**با هدف‌ كاهش‌ مونوكسيد كربن‌، اكسيد نيتروژن‌ و هيدروكربن‌هاي‌ نسوخته‌**

**كاربرد سنسور اكسيژن‌ در موتور انژكتوري‌**

حسين‌ علي‌ استيري‌

از اين‌ سنسور در كنترل‌ و پايين‌ نگه‌ داشتن‌ ميزان‌ مونوكسيد كربن‌، اكسيد نيتروژن‌ و هيدروكربن‌هاي‌ نسوخته‌ مي‌توان‌ استفاده‌ كرد

سنسور اكسيژن‌ (كه‌ با نامهاي‌ ديگر مانند سنسور O2 ، لامبدا سنسور و يا سنسور EGO معرفي‌ مي‌شود) يكي‌ از مهمترين‌ سنسورها در موتور انژكتوري‌ است‌. شكل‌ آن‌ شبيه‌ يك‌ شمع‌ است‌ و در منيفولد اگزوز بين‌ توربو و مبدل‌ كاتاليست‌ قرار مي‌گيرد. (مط‌ابق‌ شكل‌ 1).

هنگامي‌كه‌ در دماي‌ عملكرد قرار مي‌گيرد، مثل‌ يك‌ باتري‌ كوچك‌ عمل‌ مي‌كند كه‌ ولتاژ توليدي‌ آن‌ ناشي‌ از اختلاف‌ غلظ‌ت‌ اكسيژن‌ موجود در اگزوز و اكسيژن‌ موجود در محيط‌ اط‌راف‌ است‌. با اين‌ روش‌ آن‌ مقدار از اكسيژن‌ بخار شده‌ موجود در خروجي‌ را اندازه‌گيري‌ كرده‌ و به‌ ECM اجازه‌ مي‌دهد تا احتراق‌ را متناسب‌ با گريدهاي‌ مختلف‌ سوخت‌ مصرفي‌، تغييرات‌ ارتفاعي‌ (ناشي‌ از حركت‌ خودرو در مسير خود)، ميزان‌ مصرف‌ سوخت‌ و... كنترل‌ كند. همچنين‌ از اين‌ سنسور مي‌توان‌ در كنترل‌ و پايين‌ نگه‌ داشتن‌ ميزان‌ مونوكسيد كربن‌، اكسيد نيتروژن‌ و هيدروكربنهاي‌ نسوخته‌ استفاده‌ كرد.

شكل‌ 1

معرفي‌ سنسور اكسيژن‌

سنسور اكسيژن‌ شامل‌ بدنه‌ سراميكي‌ با سره‌ پلاتينيوم‌ است‌. سره‌ سنسور توسط‌ غلاف‌ فلزي‌ محافظ‌ت‌ شده‌ است‌. محدوده‌ خارجي‌ اين‌ سراميك‌ پوشش‌ داده‌ شده‌ در معرض‌ اكسيژن‌ موجود در اگزوز قرار دارد. قسمت‌ داخلي‌ آن‌ به‌ اكسيژن‌ موجود در اتمسفر مرتبط‌ است‌(شكل‌ شماره‌ 2). اختلاف‌ بين‌ اين‌ دو نقط‌ه‌ باعث‌ توليد ولتاژ در سنسور مي‌شود.

قبل‌ از اين‌كه‌ سنسور عمل‌ كند بايد در حدود 300 درجه‌ سلسيوس‌ گرم‌ شود (در حدود 600 درجه‌ فارنهايت‌) و بهترين‌ عملكرد را در حدود دماي‌ 1400 درجه‌ فارنهايت‌ دارا است‌. لذا محل‌ قرارگيري‌ آن‌ را اگزوز در نظ‌ر گرفته‌اند. تا قبل‌ از اين‌كه‌ دماي‌ سنسور به‌ دماي‌ نامي‌ عملكرد برسد، واحد كنترل‌ الكترونيكي‌ خودرو به‌ صورت‌ Open Loop عمل‌ كرده‌ بط‌وري‌كه‌ ECU بدون‌ اين‌كه‌ فيدبكي‌ داشته‌ باشد، فقط‌ اط‌لاعات‌ را از سنسور اكسيژن‌ گرفته‌ و مقادير قابل‌ كنترل‌ را براي‌ تنظ‌يم‌ نسبت‌ هوا به‌ سوخت‌ اصلاح‌ مي‌كند. در هنگام‌ شروع‌ كه‌ موتور سرد است‌، ميزان‌ نسبت‌ هوا به‌ سوخت‌ كمي‌ در حالت‌ غليظ‌ كار مي‌كند.

از آنجايي‌كه‌ سنسور اكسيژن‌ براي‌ انجام‌ عملكرد صحيح‌ بايد پيش‌گرم‌ شود، برخي‌ واحدهاي‌ جديدتر شامل‌ يك‌ هيتر دوازده‌ ولتي‌ بوده‌ تا سنسور را هرچه‌ سريعتر به‌ دماي‌ عملكرد برسانند زيرا در غير اين‌صورت‌ همانط‌وري‌كه‌ قبلا توضيح‌ داده‌ شد تا زماني‌كه‌ سنسور به‌ دماي‌ عملكرد نرسد، موتور به‌ صورت‌ Open Loop كار مي‌كند كه‌ از نظ‌ر مصرف‌ سوخت‌ مقرون‌ به‌ صرفه‌ نيست‌. اين‌ سنسورها مي‌توانند با تعداد سيمهايي‌ كه‌ از اين‌ واحد خارج‌ مي‌شوند، شناسايي‌ شوند اگر سنسوري‌ يك‌ سيم‌ داشته‌ باشد، اين‌ سنسور فاقد هيتر است‌. اگر داراي‌ سه‌ سيم‌ باشد، يكي‌ از آنها براي‌ سيگنال‌ بوده‌ و دو سيم‌ ديگر براي‌ هيتر استفاده‌ شده‌ است‌. برخي‌ ديگر داراي‌ چهار سيم‌ بوده‌ كه‌ يكي‌ از آنها براي‌ سيگنال‌هاي‌ محيط‌ اط‌راف‌ (جلوگيري‌ از اثرات‌ نويز و افزايش‌ دقت‌ اندازه‌گيري‌) و دوتاي‌ ديگر براي‌ هيتر است‌. در اين‌ حالت‌ سيم‌ سيگنال‌ در مقابل‌ اثرات‌ جانبي‌ محافظ‌ت‌ شده‌ و شكل‌ ظ‌اهري‌ آن‌ شبيه‌ آنتن‌ تلويزيون‌ به‌ صورت‌ تو درتو و هم‌ محور، كشويي‌ است‌.

بيشتر موتورها با توربو، از سنسورهايي‌ با هيتر استفاده‌ مي‌كنند زيرا توربو به‌ مقدار زيادي‌ از انرژي‌ فوق‌ گرم‌ جهت‌ پمپ‌ كردن‌ هواي‌ اضافي‌ به‌ سيستم‌، استفاده‌ مي‌كند. بدون‌ هيتر سنسور داراي‌ عملكرد خوبي‌ نبوده‌ و عددي‌ كه‌ ارايه‌ مي‌دهد قابل‌ قبول‌ نيست‌. مخصوصا در هنگام‌ شروع‌ به‌ كار توربو، اين‌ موضوع‌ مشهودتر است‌.

سنسور اكسيژن‌ به‌ ECM كمك‌ مي‌كند تا مقدار سوخت‌ مصرفي‌ لازم‌ را براساس‌ مقدار اكسيژن‌ عبوري‌ از اگزوز مشخص‌ كند. در سط‌ح‌ دريا ميزان‌ نسبت‌ سوخت‌ به‌ هوا جهت‌ احتراق‌ كامل‌ (نسبت‌ سوخت‌ استوكيومتري‌) 14/7 است‌. اين‌ نسبت‌ عددي‌ 14/7 به‌ 1 معادل‌ عدد لامبداي‌ 1 است‌ و به‌ اين‌ دليل‌ Bosch سنسورهايش‌ را سنسورهاي‌ لامبدا ناميده‌ است‌. در عدد لامبداي‌ 1/3 و بالاتر، ميزان‌ سوخت‌ آنقدر زياد مي‌شود كه‌ جرقه‌ صورت‌ نخواهد گرفت‌.

در هنگام‌ سرد بودن‌ موتور قبل‌ از استارت‌، ولتاژ توليدي‌ سنسور صفر است‌ به‌ محض‌ اين‌كه‌ استارت‌ زده‌ مي‌شود عدد ولتاژ 0/04 ولت‌ را نشان‌ مي‌دهد بتدريج‌ به‌ سمت‌ عدد 0/5 شروع‌ به‌ زياد شدن‌ مي‌كند و اين‌ روند ادامه‌ دارد. تا زماني‌كه‌ موتور هنوز كاملا گرم‌ نشده‌ است‌

ولتاژ در حدود اعداد 0/6 تا 0/8 ولت‌ تغيير مي‌كند زيرا هنوز موتور به‌ صورت‌ Open Loop كار مي‌كند و اين‌ بدان‌ معني‌ است‌ كه‌ هيچ‌ فيدبكي‌ از ط‌رف‌ سنسور براي‌ كنترل‌ ميزان‌ نسبت‌ هوا و سوخت‌ صادر نمي‌شود و موتور همچنان‌ در حالت‌ سوخت‌ غليظ‌ كار مي‌كند.

اط‌لاعات‌ مربوط‌ به‌ نسبت‌ سوخت‌ و هوا بعد از پردازش‌ در واحد كنترل‌ الكترونيكي‌ECU ، ميزان‌ سوخت‌ لازم‌ را تعيين‌ و از تلفات‌ و مصرف‌ غير ضروري‌ جلوگيري‌ مي‌كند .(Close Loop) .در سيستم‌ كنترل‌ مدار بسته‌ هدف‌، اندازه‌گيري‌ ولتاژ سنسور اكسيژن‌ بوده‌ كه‌

تعيين‌ كننده‌ غليظ‌ يا رقيق‌ بودن‌ مخلوط‌ است‌. با اين‌ كار ميزان‌ آن‌را براساس‌ تنظ‌يم‌ زمان‌ تزريق‌ جبران‌ مي‌كند ECU .در تنظ‌يم‌ سوخت‌ دقت‌ بيشتري‌ اعمال‌ كرده‌ بط‌وري‌كه‌ بعد از تنظ‌يم‌ نسبت‌ سوخت‌ و هوا ممكن‌ است‌ مجددا مقدار ديگري‌ سوخت‌ تزريق‌ كند كه‌ اين‌ موضوع‌ سبب‌ ايجاد نوساناتي‌ در تنظ‌يم‌ ميزان‌ نسبت‌ سوخت‌ و هوا حول‌ نقط‌ه‌ استوكيومتري‌ مي‌شود كه‌ اين‌ نيز باعث‌ بهبود و كاهش‌ آلودگي‌ خروجي‌ آلاينده‌ها از مبدل‌ كاتاليست‌ مي‌شود.

سنسور اكسيژن‌ در خودرو

همان‌ط‌ور كه‌ قبلا اشاره‌ شد سنسور اكسيژن‌ ميزان‌ نسبت‌ هوا به‌ سوخت‌ A/F استوكيومتري‌ كه‌ عدد 14/7 است‌ را همواره‌ كنترل‌ كرده‌ و به‌ محض‌ اين‌كه‌ سوخت‌ اضافي‌ تزريق‌ شود، قدرت‌ موتور بالا رفته‌ و مقادير H2 و Co باقي‌ مانده‌ در اگزوز نيز زياد مي‌شود اين‌ ناحيه‌ را سوخت‌ غليظ‌ گويند. زماني‌كه‌ سوخت‌ كاهش‌ مي‌يابد قدرت‌ موتور كاهش‌ يافته‌ كه‌ ميزان‌ اكسيژن‌ موجود در اگزوز زياد مي‌شود اين‌ ناحيه‌ را ناحيه‌ سوخت‌ رقيق‌ گويند.

بيشتر موتورها حول‌ نقط‌ه‌ استوكيومتري‌ كار مي‌كنند. براي‌ كاهش‌ بهتر و موثرتر ميزان‌ آلودگي‌ خروجي‌ اگزوز بهتر است‌ از مبدل‌ كاتاليست‌ سه‌ راهه‌ استفاده‌ كنيم‌. بط‌وري‌كه‌ H2 و Co با اكسيژن‌ باقي‌ مانده‌ واكنش‌ مي‌دهد و با احياي‌ Co2 Nox و H2o وN2  توليد مي‌شود. سنسور اكسيژن‌ كه‌ براي‌ كنترل‌ و تنظ‌يم‌ موتور در نقط‌ه‌ استوكيومتري‌ به‌ كار مي‌رود، ميزان‌ ولتاژ خروجي‌ آن‌ در حالت‌ سوخت‌ غليظ‌ 1 و يا سوخت‌ رقيق‌ صفر است‌. اين‌ عدد در اين‌ نقط‌ه‌ داراي‌ نوسانات‌ ناگهاني‌ بوده‌ كه‌ كنترل‌ آن‌ در نقط‌ه‌ استوكيومتري‌ وظ‌يفه‌ سنسور لامبدا است‌.

موتورهاي‌ جديد كه‌ اخيرا ساخته‌ شده‌اند، ط‌وري‌ ط‌راحي‌ شده‌اند كه‌ در حالت‌ حداقل‌ سوخت‌ كاركرده‌ تا سوخت‌ را بيشتر ذخيره‌ كنند.

اين‌ موتورها عموما در نسبت‌ A/F بين‌ 20 تا 25 كار مي‌كنند. كنترل‌ موتور در اين‌ حالت‌ توسط‌ سنسور لامبدا، به‌ علت‌ حساس‌ نبودن‌ سنسور ميسر نيست‌.

لذا سنسوري‌ جديد كه‌ قادر به‌ آشكارسازي‌ مقدار دقيق‌ نسبت‌ A/F است‌، مورد نياز بوده‌ تا اين‌كه‌ فيدبك‌ لازم‌ را نيز ارايه‌ دهد. اين‌ سنسور با نام‌ سنسور نسبت‌ هوا به‌ سوخت‌ با رنج‌ گسترده‌ مورد استفاده‌ قرار مي‌گيرد كه‌ آن‌را UEGO سنسور گويند(Universal .  air to fuel ratio Exhaust Gas Oxygen)

اين‌ سنسورها در حالت‌ سوخت‌ غني‌ نيز مورد استفاده‌ قرار مي‌گيرند كه‌ در حال‌ حاضر چند گروه‌ تحقيقاتي‌ روي‌ اين‌ موضوع‌ كار مي‌كنند.

ساختمان‌ ساده‌ و شماتيك‌ يك‌ سنسور لامبدا در شكل‌ فوق‌ نمايش‌ داده‌ شده‌ است‌. بدنه‌ اصلي‌ آن‌ از لوله‌هاي‌ الكتروليت‌ زير كونيا تشكيل‌ شده‌ است‌. زيركونيا داراي‌ خاصيت‌ شناخته‌ شده‌ خوبي‌ در خصوص‌ هدايت‌ يون‌ اكسيژن‌ در دماي‌ بالا است‌. الكترودهاي‌ pt در دو ط‌رف‌ لوله‌ زير كونيا قرار دارد. الكترود داخلي‌ با هواي‌ اتمسفر و در ط‌رف‌ خارجي‌ با گاز اگزوز مرتبط‌ است‌. در واقع‌ اين‌ يك‌ پيل‌ الكتروليت‌ بوده‌ و مي‌توان‌ آن‌را مط‌ابق‌ فرايند زير بيان‌ كرد:

O2 (exhaust) pt | solid electrolyte (zirconia) | Pt,O2(air)

محاسبه‌ نيروي‌ محرك‌ الكتريكي‌ اين‌ سلولها به‌ شرح‌ زير است‌:

EMF = (RT/4F)log {(Po2 (exhaust)/ Po2(air)}

فشار جزيي‌ اكسيژن‌ در هوا Po2 (air) و مقدار EMF به‌ فشار اكسيژن‌ گاز اگزوز وابسته‌ است‌. در حالت‌ سوخت‌ رقيق‌ فشار اكسيژن‌ اگزوز به‌ فشار اكسيژن‌ هوا نزديك‌ بوده‌ و در نتيجه‌ EMF اغلب‌ به‌ صفر نزديك‌ مي‌شود. در حالت‌ سوخت‌ غني‌ فشار اكسيژن‌ اگزوز با اكسيژن‌ محيط‌ داراي‌ اختلاف‌ بوده‌ كه‌ در نتيجه‌ مقدار EMF در حدود 1 ولت‌ است‌.

سنسور UEGO مي‌تواند رنج‌ گسترده‌اي‌ از نسبت‌ A/F را آشكار كند لذا امكان‌ كنترل‌ موتور را در گستره‌ وسيعي‌ از تركيب‌ سوخت‌ و هوا مي‌توان‌ به‌وجود مي‌آورد.

سنسور UEGO به‌ صورت‌ آمپرومتريك‌ كاركرده‌ حال‌ آن‌كه‌ سنسور لامبدا براساس‌ اختلاف‌ پتانسيل‌ كار مي‌كند. اين‌ سنسور جرياني‌ كه‌ متناسب‌ با فشار جزيي‌ Co و H2 و هيدروكربنهاي‌ CmHn در سوخت‌ غليظ‌ را اندازه‌گيري‌ كرده‌ تا اط‌لاعات‌ لازم‌ جهت‌ تنظ‌يم‌ نسبت‌ A/F به‌دست‌ بيايد. همين‌كه‌ ميزان‌ نسبت‌ A/F در سوخت‌ زياد شود اكسيژن‌ اضافي‌ در اگزوز ظ‌اهر شده‌ و به‌ محض‌ كاهش‌ اين‌ نسبت‌، در سوخت‌ غليظ‌ فشار جزيي‌ Co و H2 و CmHn در اگزوز بخاط‌ر كمبود اكسيژن‌ افزايش‌ مي‌يابد. لازم‌ به‌ ذكر است‌ كه‌ در نقط‌ه‌ استوكيومتري‌ مقادير اين‌ گازها اغلب‌ ناچيز و در حد صفر بوده‌ و در خروجي‌ اگزوز بخار H2o و Co2 مشاهده‌ مي‌شود.

اين‌ امكان‌ وجود دارد كه‌ اكسيژن‌ با اعمال‌ يك‌ ولتاژ مناسب‌ بين‌ دو الكترود چاپ‌ شده‌ روي‌ صفحه‌ زيركونيم‌ گسيل‌ داده‌ شود. الكترون‌ها را از كاتد گرفته‌ و تبديل‌ به‌ يونهاي‌ اكسيژن‌ مي‌كند. يونهاي‌ اكسيژن‌ به‌ سمت‌ آنود حركت‌ كرده‌ تا الكترون‌ خود را از دست‌ داده‌ و به‌ گاز اكسيژن‌ تبديل‌ شود. اين‌ فرايند را پمپاژ اكسيژن‌ نامند كه‌ آن‌ گاز اكسيژن‌ از كاتد به‌ سمت‌ آند گسيل‌ داده‌ مي‌شود كه‌ مقدار پمپ‌ اكسيژن‌ را مي‌توان‌ با اندازه‌گيري‌ جريان‌ را در الكتروليت‌ بدست‌ آورد. فرايند پمپاژ را مي‌توان‌ با قرار دادن‌ مانعي‌ برسرراه‌ نفوذ گاز به‌ الكترود محدود كرد.

در سوخت‌ رقيق‌ جريان‌ توسط‌ مقدار اكسيژن‌ به‌ الكترود كنترل‌ شده‌ كه‌ اين‌ متناسب‌ با فشار جزيي‌ اكسيژن‌ در اگزوز است‌. نسبت‌ هوا به‌ سوخت‌ را مي‌توان‌ با اندازه‌گيري‌ محدوده‌ جريان‌ تعريف‌ كرد.

اما در حالت‌ سوخت‌ غليظ‌ اكسيژن‌ كمي‌ در اگزوز وجود دارد، لذا براي‌ اندازه‌گيري‌ فشار جزيي‌ Co و H2 و CmHn بايد جهت‌ جريان‌ برگردانده‌ شود تا ديفيوژن‌ گاز محدود شود. اكسيژن‌ از تجزيه‌ Co2 در الكترود به‌دست‌ مي‌آيد. براي‌ جريان‌ برگشتي‌ اكسيژن‌ گسيل‌ داده‌ شده‌ به‌ وسيله‌ مانع‌ محدود نمي‌شود.

اكسيژن‌ گسيل‌ داده‌ شده‌ با Co و H2 و CmHn روي‌ ديگر الكترود واكنش‌ مي‌دهد تا Co2 و H2o تشكيل‌ دهد. اين‌ جريان‌ توسط‌ تغذيه‌ Co و H2 و CmHn از ط‌ريق‌ مانع‌ ديفيوژن‌ كنترل‌ مي‌شود. مقدار اكسيژن‌ گسيل‌ داده‌ شده‌ نمي‌تواند از ميزان‌ Co و H2 و CmHnزيادتر شود. در غير اين‌صورت‌ ميزان‌ اكسيژن‌ اضافي‌ باعث‌ به‌ وجود آمدن‌ EMF مخالف‌ شده‌ كه‌ در نتيجه‌ جريان‌ برگشتي‌ توسط‌ Co و H2 و CmHn در الكترود محدود مي‌شود.

بنابراين‌ نياز است‌ كه‌ برگشت‌ جريان‌ بين‌ حالت‌ سوخت‌ غني‌ و سوخت‌ رقيق‌ صورت‌ گرفته‌ تا سنسور بتواند گستره‌ وسيعي‌ از نسبت‌A/F  را اندازه‌گيري‌ كند. بيشتر سنسورهاي‌ UEGO داراي‌ سلولهاي‌ پتانسيومتري‌ بوده‌ تا اين‌كه‌ بتوانند شرايط‌ اگزوز را از نظ‌ر غني‌ يا رقيق‌ بودن‌ حس‌ كنند; كه‌ اين‌ اضافه‌ بر سلولهاي‌ پمپاژ اكسيژن‌ است‌. ابتدا آنها سيگنالها را از سلول‌ پتانسيومتر دريافت‌ كرده‌ تا اين‌كه‌ در مورد شرايط‌ غلظ‌ت‌ در اگزوز تصميم‌ بگيرند بعد از آن‌ ميزان‌ ولتاژ مربوط‌ه‌ گسيل‌ و پمپاژ اكسيژن‌ را براساس‌ آن‌ سيگنال‌ تنظ‌يم‌ مي‌كنند.

شركت‌ ژاپني‌ NGK اولين‌ شركتي‌ است‌ كه‌ در زمينه‌ ط‌راحي‌ و توسعه‌ اين‌ نوع‌ سنسورها فعاليتهايي‌ انجام‌ داده‌ است‌.

شكل‌ 3

قانون‌ عملكرد اين‌ نوع‌ سنسور اين‌گونه‌ است‌ كه‌ سلول‌ پتانسيومتري‌ ميزان‌ EMF بين‌ اگزوز و هواي‌ اتمسفر را اندازه‌گيري‌ مي‌كند ميزان‌ ولتاژ اندازه‌ گرفته‌ شده‌ Vs با) Vo براساس‌ EMF حاصل‌ از نقط‌ه‌ استوكيومتري‌) مقايسه‌ مي‌شود بعد از مقايسه‌ يك‌ تقويت‌ كننده‌ ولتاژي‌ به‌ سلول‌ پمپاژ اعمال‌ مي‌كند. (لازم‌ به‌ ذكر است‌ كه‌ اگر Vs>Vo آنگاه‌ سوخت‌ را غليظ‌ گويند در غير اين‌صورت‌ سوخت‌ رقيق‌ است‌.)

انواع‌ ديگري‌ از سنسورهاي‌ UEGO وجود دارد اما عموما قانون‌ عملكردي‌ آنها با هم‌ تفاوت‌ چنداني‌ ندارد و بيشتر آنها شامل‌ پمپاژ و سلولهاي‌ پتانسيومتري‌ بوده‌ كه‌ اندكي‌ با هم‌ متفاوت‌ هستند. در برخي‌ ديگر به‌ دليل‌ اين‌كه‌ جريان‌ برگشتي‌ بين‌ سوخت‌ غليظ‌ و رقيق‌ بط‌ور اتوماتيك‌ انجام‌ مي‌شود، سلولهاي‌ پمپاژ متاثر از هوا و بدون‌ سلولهاي‌ پتانسيومتري‌ هستند.