

ABSTRACT

In a spark ignition (SI) engine injection system, the value of the air-fuel ratio (AFR) is obtained by measuring the exhaust gas oxygen (EGO) sensor in the exhaust. This sensor does not directly describe how much AFR in the combustion chamber due to the large transport delay. Therefore, EGO sensors are used only to correct AFR as feedback on an injection control system with a non-dominant control signal affecting the system response.

The aim of the research is to design a model or algorithm to estimate AFR in engine combustion chamber without any effect of the transport delay by using the method of extended Kalman filter (EKF). The AFR estimator is expected to be applied on the AFR control system to generate dominant control signals affecting the system response. EKF is chosen because of its fast computation and suitable for highly non-linear system dynamics such as occurs in SI engine. This research yields two type AFR estimators, are (1) an AFR estimator with feedback of a universal exhaust gas oxygen (UEGO) sensor and (2) an AFR estimator without feedback of UEGO sensor, also called the virtual AFR sensor. This second model becomes a practical solution to be applied in AFR control system due to the high price of UEGO sensor.

The dataset of the research has been collected from a Hyundai Verna 2002 with an additional lambda sensor of UEGO type. The throttle opening angle (input) is varied by stepping on the gas pedal and the signal to the injector (input) is set to a certain quantity to produce the AFR (output) value read by the UEGO sensor. In this research, the model of “the closed loop AFR estimator using EKF” yields the highest accuracy compared to the other two models, with mean relative error (MRE) of 1.31 %. Meanwhile “the open-loop AFR estimator without EKF” yields MRE of 5.19 % and “the open-loop AFR estimator using EKF” yields MRE of 4.66 %.

Keywords : AFR estimator, spark of ignition engine, air-fuel ratio, extended Kalman filter, mean value engine model, AFR virtual sensor.

INTISARI

Pada sistem injeksi motor bakar, nilai *air-fuel ratio* (AFR) diperoleh dengan mengukur sensor *exhaust gas oxygen* (EGO) di knalpot. Sensor ini tidak menggambarkan langsung nilai AFR dalam ruang bakar karena adanya *transport delay* yang besar. Oleh karena itu, sensor EGO digunakan hanya untuk mengoreksi AFR sebagai umpan-balik pada sistem kontrol AFR dengan sinyal kontrol yang tidak dominan berpengaruh terhadap respon sistem.

Tujuan penelitian ini adalah merancang model untuk mengestimasi AFR dalam ruang bakar motor bakar tanpa ada pengaruh *transport delay* dengan menggunakan metode *extended Kalman filter* (EKF). *Estimator* AFR ini diharapkan bisa digunakan pada sistem kontrol AFR untuk menghasilkan sinyal kontrol yang dominan berpengaruh terhadap respon sistem. EKF dipilih karena komputasinya yang ringan dan cocok untuk sistem non linear seperti yang terjadi dalam motor bakar. Penelitian ini menghasilkan dua jenis *estimator* AFR, yaitu (1) *estimator* AFR dengan umpan-balik sensor *universal exhaust gas oxygen* (UEGO) dan (2) *estimator* AFR tanpa umpan-balik sensor UEGO, disebut juga sensor AFR virtual. Model kedua ini menjadi solusi praktis untuk digunakan dalam sistem kontrol AFR motor bakar karena mahalnya sensor UEGO.

Dataset penelitian diambil dari mobil Hyundai Verna tahun 2002 dengan tambahan sensor lambda jenis UEGO. Sudut bukaan *throttle* (masukan) dimainkan dengan menginjak pedal gas dan sinyal ke injektor (masukan) diatur dengan besaran tertentu untuk menghasilkan nilai AFR (keluaran) yang dibaca oleh sensor UEGO. Pada penelitian ini model “*estimator* AFR *closed-loop* menggunakan EKF” menghasilkan akurasi tertinggi dibandingkan dengan dua model lainnya, yaitu dengan nilai *mean relative error* (MRE) sebesar 1,31 %. Sedangkan “*estimator* AFR *open-loop* tanpa EKF” menghasilkan MRE sebesar 5,19 % dan “*estimator* AFR *open-loop* menggunakan EKF” menghasilkan MRE sebesar 4,66 %.

Kata kunci – *estimator* AFR, motor bakar, *air-fuel ratio*, *extended Kalman filter*, *mean value engine model*, sensor AFR virtual.