alfred, "Comparison of two injectors by LIF with respect to mixture formation and combustion inside the cylinder of a transparent SI engine." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972946.
- [75] Queenan, Bernadette; Nightingale, Chris; Bennett, John, "Charge stratification in a 4-valve SI engine through injection into one intake port with induced axial swirl within the cylinder." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972875.
- [76] Lacey, P. I.; Kohl, K. B.; Stavinoha, L. L.; Estefan, R. M., "A laboratory-scale test to predict intake valve deposits." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972838.

- [77] Hentschel, Werner; Grote, Andreas; Langer, Olaf, "Measurement of wall film thickness in the intake manifold of a standard production SI engine by aspectroscopic technique." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1997, 972832.
- [78] Shayler, P. J.; Davies, M. T.; Scarisbrick, A., "Audit of fuel utilization during the warm-up of SI engines." 1997 SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1997, 971656.
- [79] Koenig, Michael; Hall, Matthew J., "Measurements of local in-cylinder fuel concentration fluctuations in a firing SI engine." 1997 SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1997, 971644.
- [80] Imatake, Nobuo; Saito, Kimitaka; Morishima, Shingo; Kudo, Shunji; Ohhata, Akira, "Quantitative analysis of fuel behavior in port-injection gasoline engines." 1997 SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1997, 971639.
- [81] Khatri, D. S.; Ramesh, A.; Gajendra Babu, M. K., "Comparative studies on the idling performance of a three-cylinder passenger car engine fitted with a carburetor and single point electronic gasoline fuel injection system." 1997 SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1997, 971615.
- [82] Bossert, Jean Charles; Shin, Younggy; Cheng, Wai K., "Fuel effects on throttle transients in PFI spark-ignition engines." 1997 SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1997, 971613.
- [83] Selim, M. Y. E.; Dent, J. C.; Das, S., "Application of CFD to the matching of in-cylinder fuel injection and air motion in a four-stroke gasoline engine." 1997 SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1997, 971601.
- [84] Anderson, R. W.; Yang, J.; Brehob, D. D.; Vallance, J. K.; Whiteaker, R. M., "Understanding the thermodynamics of direct-injection spark-ignition (DISI) combustion systems: an analytical and experimental investigation." 1996 SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1996, 962018.
- [85] Manz, P. W., "Operating a gasoline engine at constant low temperature conditions. The influence of different fuel droplet sizes." 1996 SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1996, 961999.
- [86] Shayler, P. J.; Davies, M. T.; Colechin, M. J. F.; Scarisbrick, A., "Intake port fuel transport and emissions: the influence of injector type and fuel composition." 1996 SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1996, 961996.
- [87] Shayler, P. J.; Colechin, M. J. F.; Scarisbrick, A., "Intra-cycle resolution of heat transfer to fuel in the intake port of an S.I. engine." 1996 SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1996, 961995.
- [88] Kaiser, Edward W.; Siegl, Walter O.; Lawson, Gerald P.; Connolly, Frank T.; Cramer, Carl F.; Dobbins, Kelvin L.; Roth, Paul W.; Smokovitz, Michael, "Effects of fuel preparation on cold-start hydrocarbon emissions from a spark-ignited engine." 1996 SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1996, 961957.
- [89] Deschamps, Beatrice; Baritaud, Thierry, "Visualization of gasoline and exhaust gases distribution in a 4-valve SI engine; effects of stratification on combustion and pollutants." 1996 SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1996, 961928.

- [90] Zhao, Fu-Quan; Yoo, Jooh-Ho; Liu, Yi; Lai, Ming-Chia, "Spray dynamics of high-pressure fuel injectors for DI gasoline engines." 1996 SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1996, 961925.
- [91] Chen, Gang; Asmus, Thomas W.; Weber, Gregory T., "Fuel mixture temperature variations in the intake port." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961194.
- [92] Han, Zhiyu; Reitz, Rolf D.; Claybaker, Peter J.; Rutland, Christopher J.; Yang, Jialin; Anderson, Richard W., "Modeling the effects of intake flow structures on fuel/air mixing in a direct-injected spark-ignition engine." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961192.
- [93] Glodowski, Mark L.; Michalek, Donna J.; Evers, Lawrence W., "The use of results from computational fluid dynamic fuel injector modeling to predict spray characteristics." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961191.
- [94] Nasu, Masahiro; Ohata, Akira; Abe, Shinichi, "Model-based fuel injection control system for SI engines." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961188.
- [95] Dingli, Robert J.; Watson, Harry C.; Palaniswami, Marimuthu; Glasson, Neil, "Adaptive air fuel ratio optimization of a lean burn SI engine." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961156.
- [96] Campbell, S.; Clasen, E.; Chang, C.; Rhee, K. T., "Flames and liquid fuel in an SI engine cylinder during cold start." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961153.
- [97] Zhao, Hui; Yang, Xiaofeng; Zhou, Longbao; Liu, Shenghua, "An investigation of a new type direct-injection stratified-charge combustion system for gasoline engines." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961150.
- [98] Salters, D.; Williams, P.; Greig, A.; Brehob, D., "Fuel spray characterization within an optically accessed gasoline direct injection engine using a CCD imaging system." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961149.
- [99] Curtis, Eric; Russ, Stephen; Aquino, Charles; Lavoie, George; Trigui, Nizar, "The effects of injector targeting and fuel volatility on fuel dynamics in a PFI engine during warm-up: Part II--Modeling results." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982519.
- [100] Russ, S.; Stevens, J.; Aquino, C.; Curtis, E.; Fry, J., "The effects of injector targeting and fuel volatility on fuel dynamics in a PFI engine during engine warm-up: Part I--Experimental results." SAE International Fall Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1998, 982518.
- [101] Curtis, Eric W.; Aquino, Charles F.; Trumpy, David K.; Davis, George C., "A new port and cylinder wall wetting model to predict transient air/fuel excursions in a port fuel injected engine." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961186.
- [102] Knapp, Michael; Luczak, Andreas; Beushausen, Volker; Hentschel, Werner; Andresen, Peter, "Vapor/liquid visualization with laser-induced exciplex fluorescence in an SI-engine for different fuel injection timings." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961122.
- [103] Chen, J. L.; DeVriese, Darren; Chen, Grant; Creehan, James L., "Influence of needle lift on gasoline injector static flows." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961121.

- [104] Stump, Fred; Tejada, Silvestre; Black, Frank; Ray, William; Crews, William; Davis, Radford, "Compound injection to assure the performance of motor vehicle emissions sampling systems." SAE International Spring Fuels and Lubricants Meeting; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, May 1, 1996, 961118.
- [105] Fry, Mike; Nightingale, Chris; Richardson, Steve, "High-speed photography and image analysis techniques applied to study droplet motion within the porting and cylinder of a 4- valve SI engine." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952525.
- [106] Zhao, Fu-Quan; Yoo, Joon-Ho; Lai, Ming-Chia, "The spray characteristics of dual-stream port fuel injectors for applications to 4-valve gasoline engines." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952487.
- [107] Zhao, Fu-Quan; Amer, Amer Ahmad; Lai, Ming-Chia; Dressler, John L., "The effect of fuel-line pressure perturbation on the spray atomization characteristics of automotive port fuel injectors." SAE Fuels and Lubricants meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952486.
- [108] Schurov, Sergei M.; Collings, Nick, "An experimental investigation of fuel transport in a port injected engine." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952485.
- [109] Maroteaux, F.; Le Moyne, L., "Modeling of fuel droplets deposition rate in port injected spark ignition engine." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952484.
- [110] Fulcher, S. K.; Gajdeczko, B. F.; Felton, P. G.; Bracco, F. V., "The effects of fuel atomization, vaporization, and mixing on the cold-start UHC emissions of a contemporary S.I. engine with intake-manifold injection." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952482.
- [111] Shin, Younggy; Min, Kyoungdoug; Cheng, Wai K., "Visualization of mixture preparation in a port-fuel injection engine during engine warm-up." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952481.
- [112] Kelly-Zion, P. L.; DeYoung, C. A.; Peters, J. E.; White, R. A., "In-cylinder fuel drop size and wall impingement measurements." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952480.
- [113] Hilbert, H. Sean; Boggs, David L.; Schecter, Michael M., "The effects of small fuel droplets on cold engine emissions using Ford's Air Forced Injection System." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952479.
- [114] Horie, Kaoru; Takahashi, Hitoshi; Akazaki, Shusuke, "Emissions reduction during warm-up period by incorporating a wall-wetting-fuel model on the fuel injection strategy during engine starting." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952478.
- [115] Felton, P. G.; Kyritsis, D. C.; Fulcher, S. K., "LIF visualization of liquid fuel in the intake manifold during cold start." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952464.
- [116] Corde, Gilles; Bianco, Yvan; Lecluse, Yves, "Air mass flow rate observer applied to SI AFR control." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952460.
- [117] Hood, Jeffrey; Farina, Robert, "Emissions from light duty vehicles operating on oxygenated fuels at low ambient temperatures: A review of published studies." SAE Fuels and Lubricants Meeting and Exposition; Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, October 1, 1995, 952403.

- [118] A.Ohata, M.Ohashi. "Model Based Air Fuel Ratio Control to Reduce Exhaust Gas Emissions", SAE Paper 950075, 1995.
- [119] Aquino C.F, "Transients A/F control characteristics of the 5 liter central fuel injection system." SAE 810494, 1981.
- [120] Hires S.D, Overington M.T., "Transient mixture strength excursions." SAE 810495, 1981.
- [121] Falk, C.D.; Mooney, J.J. "Three Way Conversion Catalysts: Effect of Closed-Loop Feed-Back Control and Other Parameters on Catalyst Efficiency". SAE 800462; 1980.
- [122] R.K Hertz, Dynamics Behavior of Automotive Catalysts. 1. Catalyst Oxidation and Reduction", Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev. Vol 20 N° 3, 1981.
- [123] E.C.Su, "Oxygen Storage Capacity of Monolithic Three-Way Catalysts". Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam, 17, 1985.
- [124] J.C. Schlatter. "Three-Way Catalyst Response to Transient", Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev. Vol 19 N° 3, 1980.
- [125] F.Zhao, L. Li, "An Experimental Study of the Flow Structure Inside the Catalytic Converter of a Gasoline Engine", SAE Paper 950784, 1995.
- [126] B. K. Cho, "Dynamic Behavior of a Single Catalyst Pellet. 1. Symetric Concentration Cycling during CO Oxidation over Pt/Al₂O₃".
- [127] K.N. Paltas, A.M. Stamatelos. "Transient Modeling of 3-Way Catalytic Converters", SAE Paper 940934, 1994.
- [128] Nakaniwa, S., Furuya, J., Tomisawa, N. "Development of Nest Structured Learning Control System". SAE Paper 910084, 1991.
- [129] Katashiba, Hideaki; Nishida, Minoru; Washino, Shoichi. "Fuel Injection control systems that improve three way catalyst conversion efficiency" SAE Paper 910390, 1991.
- [130] Rizzo, G. "Una metodologia per l'ottimizzazione tecnico-economica dei sistemi di controllo elettronico per motori a combustione interna". ATA, vol. 44, diciembre 1991.
- [131] Choid, S.B.; Hedrick, J.K. "Sliding Control of Automotive Engines: Theory and Experiment" ASME DSC, vol 44, 1992.
- [132] Choid, S.B.; Hedrick, J.K. "An Observer-Based Controller Design Method for Improving Air/Fuel Characteristics of Spark Ignition Engines". IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol 6, 1998.
- [133] Chang, C.F.; Feyete, N.P; "Engine Air-Fuel Ratio Control Using an Event-Based Observer". SAE Paper 930766, 1993.
- [134] Onder, C.H.; Geering, H.P. "Model-based Multivariable Speed and Air to Fuel Ratio Control of an SI Engine". SAE Paper 930859, 1993.
- [135] Bidan, P.; Boverie, S.; Chaumerliac, V."Nonlinear Control of a Spark-Ignition Engine". IEEE Transactions on Control Systems Technology, vol 3, 1995.
- [136] Tudor, R.J. "Electronic Throttle Control as Emission Reduction Device". SAE Paper 930939, 1993.