

Inblick i ett insprutningssystem.

Förord.

Först och främst så vill jag deklarerar att jag inte på något sätt garanterar 100% korrekthet i detta dokument (Dock så är min intention att allt skall vara korrekt förstås).

Jag ser mig själv som en glad amatör inom motortrimning! Dock så innehåller inte detta dokument någon gällande trimning utan fokuseringen ligger på att försöka förklara hur ett insprutningssystem kan spruta in rätt mängd bränsle vid rätt tidpunkt och hur insprutningssystemet tolkar alla signaler från givare!

All samlad data är gjorda av mig själv där inget annat anges. Dokumentet bygger till största delen på mina upptäckter genom turbokonvertering av min BMW E30 325 strokad till 2.7l (M20B25).

Jag tar gärna emot synpunkter på felaktigheter, förbättringar förslag etc.

Karl-Henrik Söderqvist, en snöig julhelg 2009.

En motors uppbyggnad.

År 1876 patenterade Nicolaus August Otto den bensindrivna fyrtaktsmotorn tillsammans med Goolieb Daimler och Willhelm Maybach. Patentet var dock diskuterbart då en fransman vid namn Alphonse Beau de Rochas redan hade lagt fram idén i ett patent redan 1862.

Hur som helst så kallas idag den moderna förbränningsmotorn med fyra takter och har bensin som drivmedel för Otto-motorn.

Bränslesystemet.

I en modern 4-taktsmotor så innehåller bränslesystemet en mängd olika detaljer.

Bränsletank som innehåller bränslet.

Bränslepump som ser till att pumpa fram bränslet till motorn.

Bränslefilter som ser till att bränslet inte innehåller partiklar som kan sätta igen bränslesystemet.

Bränsletrycksregulator för att hålla ett konstant bränsletryck.

Insprutningsventiler (Även kallad spridare) som ser till att ge korrekt mängd bränsle vid en viss given tidpunkt.

Jag kommer senare att gå igenom både bränsletrycksregulator och insprutningsventilerna detaljerat senare i detta dokument. Men först lite allmän förklaring kring arbetsmomentet av en 4-taktsmotor.

Insugstakt.

Det första som sker i en 4-taktsmotor är insugstakten. Rent mekaniskt så öppnas en insugsventil när kolven står toppläget, och hålls öppen under hela tiden kolven rör sig nedåt, Vad som händer då är att luft/bränsleblandningen sugas in i cylindern.

Kompressionstakt.

När kolven har kommit till nedersta läget stängs insugsventilen, kolven kommer nu att börja röra sig uppåt igen. Under kompressionen kommer bränsleblandningen att upphettas. Detta beskrivs enklast genom en termodynamisk händelse. När en gas komprimeras ökar temperaturen. En gammal jämförelse är när man pumpar sina däck till cykeln så blir cykelpumpen varm.

En del av rörelseenergin omvandlas till värmeenergi. Samma sak gäller i en kolvmotor. Ju högre kompression en kolvmotor har desto större verkningsgrad (Instoppad energi(bensin) jämfört med uttaget energi i form av en roterande vevaxel).

Jag ska inte gå in på närmare beskrivning av detta men för den som vill läsa mer finns en hel uppsjö olika böcker i ämnet!

Expansionstakt.

När luftbränsleblandningen har komprimerats antänds den med tändstiftet. Vi undviker att använda ordet explosion utan använder oss av ordet expansion! Tändstiftet kommer att tända luftbränsleblandningen redan innan kolven har nått toppläget. Anledningen till detta är att vi vill få den absolut maximala expansionen direkt efter vi har nått toppläget i cylindern, detta för att vi skall få ut mest effekt ur motorn.

Hur tidigt man skall antända luftbränsleblandningen beror på motorns varvtal och bränsleblandningens innehåll. Man pratar ofta om laminär brinnhastighet med andra ord, brinnhastigheten/expansionen är ökar linjärt. Vid vilken tidpunkt som man ska antända luftbränsleblandningen kallas tändvinkel eller förtändning osv.

Det som menas är att man skall få luftbränsleblandningen att antändas innan kolven har kommit upp i toppläget (också även kallad TDC *eng*; top dead centre eller på svenska ÖD som betyder Övre Dödpunkt).

Evakueringstakt.

När kolven har trycks ned av expansionen av luftbränsleblandningen så har vi nu bara förbrända avgaser kvar. Dessa måste evakueras för att kunna börja om från början. Rent enkelt så kommer nu avgasventilen att öppnas och kolven vänder i BDC (Bottom dead centre). När kolven går uppåt i cylindern kommer avgaserna att tryckas ut genom avgasventilen.

Sorgligt nog så har vi nu kastat bort i bästa fall 60% av den totala energin som producerats. Resterande 30% av omvandlats till rörelseenergi till vevaxeln.

Hårdvara

I ett modernt insprutningssystem så finns det väldigt många sofistikerade hårdvaror som skall samspela och fungera för att få en korrekt förbränning. Med hårdvara syftas alla detaljer som man på något sätt kopplar en sladd till för att förklara det enkelt! ☺

Styrenheten.

Detta är hjärtat (och hjärnan för delen) i hela insprutningssystemet. Motorstyrbox, insprutningsbox, motorstyrdon, EDC, EMS. Kärt barn har många namn. Jag kallar den dock för motorstyrdon. Det finns många olika tillverkare och system för olika ändamål.

För hemmatrimmare finns idag många system, för att nämna några, Megasquirt, VEMS, Vipec, Autronic, Link, Haltech, Nira, MoTeC, DTAfast, AEM, Emerald, MBE, KMS och Wells.

Dessa som är nämnda är vad som kallas för eftermarknadssprut, perfekt för garagetrimmaren och den lite mer seriösa racerföraren som vill ha mer skjuts i grejerna!

Det finns även en uppsjö med kommersiella lösningar som fordonstillverkare använder sig av. Vad som är utmärkande för dessa är förstås låga priser och stora volymer. De största tillverkarna är förstås Bosch, Denso och Siemens. Alla dessa system tillåter inte slutanvändaren att ändra de olika parametrar som krävs vid en större ombyggnation/trimmning av motorn.

Det finns dock firmor som går in och ändrar dessa värden direkt i originalstyrdonet, för att nämna lite kort hur detta går till så ansluts ett kablage till ODB2 kontaktstycket. Sedan tankas mjukvaran ut ur motorstyrdonet, därefter går man in med en HEX editor, letar reda på de mappar som man vill ändra.

Därefter laddas programvaran tillbaka igen i motorstyrdonet. Igentligen så är detta ingen svårt match, men absolut krångligare! Något som vissa av dessa motoroptimerare brukar gå bet på är Checksumkontrollen.

Varför en checksumkontroll? Så här ligger det till. I ett moderns styrsystem idag sparas mycket data på ett EEPROM. Till exempel så liggebland annat bränsle och tändningsmappen sparad på EEPROM minnet. Det ligger även en mängd annan data sparad där. Vad man då som mjukvaruutvecklare lägger till är en checksum funktion. Vid läsning och skrivning till EEPROM minnet så kontrollerar man så att datan stämmer överens med den skrivna. Detta för att säkerställa så att inget data har blivit förlorat eller förvrängt.

I mitt yrke använder jag mig av checksumkontroller när jag skriver till EEPROM minnet, dels för att jag skall vara säker på att den data jag läser och skriver stämmer nästa gång jag behöver använda det. Faktum är att ett EEPROM har en begränsad mängd skriv och läsningsscykler. Ungefär en halv miljon om jag inte missminner mig. Därför skriver och läser man endast till EEPROM minnet vid tillslag resp. avslag av motorstyrenheten.

Många av dessa styrenheter har oftast konstantmatning, en så kallad styrström som ligger aktiverad hela tiden, och sedan en tillslagsström som aktiverar styrenheten, när tillslagsströmmen blir inaktiverad kommer funktionen för skrivning till EEPROM att aktiveras, när denna är klar går styrenheten ner i "sleep-mode". Men modern styrenhet drar nu mindre än 10mA under denna fas. Vad som hålls igång nu är endast en ev. realtidsklocka.

När sedan tillslagströmmen aktiveras (tex tändningsnycklen) kommer systemet att anropa vad som kallas för en "First time run cycle" Här görs en hel del olika grejer, först och främst så görs en Boot-up av firmwares (operativsystemet). Firmwares laddar in själva huvudprogrammet som är skrivet för styrenhetens uppgift till exempel att reglera motorns insprutningstider.

Oftast så är det här man kan programmera om själva huvudprogrammet, till exempel så skickar man ut ett meddelande på bussen som firmwaren svarar på. Om korrekt meddelande skickas ut så kan styrenheten istället för att ladda in huvudprogrammet istället ställa sig i "download mode" för att ladda in ett nytt huvudprogram istället.

När väl huvudprogrammet är inladdat kommer en ny "first time run cycle" att göras, detta görs då i huvudprogrammet, där man till exempel har lagt in att läsa från EEPROM minnet, och då läsa in tänding och bränslemappar.

Detta är som sagt helt olika beroende på styrsystem, programmerare, företag, modell etc. Men i varje fall en generalisering av hur det fungerar!

Analoga ingångar

En styrenhet har oftast ett gäng analoga ingångar. Till dessa kopplas givare som ger en utsignal. Oftast en spänning(Volt)eller en ström (Ampere) med även frekvens (Hz). Styrenheten omvandlar dessa värden till digitala värden. Det finns olika typer av analoga ingångar beroende på styrenhet. Men för att återigen generalisera så används ofast en 10-bitars upplösning. Vilket ger oss ett värde på max 1024 i själva mjukvaran.

Beroende på hur man konfigurerar ingångarna i programvaran så får kommer värdet representera olika mätvärden. Väljer man volt mätning så är det oftast (också beroende på styrenhet) 0-10 volt som är själva mätområdet, så vid 5 volt så får vi ett datavärde på 512. Mäter man strömmen så ligger denna ofast mellan 0-20mA, också beroende på vilken typ av styrenhet och hur hårdvaran är designad.

Digitala ingångar

Digitala ingångar är oftast till/från signal från till exempel en tryckvakt, knapp eller liknande. Man kan detektera en inspänning eller om ingången har blivit jordad. Generellt så anges ett tillslag (En Etta) som en faktor på 0.7 x inspänningen till styrenheten och frånslag (Nolla) 0.4 x inspänningen.

Tittar vi på en bil med 12V så kommer styrenheten att detektera en etta vid 8,4V eller mer, och nolla erhålls om spänningen kommer under 4,8V.

PWM utgångar.

PWM står för Pulse Width Modulation och enkelt förklarat så är det ett sätt att reglera spänningen ut från en styrenhet. Om vi har återgår till bil exemplet med ett 12V system och vi önskar få ut 6Volt istället för 12V så använder vi oss av en PWM utgång, sätter denna till 50% och så får vi ut 6 volt på utgången.

Om vi nu skulle koppla in ett oscilloskop så kommer vi att märka att vi skickar ut 12V ut på utgången och sedan 0 volt under väldigt högt tempo. Vi pratar alltså om många till och frånslag av utgången under väldigt korta tider. Man kan även modifiera hur många gånger till och frånslagen skall komma och hur ofta dom skall vara till respektive från. För att inte gå in för djup på detta så används PWM signaler oftast för att reglera insprutningsventiler (Peak & hold) och till exempel motorn till ett elektrisk gasspjäll.

Digitala utgångar.

För att tända en lampa, starta en fläkt eller driva motorn till elhissen så används en digital utgång. Dessa utgångar klarar av att driva en relativt moderat last (upp till 4A) dock beroende på styrenhet!

I en del styrenheter så finns det även en ADC konverterare (Analog Digital Converter) på utgångarna också. Detta är för att kunna mäta utgående strömstyrka. Detta är väldigt bra om man vill detektera kabelbrott till en lampa eller liknande.

Några exempel på detta är elhissen i bilen. Om ni har en någorlunda modern bil med elhiss och försöker hissa upp rutan när ni har handen i mellan så kommer elhissen att stanna up en kort sekund och därefter hissa ner rutan en bit. Detta beror på att styrenheten som reglerar elhissarna känner av att elhissens motor drar mer ström än inställt tröskelvärde, och därefter skickar ner rutan igen.

Varningen för trasiga lampor (bland annat kallad glödtrådsvakt av vissa fordonstillverkare). Fungerar på ungefär samma sätt. Vid tillslag av belysningen så kontrollerar styrenheten hela tiden strömmen som lampan drar, om denna kommer under inställt tröskelvärde kommer en varning att visas i till exempel instrumentpanelen i fordonet. Här kan även styrsystemet tända en alternativ lampa för att kompensera för den trasiga lampan. (BMW tänder till exempel upp ena blinkerslampan om halvljuset går sönder).

Alla dom som konverterar till Xenon eller monterar in diodlysen får detta problem. En mycket mer sofistikerad lösning istället för att sätta ett effektmotstånd till Jord vore att ladda ner mjukvaran för den styrenhet som sköter belysningen och ändra tröskelvärdet istället!

Insprutningsventiler (Spridare).

Spridarens uppgift är att se till så att motorn får korrekt mängd bränsle vid korrekt tidpunkt. Spridaren är egentligen en väldigt sofistikerad ventil som levererar en finfördelad dimma av bränsle när den får spänning.

Det finns många olika tillverkare av spridare för att nämna de största, Bosch, Denso och Siemens. Beroende på bilmärke så sitter det olika spridare, Asiatiska bilar brukar i regel ha spridare tillverkade av Denso (Av förklariga skäl. Denso är ett asiatisk företag). Europeiska bilar har oftast Bosch eller Siemens.

Självklart så finns det en uppsjö olika tillverkare av spridare dom fungerar oftast på samma sätt. Vad som är viktigt är ändå att ha ett datablad på just dom spridarna som du skall använda då det finns några aspekter som vi måste tänka på! Vad som vi först måste veta är om spridarna är höghögiga eller låghögiga. Vad som skiljer sig mellan dessa två olika sorter är hur mycket ström dom kräver för att öppnas!

En Höghögig spridare kräver mindre ström (ju högre resistans desto mindre ström tillåts att gå igenom kretsen) vilket i sin tur ger lägre tillverkningskostnad av motorstyrenheten då den inte behöver ha dyrbara drivsteg inbyggda för att klara av och öppna spridarna. Nackdelen är en långsam öppningstid.

En lågohmig spridare kräver en hög ström för att kunna öppnas, vilket kräver drivsteg i motorstyrenheten. Nu kanske frågan kommer varför är en högohmig spridare per automatik långsamare än en lågohmig? Ja det bygger faktiskt på en väldigt välkänd fysikalisk grundregel. $P = E/t$

Där P = effekten, E = energin (arbetet) och t =tiden. Ju mer Effekt som vi tillsätter desto snabbare går det att öppna spridaren (en mekanisk rörelse).

Vad mer som vi måste veta om spridaren är Öppningstiden, hur lång tid tar det för spridaren att öppna tills den är helt öppen.

Därefter måste vi veta hur lång tid det tar för spridaren att stänga.

Vi måste även veta spridarens arbetstryck respektive flödet vid det aktuella trycket.

Högohmigsspridare.

En högohmig spridare ligger resistansen på mellan 18 till 20 ohm. Vilket vi kan räkna ut med ohms lag ($U = I * R$) så för att kunna öppna en högohmig spridare så krävs det en ström (I) på cirka 0,6 till 0,7A.

Rent generellt så kan man säga för att aktivera en högohmig spridare så är det bara att lägga på spänningen direkt!

Lågohmsspridare.

Med en lågohmig spridare så är det lite annorlunda! För att öppna spridaren så behövs det en hög ström, vilket ger en snabb respons på själva mekaniken (spolen som öppnar spridaren). När denna väl är öppen så måste strömmen sänkas, annars så finns risken att spolen blir för varm! (lackeringen som ser till att isolera kopparlinningen smälter och vi har en kortslutning som följd).

Själva funktionen för detta kallas för Peak & Hold!

Peak & Hold.

Nu hoppas jag att ni förstår skillnaden mellan högohmiga resp. lågohmiga spridare! Nu ska vi kolla lite på hur man rent praktiskt kan använda funktionen Peak & Hold. Jag har min mjukvara en funktion som utför detta, jag har dock inte använt den i praktiken då jag har högohmiga spridare.

Här kan man använda en PWM utgång, eller om styrenheten klarar av s.k "Current-Control" vilket är en funktion som tillåter programmeraren att ställa exakt strömstyrka på utgången. Jag använder en PWM utgång för detta.

Först så skickar vi ut en PWM signal på 100% vilket ger oss maximal ström initialt, för att därefter sänka PWM signalen så att spridaren hålls öppen. Fördelen är förstås att öppningstiden blir minimal, och att stänga spridaren går väldigt snabbt. Detta ger oss en väldigt exakt insprutning av bränslet.

Tiderna är väldigt olika för olika spridare och tillverkare. Därför bör funktionen i programmet ha två olika tidvariabler för detta: Peak tid och hold tid.

Rotationsgivare.

Vevaxelgivare.

Kamaxelgivare

HALL effekten.

Trycksensorer (MAP sensor).

0-5V givare.

4-20mA givare.

Temperatursensorer.

PT100-500-1000 givare.

Övriga tempgivare.

Steinhart & Hart Ekvationen

Mjukvara

Givarsignaler.

Luftmassaberäkning

Bränslemassaberäkning

Vevaxelpositionsindikering

Tändning

Kalibrering

Bränslemap

Tändningsmap

Intepolering av mappar.

Källhänvisning.