عنوان پایان نامه :

بررسی آزمایشگاهی تاثیر بازخورانی گازهای اگزوزدردماها و درصد های بازخورانی مختلف بر آلاینده دود سیاه در موتور دیزل تزریق غیر مستقیم

نگارش:

امیر ارژنگ نیا

ارائه شده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی هوا فضا گرایش پیشرانش

استاد راهنما:
دکتر محسن قاضی خانی

بهمن 1390

تعهد نامه

اینجانب **امیر ارژنگ نیا** دوره **کارشناسی ارشد** .دانشکده **مهندسی** ، نویسنده پایان نامه : **"بررسی آزمایشگاهی تاثیر بازخورانی گازهای اگزوزدردماها ودرصد های بازخورانی مختلف بر آلاینده دود سیاه در موتور دیزل تزریق غیر مستقیم"**

تحت راهنمایی **آقای دکتر قاضی خانی** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصالت برخوردار است
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد و مقالات مستخرج با نام ((دانشگاه فردوسی مشهد)) و یا ((Ferdowsi University of Mashhad)) به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آن)استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل راز داری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد. این مطلب باید در مستندات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده وجود داشته باشد

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد راهنما:

تاریخ:

صورت جلسه دفاعیه پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد(صفحه ارزیابی)

پایان‌نامه حاضر تحت عنوان

" بررسی آزمایشگاهی تاثیر بازخورانی گازهای اگزوزدردماها و نرخ های مختلف بر آلاینده دود سیاه در موتور دیزل تزریق غیر مستقیم"

که توسط آقای **امیر ارژنگ نیا** تهیه و به هیأت داوران ارائه شده به عنوان کار پژوهشی دوره کارشناسی ارشد **ناپیوسته هوا-فضا** درگرایش **جلوبرندگی** مورد تأیید شورای تحصیلات تکمیلی گروه مکانیک دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد.

تاریخ دفاع: **15** / 11 / 90 13 نمره: درجه ارزشیابی:

نام و نام خانوادگی	سمت	امضاء
دکتر محسن قاضی خانی	استاد راهنما	

اعضاء هیأت داوران:

دکتر محمدرضا مدرس رضوی	استاد داور
دکتر محمود پسندیده فرد	استاد داور و نماینده تحصیلات تکمیلی

تاییدیه

گواهی می شود که این پایان نامه تا کنون برای احراز یک درجه علمی ارائه نشده است و نمامی مطالب آن بجز مواردی که نام مرجع آورده شده است,نتیجه کار پژوهشی دانشجو می باشد

دانشجو:امیر ارژنگ نیا امضا

تاریخ

استاد راهنما:آقای دکتر قاضی خانی امضا

تاریخ

تقدیم به

پدر ، مادر و خواهر مهربانم

که آفتاب مهرشان در آستانه قلبم

همچنان پا برجاست و هرگز

غروب نخواهد کرد

بسمه تعالی

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی دانشجویان

دانشگاه فردوسی مشهد

عنوان رساله/پایان نامه: **بررسی آزمایشگاهی تاثیر بازخورانی گازهای اگزوزدرداماها و درصد های بازخورانی مختلف بر آلاینده دود سیاه در موتور دیزل تزریق غیر مستقیم**

نام نویسنده: امیر ارژنگ نیا

نام استاد راهنما: آقای دکتر محسن قاضی خانی

دانشکده : مهندسی	گروه:مکانیک	رشته تحصیلی:هوافضا-جلوبرندگی
تاریخ تصویب: زمستان 90		تاریخ دفاع: 90/11/15
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد ● دکتری ○		تعداد صفحات:105

چکیده رساله/پایان نامه:

اکسیدهای نیتروژن (No_x) یکی از مهمترین آلاینده‌های موتور های دیزل می‌باشند و بازخورانی گازهای اگزوز (EGR) یکی از روش‌های معمول کاهش این آلاینده می‌باشد. در این تحقیق تاثیرات دما و درصد های بازخورانی اگزوز بر روی آلاینده دود سیاه در یک موتور دیزل 4 زمانه با نسبت تراکم 22/1 و از نوع تزریق غیر مستقیم مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایشات در سرعت‌های 1500-2000 و 3000 دور بر دقیقه و گشتاور های 25٪ ،50٪ و 75٪ گشتاور ماکزیمم و درصد های بازخورانی 10٪، 20%30 ٪ و دماهای مختلف گازهای بازخورانی انجام پذیرفته است.برای کاهش دمای EGR از یک مبدل حرارتی استفاده شده است. نتایج نشان داد که در سرعت‌های پایین و گشتاور کم، کاهش دمای EGR و افزایش نرخ جریان EGR باعث کاهش میزان آلاینده دود سیاه می‌شود . اما با افزایش گشتاور میزان دود سیاه افزایش می‌یابد بطوریکه افزایش درصد جریان بازخورانی در گشتاورهای بالا باعث افزایش چشمگیر میزان این آلاینده می‌شود. در سرعت‌های بالاتر از 2000rpm نیز می توان گفت که کاهش دمای EGR باعث کاهش دود سیاه می‌شود و افزایش نرخ جریان نیز تاثیر مثبتی بر کاهش این آلاینده دارد اما با افزایش گشتاور بر میزان این آلاینده افزوده می شود.در نهایت می‌توان گفت استفاده از این روش در سرعت‌های پایین با درصد های بازخورانی زیاد، کاهش دود سیاه را به همراه داشته و در سرعت‌های بالا با درصد های بازخورانی پایین،اثر مثبتی بر کاهش دود سیاه داشته است

کلید واژه:

1-بازخورانی گازهای اگزوز

2-آلاینده

3-دود سیاه

4-تزریق غیر مستقیم

5-مبدل حرارتی

امضای استاد راهنما

تاریخ

فهرست علائم

علائم لاتین

ظرفیت گرمایی ویژه هوا ..... C_{air}

ظرفیت گرمایی ویژه سوخت ..... C_{fuel}

ضریب تصحیح قدرت..... C_f

ضریب تصحیح راندمان حجمی ..... C'_f

قطر ارفیس هوای ورودی ..... D

ارتفاع آب در مانومتر ..... H

دبی جرمی هوا ..... $\dot{m}_{air}$

دبی جرمی اگزوز ..... $\dot{m}_{exh}$

دبی جرمی سوخت..... $\dot{m}_{fuel}$

دبی جرمی ورودی..... $\dot{m}_{in}$

دبی جرمی خروجی ..... $\dot{m}_{out}$

سرعت دورانی موتور ..... N

فشار اگزوز..... p_{exh}

فشار مطلق هوای محیط آزمایشگاه ..... p_m

فشار جزئی بخار آب محیط آزمایشگاه ..... $p_{v,m}$

فشار استاندارد و مطلق هوای محیط ..... $p_{s,d}$

فشار مطلق محیط ..... P_0

توان موتور ..... P

ثابت هوا ..... R

زمان مصرف 50 سانتیمتر مکعب سوخت ..... t_{fuel}

دمای محیط ..... T_0

دمای گاز باز خوران شده ..... T_{EGR}

دمای مخلوط ورودی ..... T_{mix}

دمای استاندارد محیط ..... T_s

دبی حجمی هوای ورودی ..... $\dot{V}_{air}$

علائم یونانی

چگالی هوا ..... ρ_{air}

چگالی سوخت ..... ρ_{fuel}

نسبت هم ارزی سوخت به هوا..... ϕ

علائم اختصاری

بازخورانی گازهای اگزوز ..... *EGR* (Exhaust gas recirculation) .

تزریق غیر مستقیم..... *IDI* (Indirect Injection) .....

دوده مخصوص..... Specific Soot

فهرست مطالب

فصل اول- مقدمه

مقدمه 1

فصل دوم-موتور دیزل،احتراق و آلاینده ها

2-1 مقدمه 4

2-2 موتور دیزل 4

2-3 احتراق موتور دیزل 4

2-3-1 مرحله تاخیر زمانی 5

2-3-2 احتراق سریع 6

2-3-3 احتراق کنترل شده 6

2-3-4 احتراق پس از تزریق 7

2-4 آلاینده ها 7

2-4-1 اکسید های نیتروژن 7

2-4-2 دوده 8

2-4-3 هیدروکربن های نسوخته 9

2-4-4 روش های کنترل 9

2-5 بازخورانی گازهای اگزوز 10

2-5-1 تاریخچه 11

2-5-2 مکانیزم عمل 12

2-5-2-1 اثر گرمایی 12

2-5-2-2 اثر رقیق سازی 12

2-5-2-3 اثر شیمیایی 12

2-5-2-4 اثر احتراقی 13

2-5-3 مزایای بازخورانی گازهای اگزوز 13

2-5-4 معایب بازخورانی گازهای اگزوز 13

2-5-5 گاز بازخوران شده سرد 14

2-5-6 محدوده بازدهی بالا 14

2-5-7 طرح های مختلف 15

2-5-8 روش های مختلف بازخورانی 17

فصل سوم- بررسی کارهای انجام شده

3-1 مقدمه 20
3-2 بررسی کارهای انجام شده 20

فصل چهارم- روابط و معادلات مورد استفاده در محاسبات داده های آزمایش

4-1 مقدمه 28
4-2 دبی هوای ورودی 28
4-3 دبی جرمی سوخت 29
4-4 دبی جرمی اگزوز 29
4-5 مصرف مخصوص سوخت ترمزی 29
4-6 توان خروجی از موتور 29
4-7 راندمان حجمی 30
4-8 ضرایب تصحیح قدرت و راندمان حجمی 30
4-9 محاسبه درصد گاز باز خوران شده 31
4-10 محاسبه دمای گاز باز خوران شده 31
4-11 نرخ جریان جرمی دوده 32
4-12 دوده مخصوص 33

فصل پنجم - بستر و روش آزمون

5-1 مقدمه 36
5-2 موتور و تجهیزات وابسته 38
5-2-1 موتور 38
5-2-2 مخزن ذخیره انرژی مورد استفاده دراستارتر 39
5-2-3 سیستم خنک کننده 40
5-2-4 سیستم بازخورانی سرد 40
5-2-5 آبرسانی به سیستم خنک کننده و دینامومتر 42
5-3 وسایل اندازه گیری 43
5-3-1 دینامومتر 43
5-3-2 دور سنج 44
5-3-3 دبی سنج هوا 45
5-3-4 دبی سنج سوخت 46

5-3-5 سیستم کامپیوتری اندازه گیری دما 47
6-3-5 اندازه گیری شرایط محیطی 48
7-3-5 دستگاه دودسنج 50
4-5 آماده سازی بستر آزمون 51
1-4-5 کالیبریزاسیون 52
5-5 روش انجام آزمایشات 52
1-5-5 آزمایش عملکرد موتور 52
2-5-5 آزمایشات باز خورانی اگزوز 55

فصل ششم - نتایج و بحث

1-6 مقدمه 58
2-6 نمایش و تحلیل نتایج مربوط به سرعت 1500 58
1-2-6 نتایج برای 25 درصد ماکزیمم بار 58
2-2-6 نتایج برای 50 درصد ماکزیمم بار 62
3-2-6 نتایج برای 75 درصد ماکزیمم بار 64
3-6 نمایش و تحلیل نتایج مربوط به سرعت 2000 70
1-3-6 نتایج برای 25 درصد ماکزیمم بار 70
2-3-6 نتایج برای 50 درصد ماکزیمم بار 73
3-3-6 نتایج برای 75 درصد ماکزیمم بار 76
4-6 نمایش و تحلیل نتایج مربوط به سرعت 3000 81
1-4-6 نتایج برای 25 درصد ماکزیمم بار 81
2-4-6 نتایج برای 50 درصد ماکزیمم بار 83
3-4-6 نتایج برای 75 درصد ماکزیمم بار 86
6-6 خلاصه نتایج 90
7-6 مقایسه نتایج با کارهای انجام شده 91
8-6 زمینه های پژوهشی آینده 91

مراجع 93

پیوست ها

پیوست 1 : جداول داده های آزمایش 97

فصل اول

مقدمه

مقدمه

یکی از ابزارهای مورد توجه برای تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی مکانیکی ،موتورهای احتراق داخلی می باشد. دراین بین موتورهای دیزل به خاطر خصوصیاتی ویژه مثل راندمان حرارتی بالا نسبت به سایر انواع موتور، بیشتر مورد توجه هستند. در دهه های اولیه ابداع این نوع موتور تمرکز اصلی روی افزایش توان و کاهش وزن و حجم موتور بوده است. اما در دهه های اخیر با مورد توجه قرار گرفتن مسائل زیست محیطی و در اولویت قرار گرفتن سلامت انسان و محیط زندگی اش اکثر تلاش ها علاوه بر موارد فوق به جهت کاهش آلودگی در این موتور و سایر انواع موتور های احتراق داخلی متمایل شده است. تا جائیکه در حال حاضر به ندرت کار تحقیقاتی را می توان مشاهده کرد که راههای کاهش یکی از آلودگی های موجود در موتور های احتراق داخلی را بررسی نکرده باشد.

بیشترین آلودگی ها در اگزوز موتورهای احتراق داخلی مربوط به اکسیدهای نیتروژن[1]، مونواکسید کربن[2]،دود سیاه[3]، هیدروکربن های نسوخته[4] و ذرات معلق[5] است. در موتور های دیزل بیشترین حجم آلودگی مربوط به دود سیاه و ذرات معلق است.[43]

روش های زیادی برای کاهش آلودگی ها در موتورهای احتراق داخلی پیشنهاد شده است. بعضی از محققین بر روش هایی مانند استفاده از سوخت گیاهی برای کاهش تمامی آلاینده ها تاکید دارند.[7] بعضی دیگر با تزریق هیدروژن در سوخت، کاهش مقدار دود سیاه و ذرات معلق و هیدروکربن های نسوخته را در موتورهای دیزل بررسی نموده اند[15]،[16]. عده ای با استفاده از بازخورانی گاز اگزوز[6] یا تزریق آب به داخل سیلندر مقدار اکسیدهای نیتروژن را کم می کنند[20]،[39] . مشاهده شده است که اکثر روش هایی برای کاهش یکی از آلاینده ها به کار می رود موجب افزایش در آلاینده دیگری می شود و یا حداقل موجب کاهش کارایی و افت عملکرد موتور در بعضی شرایط کاری موتور می شود. عده دیگر با مهم تر دانستن کارایی موتور و فرض اینکه تولید آلاینده ها در موتورهای احتراق داخلی اجتناب ناپذیر است، استفاده از وسائل اضافی مانند مبدل های کاتالیستی (برای جلو گیری از ورود آلاینده ها به اتمسفر) را پیشنهاد می کنند.

[1] NO_x
[2] CO
[3] Soot
[4] Unburned Hydrocarbon(UHC)
[5] Particle mater(PM)
[6] Exhaust Gas Reciculation (EGR)

در این پژوهش هدف بررسی اثر دما و درصد های مختلف گاز باز خورانی شده روی آلاینده دود سیاه در موتور دیزل تزریق غیر مستقیم[1] است. به این جهت یک سیستم بازخورانی گاز اگزوز سرد[2] طراحی، ساخته و بر روی موتور نصب شده است. این سیستم دارای یک مسیر بای پس و یک مسیر همراه با میان سرد کن است که گام های دمایی مورد نظر را در گاز بازخوران شده ایجاد می کند.بدین ترتیب آزمایشات در سرعت‌های 1500-2000 و 3000 دور بر دقیقه و گشتاور های 25٪ ،50٪ و 75٪ گشتاور ماکزیمم و درصد های بازخورانی 10٪، 20%30 ٪ و دماهای مختلف گازهای بازخورانی انجام پذیرفته است و میزان دود سیاه در هر مرحله، با استفاده از دستگاه دود سنج و انجام محاسباتی که در فصل های بعد معرفی خواهند شد، به دست می آید.

به این ترتیب فصل های این پایان نامه به شرح زیر است.

فصل دوم به معرفی اجمالی موتور دیزل و نحوه احتراق در این موتور ها و معرفی آلاینده های موتور دیزل و روش های کاهش دادن آن ها می پردازد.

فصل سوم مربوط به کارهای تحقیقاتی انجام شده مرتبط با موضوع پایان نامه است .

فصل چهارم مربوط به تئوری محاسبات و روابط مورد نیاز برای محاسبه میزان آلاینده دود سیاه در موتور است. در این فصل ابتدا روابطی برای محاسبه دبی هوای ورودی، دبی سوخت مصرفی ، نرخ جریان حجمی اگزوز،توان ترمزی و ضرائب تصحیح ارایه می شود و در نهایت با ترکیب کردن این معادلات به محاسبه میزان آلاینده دود سیاه می پردازیم.

فصل پنجم مربوط به معرفی بسترآزمون است . در این فصل ابتدا تجهیزات اندازه گیری را معرفی شده است سپس نحوه کار بعضی از تجهیزات را توضیح داده شده است . در ادامه سیستم بازخورانی گاز اگزوز سرد طراحی شده را معرفی شده و در نهایت روش انجام آزمون شرح داده شده است.

فصل ششم مربوط به بررسی نتایج و تحلیل آنها است. در این فصل نتایج را در سه سرعت 1500 و2000 و3000 دور بر دقیقه دسته بندی کرده و درگشتاورهای مختلف با هم مقایسه می کنیم.. در انتها نیز یک نتیجه گیری کلی از کار انجام شده ارائه می کنیم و کارهای تحقیقاتی را که در آینده در ادامه این کار می توان انجام داد ،پیشنهاد داده شده است.

[1] Indirect injection
[2] Cooled EGR

فصل دوم

موتور دیزل، احتراق و آلاینده‌های آن

2-1مقدمه

در این فصل ابتدا به معرفی موتور دیزل و نحوه احتراق در این موتورها می پردازیم سپس آلاینده های موتور های دیزل را معرفی نموده وپس از آن روش بازخورانی گازهای اگزوز را معرفی می کنیم و انواع آن و مزایا و معایب این روش را مورد بررسی قرار می دهیم

2-2 موتور دیزل

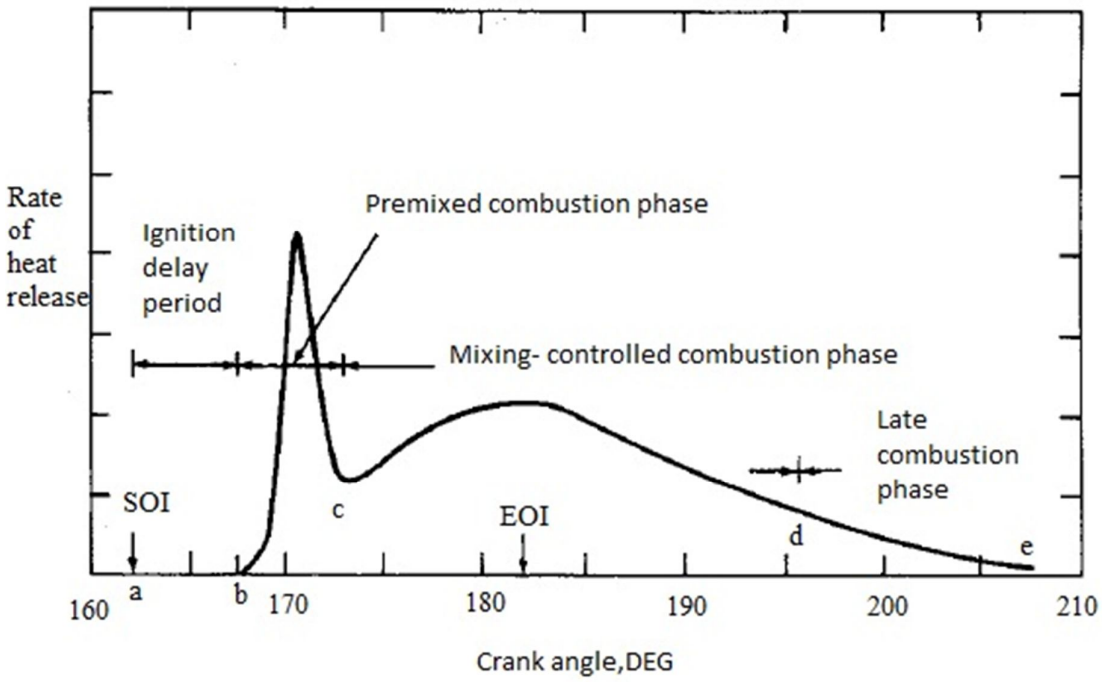
کلمه دیزل نام یک مخترع آلمانی به نام دکتر رودولف دیزل است که در سال 1892 موتور احتراق داخلی با احتراق اشتعال تراکمی را به ثبت رساند، به احترام این مخترع اینگونه موتورها را موتورهای دیزل می‌نامند. وی حق امتیاز موتور طراحی شده‌ای را به ثبت رساند که در آن اشتعال ماده سوختنی ، بلافاصله بعد از تزریق سوخت به داخل سیلندر انجام می‌گرفت. این اشتعال عامل حرارت زیادی بود که در اثر تراکم زیاد هوا بوجود می‌آمد.به این گونه موتور ها،موتورهای اشتعال تراکمی [1](CI) گویند.[44]

در این موتورها،تنها هوا به درون محفظه سیلندر مکش می شود.سوخت درست قبل از شروع احتراق به درون محفظه پاشیده می شود.قدرت موتور با میزان سوخت پاشیده شده کنترل می شود ومعمولا حجم هوای ورودی به سیلندر در سرعت های مشخص یکسان است.موتورهای دیزل بر حسب نحوه ورود هوا به سیلندر به 2 دسته تنفس طبیعی و پرخوران تقسیم می شوند و از لحاظ عملکرد به 2 دسته چهارزمانه و 2 زمانه و از نظر تزریق سوخت به 2 دسته تزریق مستقیم[2](DI) و تزریق غیر مستقیم [3] (IDI)دسته بندی می شوند.موتور استفاده در این تحقیق،یک موتور چهار زمانه تنفس طبیعی می باشد.4 مرحله اصلی یک موتور چهار زمانه عبارتند از: مکش،تراکم،احتراق(قدرت) و تخلیه

2-3 احتراق در موتور دیزل

به طور کلی، احتراق موتور دیزل به چهار مرحله تقسیم می شود :مرحله تاخیر در احتراق، مرحله احتراق سریع، مرحله احتراق کنترل شده و مرحله احتراق نهایی که در ادامه، این مراحل به تشریح آورده شده اند.شکل (2-1) این مراحل را نشان می دهد[44]

[1] Compression ignition
[2] Direct injection
[3] Indirect injection



شکل(2-1) مراحل احتراق در موتور دیزل بر حسب زاویه میل لنگ

2-3-1 مرحله تاخیر در احتراق[1]

اولین ذرات سوخت وارده به اتاق احتراق می بایست تبخیر و تا درجه حرارت خود اشتعالی گرم شوند.همچنین مولکول های سنگین سوخت شکسته شوند تا در نهایت آماده سوختن با اکسیژن گردند.مجموع زمان های لازم برای تحولات مزبور، تاخیر در احتراق نام دارد و به عبارت ساده، به فاصله بین آغاز تزریق سوخت و آغاز احتراق اتلاق می شود.

تاخیر در احتراق ، به درجه حرارت و فشار موجود در محفظه احتراق وابسته است .فشارهای بالا و درجه حرارت های بالاتر، تاخیر در احتراق را کوتاه می کنند .تاخیر در احتراق همچنین به ساختمان شیمیایی سوخت مصرفی نیز بستگی دارد .تغییر مقدار سوخت پاشیده شده در حین مرحله تاخیر در احتراق معمولا تاثیر مستقیمی بر روی زمان تاخیر ندارد .در مرز بین سوخت پاشیده شده و هوای درون سیلندر، نسبت های سوخت به هوای متفاوتی وجود دارد .همواره چندین نقطه موجود است، که نسبت سوخت به هوا دراین نقاط، مقدار لازم برای حداقل زمان تاخیر می باشد .لذا احتراق در این نقاط شروع

[1] Ignition delay period