

III Sensoren en actuatoren

Alle elektronische systemen hebben gemeen, dat ze volgens het IVO-principe voor gegevensverwerking werken.



Bij de **input** gaat het voornamelijk om sensoren, die ook als signaalgever, voeler of opnemer aangeduid worden.

De **verwerking** van de elektrische signalen gebeurt in een centrale microcomputer (regeleenheid) die door middel van geprogrammeerde mathematische formules en kenvelden de beslissingen neemt en de actuatoren aanstuurt.

Aan de **output**-zijde bevinden zich de actuatoren (bedienbare componenten), die de commando's van de regeleenheid omzetten.

Sensoren en actuatoren kunnen, afhankelijk van hun functie analoog, binair of digitaal werken.

1. Sensoren

Sensoren worden voornamelijk in de volgende bereiken ingezet:

- Veiligheid (b.v. ESP, ABS en airbag)
- Aandrijving (b.v. lambda-sonde, nokkenaspositiesensor en klopsensor)
- Comfort (b.v. regensensor, airconditioningsensor en afstandbediening voor de deurvergrendeling)

Sensoren worden afhankelijk van hun functioneren bij het omvormen van niet-elektrische in elektrische signalen onderscheiden in **actieve** en **passieve** sensoren. Het onderscheid wanneer een sensor "actief" of "passief" is, is ook onder vakmensen niet eenduidig gedefinieerd.

Hierna wordt daarom een algemene verklaring gegeven, zonder de intentie te hebben volledig te zijn.

- Actieve sensoren zijn voelers, die intern versterkende of signaalvormende bouwelementen bevatten en met een spanningsverzorging functioneren. Het sensorsignaal is rechthoekig, en wordt gevormd door in de sensor geïntegreerde elektronica.
- Passieve sensoren zijn sensoren die alleen passieve elementen (spoel, weerstand, condensator) bevatten. De signalen worden in de meeste gevallen als analoge spanning uitgegeven.

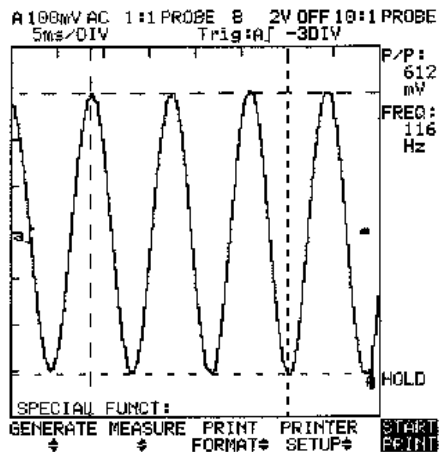
Toerentalsensoren bij ABS kunnen daarom "actief" of "passief" zijn. Toerentalsensoren zonder permanente spanningsverzorging ("passieve" spoel) worden "passief" genoemd. Toerentalsensoren welke hun "actieve" elektronisch gedeelte permanent aan spanningsvoorziening hebben liggen (voor b.v. het werkingsprincipe van het Hall-effect) worden als "actief" aangeduid.

De elektronica in voertuigen kan alleen functioneren, als de sensoren – de elektronische zintuigen van de microcomputer – fysische grootheden zoals temperaturen, toerentallen, hoekverdraaiingen, drukken etc. in elektrische signalen omzetten en aan de regeleenheid verder melden. Omdat de sensoren afhankelijk van de plaats waar ze binnen het voertuig worden ingezet vaak aan extreme omstandigheden worden blootgesteld, hangt van hun betrouwbaarheid het succes van de motor-elektronica af.

Enkele belangrijke sensoren voor de aansturing en regeling van de motor zullen hierna nader worden besproken.

1.1. Inductieve-sensor

Voor het registreren van bewegingen (wielomwentelingen, krukassomwentelingen, etc.) en posities (BDP) gebruikt men bijvoorbeeld volgens het inductieprincipe werkende sensoren (of inductiegevers). Het fysische principe voor de opwekking van een inductiespanning berust op de tijdelijke verandering van de magneetstroom. De toerentalgever bijvoorbeeld, tast de tanden van de tandkrans van het vliegwiel af en levert per tand een uitgangsimpuls.



Scopemeter 97



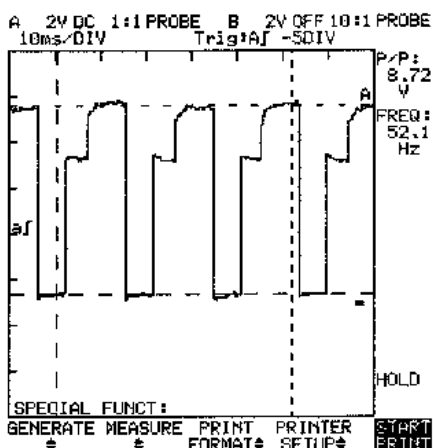
De bovenstaande figuur toont het signaalverloop van een ABS-sensor bij laag toerental.

1.2. Hall-sensor

Ook met de Hall-sensor kunnen toerentallen (snelheidsensor, frequentiegever voor de afgelegde afstand) en posities (ontstekingstijdstip) geregistreerd worden.

In de Hall-sonde, die doorstroomt wordt met een stuurstroom, wordt een tot de magnetische stroom B proportionele spanning U_H (Hallspanning) opgewekt. Door een roterende afschermplaat laat het magneetveld zich fase-gelijk tot het toerental veranderen en daarmee een tot de magnetische stroom B proportioneel spannings signaal opwekken.

De aan de Hallgenerator afgenomen spanning U_H ligt in millivoltbereik en moet met behulp van een Hall-ics versterkt en in een rechthoekig spannings signaal (binair signaal) omgezet worden.



Scopemeter 97



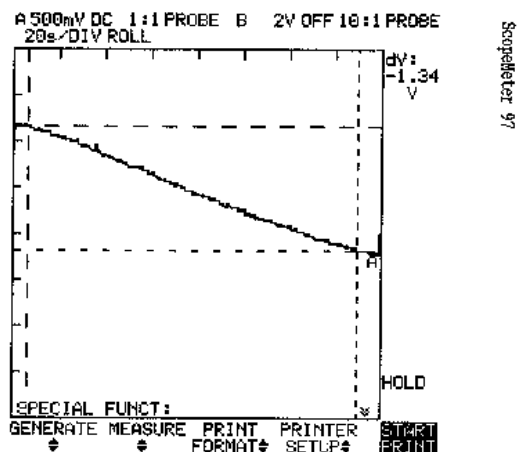
De bovenstaande figuur toont het signaalverloop van een Hall-gever in de verdeler bij stationair toerental.

1.3. Temperatuur-sensor

Temperatuurmetingen aan de motor en in de stroom van de aangezogen lucht leveren de elektronische regeleenheid belangrijke gegevens over de belastingfase waarin de motor zich op het moment bevindt. De temperatuur-sensoren meten elektronisch d.m.v. zogenaamde NTC-weerstanden resp. PTC-weerstanden de temperatuur via weerstandsveranderingen. Er worden hoofdzakelijk NTC-weerstanden gebruikt.

NTC betekent **N**egatieve **T**emperatuur **C**oëfficiënt: de halfgeleiderweerstand vermindert zijn waarde bij stijgende temperatuur. PTC betekent analoge **P**ositieve **T**emperatuur **C**oëfficiënt: de weerstand vermindert zijn waarde bij dalende temperaturen.

De bij elke temperatuurwaarde behorende weerstandswaarde wordt in de vorm van een spanningssignaal, aan de regeleenheid verder gegeven.

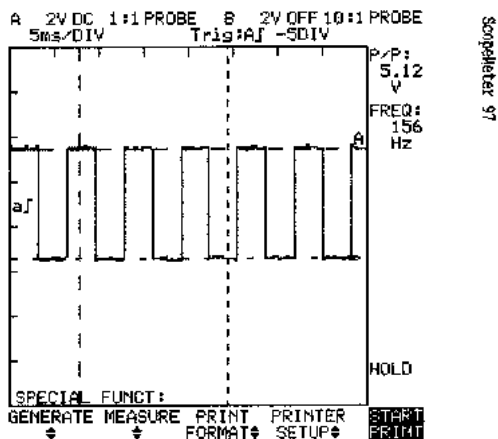


De bovenstaande figuur toont het spanningsverloop van een koelmiddeltemperatuur-sensor, direct na de koudstart in de opwarmfase met een verhoogd motortoerental van 2.000 1/min.

1.4. Druk-sensor

Voor de meting van absolute resp. relatieve drukken gebruikt men piëzo-elektrische sensoren. Zij wekken een elektrische spanning op bij belasting door drukkrachten.

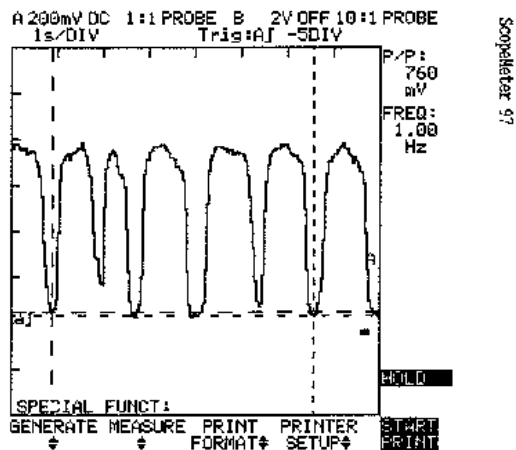
Op motorgebied worden ze bijvoorbeeld bij inspuitsystemen gebruikt als klopsensor of als drukvoeler in het inlaatspruitstuk, om de lasttoestand van de motor aan de regeleenheid te melden.



De bovenstaande figuur toont het signaalverloop van een MAP-sensor waarvan de frequentie verandert afhankelijk van de druk in het inlaatspruitstuk.

1.5. Zuurstof-sonde (lambda-sonde)

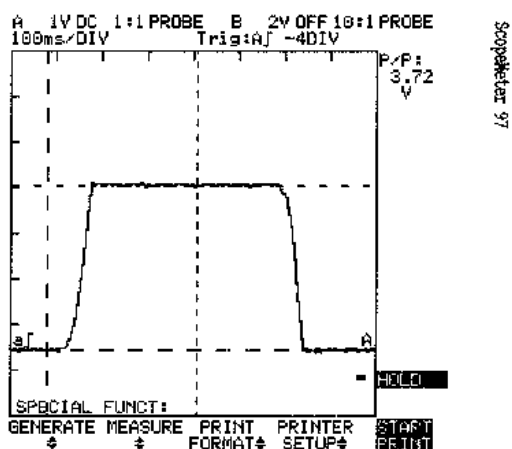
Om er voor te zorgen dat voor de katalytische behandeling van het uitlaatgas een lambda-waarde van $\lambda = 1,00$ zo precies mogelijk nageleefd wordt, zit in de stroom van de uitlaatgassen een lambda-sonde. De sensor bestaat uit een speciaal hol huis, aan een zijde gesloten, waarvan het binnenste deel met de buitenlucht verbonden is, terwijl de buitenwand omstroomt wordt door hete uitlaatgassen. De sonde reageert op zuurstof in het uitlaatgas d.m.v. de opwekking van een spanningssignaal U_{λ} . De spanning verandert zich bij veranderende uitlaatgassenstelling. De spanning wordt doorgegeven aan de regeleenheid en van daaruit wordt over het λ -regelcircuit de lucht-brandstofverhouding op $\lambda = 1,00$ gecorrigeerd.



De bovenstaande figuur toont het signaalverloop van een lambda-sonde bij stationair toerental.

1.6. Potentiometer

Voor het registreren van de gaskleppositie, gaspedaalpositie etc. gebruikt men zogenaamde potentiometrische sensoren, d.w.z. sensoren die hun werkweerstand veranderen. Bij de gaskleppositie wordt de glijbaan van een potentiometer proportioneel tot de gasklepstand bediend, waardoor een overeenkomende spanningsval wordt opgewekt die wordt doorgegeven aan de regeleenheid.

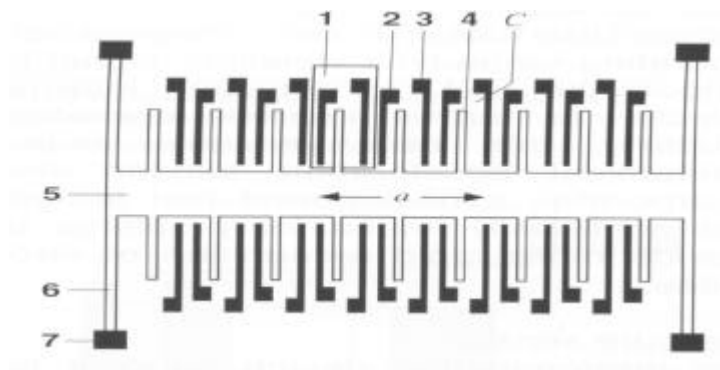


De bovenstaande figuur toont het signaalverloop van een gaskleppositie-sensor van stationair toerental naar vollast.

1.7. Capacitieve sensoren

Vandaag de dag wordt er in de automobielbranche steeds meer gebruik gemaakt van capacitieve sensoren (meting van het oliepeil, afstelling van de demper, acceleratiesensor). Daarvoor gebruikt men bijvoorbeeld de verandering van de capaciteit van twee condensatoren met een gemeenschappelijke elektrode die zich in het midden bevindt.

Onder invloed van een kracht verandert de afstand van de middelste elektrode. Daarbij verwijdt deze zich van haar tegenhanger aan de ene kant en komt dichterbij de andere. Dienovereenkomstig verkleint resp. vergroot de capaciteit. Door het verschil te berekenen, bekomt men een maatstaf voor de afwijkende acceleratie. Een dergelijke differentiaalcondensator bestaat uit op silicium gebaseerd materiaal en is dus in grote aantallen goedkoop te produceren.

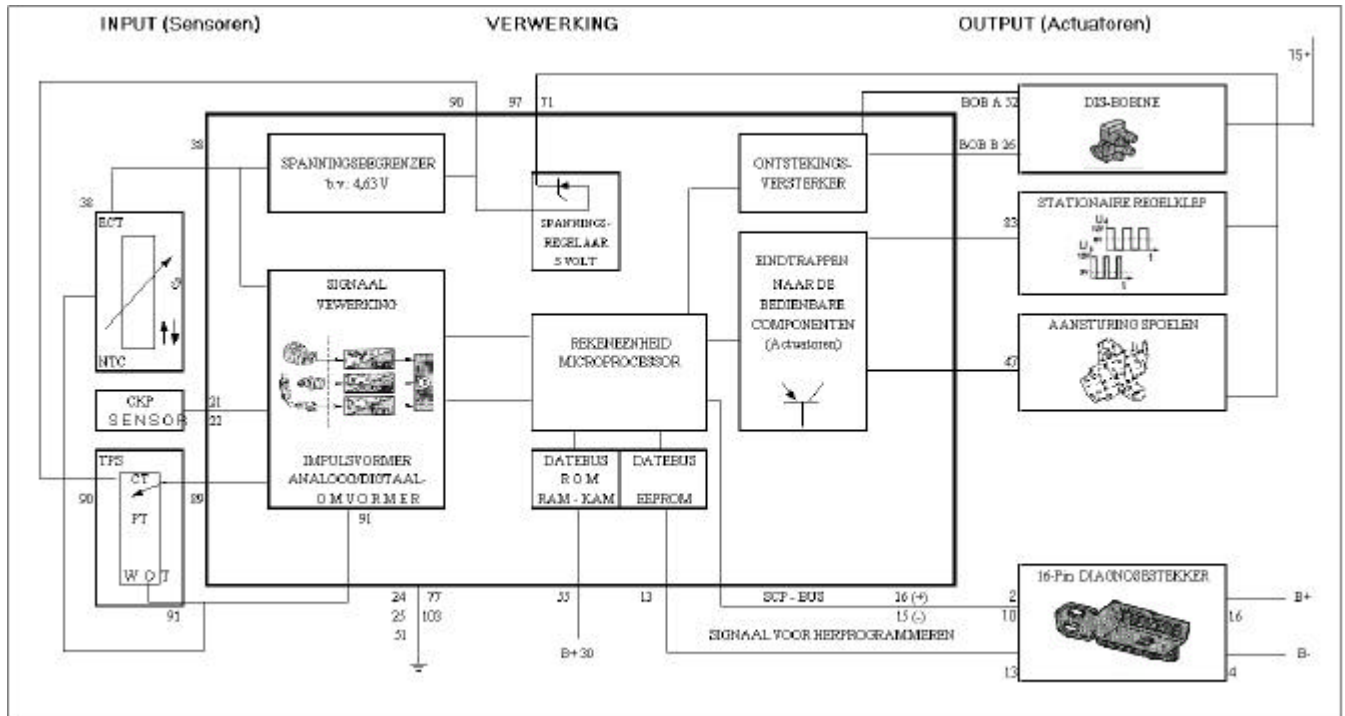


1 = condensatorelement; 2 + 3 = vaste condensatorplaten;
4 = beweegbare condensatorplaten; 5 = beweegbare massa;
6 = veerstift; 7 = verankering; C = luchtspleet (diëlektricum);
a = richting van de acceleratie



2. Elektronische regelenheid

Omdat de microcomputer in de regelenheid intern alleen de toestanden „AAN“ en „UIT“ of „1“ en „0“ kent, moeten de ingangssignalen die door de sensoren vastgestelde fysische grootheden zoals toerental, temperatuur, hoekverdraaiing etc. allereerst in deze vorm worden omgezet.



Motorregelenheid EEC V van Ford

2.1. Analoog/digitaal-omvormer (A/D)

Analoog/digitaal-omvormers vormen analoge signalen om in digitale signalen. Voorbeelden voor analoge ingangssignalen zijn:

- temperatuurvoeler
- luchthoeveelheidmeter
- gaskleppositiesensor

2.2. Impulsomvormer (IF)

Impulsomvormers vormen bepaalde ingangssignalen om in rechthoeksignalen. Voorbeelden voor inputsignalen, die in impulsomvormers verwerkt worden:

- toerentalgever
- lambda-sonde

2.3. Spanningsregelaar

Om variaties in spanningen te voorkomen, verzorgt de PCM zijn sensoren met een gestabiliseerde spanning van 5 Volt (referentiespanning). Ook de massa in de PCM is steeds potentiaalvrij, de voertuigmassa op grond van de aanwezige storingsbronnen echter niet.

2.4. Microprocessor (CPU)

De microprocessor (CPU = **C**ontrol **P**rocessor **U**nit = centrale regeleenheid) haalt bevelen uit het programmeergeheugen (ROM) en voert deze uit. Tot de taken van de CPU behoren:

- De vastgelegde toestandgrootheden (IS-waarden) in het werkgeheugen (RAM) te laden.
- Afhankelijk van deze waarden de daadwerkelijke werkomstandigheden te identificeren.
- Uit het programmeergeheugen (ROM) de kenvelen voor deze werkomstandigheden over te nemen.
- Meetwaarden en kenveldwaarden via de in het programmeergeheugen vastgelegde calculaties te koppelen.
- Uit tussenwaarden en meetwaarden aanstuursignalen te berekenen.
- De aanstuursignalen aan de INPUT/OUTPUT-bouwstenen (I/O = In/Out) verder te geven.

De door de centrale regeleenheid (CPU) uitgegeven signalen zijn te zwak om de actuatoren aan te sturen. Deze signalen worden daarom in eindtrappen versterkt.

Voorbeelden van actuatoren die door vermogens-eindtrappen aangestuurd worden:

- Injector
- Regelklep voor het stationaire toerental
- Bobine
- Brandstofpomp

De laatste jaren is het door nieuwe technieken gelukt, steeds kleinere, minder gevoelige en krachtigere regeleenheden te bouwen.

3. Actuatoren (bedienbare componenten)

Actuatoren – figuurlijk aangeduid als "spieren van de micro-elektronica" - sturen, schakelen en regelen technische processen. De elektrische digitale of analoge Stuursignalen worden door de regeleenheid omgezet in mechanische arbeid. (kracht x weg).

De energie-omzetting gebeurt motorisch, pneumatisch, hydraulisch, magnetisch en als optische weergave.

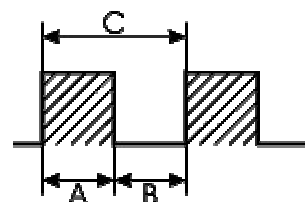
Voor positionering worden voornamelijk mechanisch of elektronisch aangestuurde gelijkstroommotoren en stappenmotoren gebruikt.

Actuatoren zijn in de meeste gevallen elektromagneten, die bij ingeschakeld contact aan de pluszijde continu met 12 Volt worden gevoed. De regeleenheid stuurt via de massazijde en verbindt de massadraad van de magneet met de motormassa.

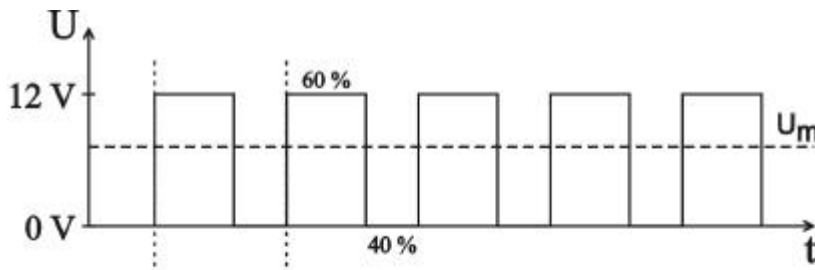
Omdat computers alleen in digitale O/I-modus kunnen werken, wordt de elektromagneet meerdere malen per seconde in- en uitgeschakeld. Daarbij wordt door verandering van de inschakelduur, ook wel duty-cycle genoemd, een nagenoeg traploos openen en sluiten van een ventiel gerealiseerd. Deze manier van aansturing heet pulsbreedte-modulatie.

Een regeling van de duty-cycle is voor de computer een eenvoudige methode om door veranderen van de bovenste pulsbreedte (inschakelduur) de spanning te variëren. De gemiddelde spanning naar het bedienbare component is dan proportioneel tot de bovenste pulsbreedte.

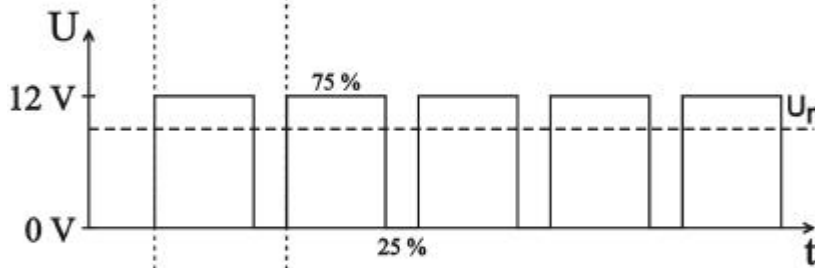
a = bovenste pulsbreedte
b = onderste pulsbreedte
c = periode



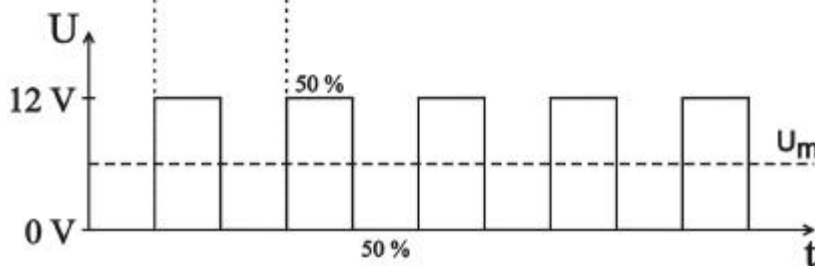
De volgende figuren tonen een elektrisch signaal, welke steeds dezelfde frequentie heeft, maar waarvan de spanning en in- en uitgeschakeld wordt.



De bovenste pulsbreedte bedraagt hier 60% en de onderste pulsbreedte 40%. Het procentuele aandeel van de inschakeltijd komt overeen met een duty-cycle van 60%. De gemiddelde spanning bedraagt dus 60% van 12 V = 7,2 V



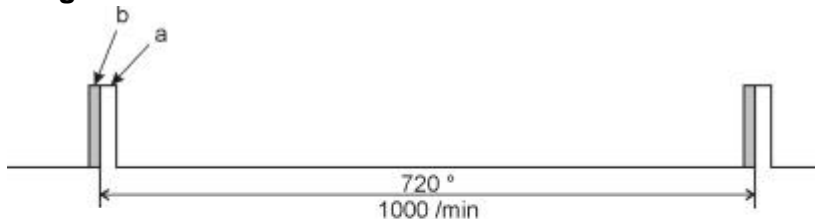
De bovenste pulsbreedte bedraagt hier 75% en de onderste pulsbreedte 25%. Het procentuele aandeel van de inschakeltijd komt overeen met een duty-cycle van 75%. De gemiddelde spanning bedraagt dus 75% van 12 V = 9 V



De bovenste pulsbreedte bedraagt hier 50% en de onderste pulsbreedte 50%. Het procentuele aandeel van de inschakeltijd komt overeen met een duty-cycle van 50%. De gemiddelde spanning bedraagt dus 50% van 12 V = 6 V

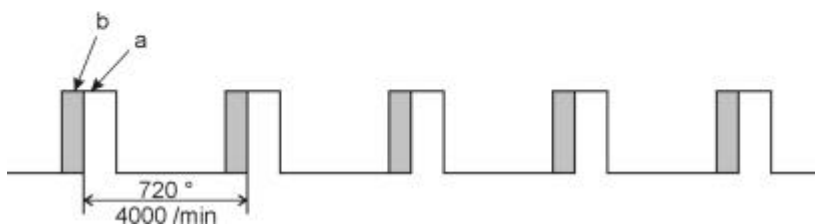
Ook bij een injector wordt de inschakelduur en daarmee de inspuihoeveelheid veranderd, echter wordt het magneetventiel volledig geopend en gesloten en niet zoals hierboven beschreven door de gemiddelde spanning in een bepaalde stand gebracht. Daarnaast verandert ook de frequentie bij de verschillende toerentallen.

Laag toerental



a = lastafhankelijke basisinstelling
b = verlengde inspuit-impuls

Hoog toerental-



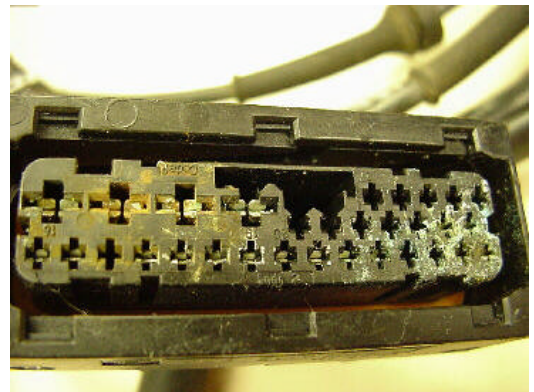
De inspuitijd wordt vergroot door verlenging van het inspuit-signaal.

4. Diagnose, oplossen van storingen, werkplaatstips

4.1. Volgorde bij het zoeken naar storingen

- Allereerst het betreffende component testen; bij een fout signaal moet het outputsignaal direct aan de regeleenheid getest worden.
- Bij een correct outputsignaal is de bedrading naar het component te testen.
- Bij een verkeerd outputsignaal zijn vervolgens de overeenkomende inputsignalen te testen.
- Bij een verkeerd inputsignaal is het signaal aan de sensor zelf te controleren.
- Is het sensorsignaal in orde, dan test men de bedradingen naar de regeleenheid op doorgang en tegen massa (kortsluiting).
- Wordt aan de sensor ook geen correct signaal afgegeven, dan ligt de oorzaak aan de sensor zelf of de sensor wordt door andere niet correct functionerende onderdelen beïnvloed.
- Belangrijk is echter ook de voedingsvoorzorging en massaverbindingen van de regeleenheid als ook de voedingsvoorzorging van de sensoren en actuatoren te controleren. Dit omdat een verkeerde voedingswaarde de input- en outputsignalen kan vervalsen.
- Leveren de bovengenoemde punten geen resultaat op, dan is de periferie zover in orde en moet de fout in de regeleenheid zitten. Maar let op: de meeste defecten ontstaan door slechte contacten aan de stekerverbindingen.

In een VW-onderzoek werden de uitvalquota van elektronische systemen in het voertuig onderzocht. De puur elektronische onderdelen zoals transistoren, geïntegreerde schakelcircuits, regeleenheid etc. vallen het minste uit. Het defectaandeel bedraagt slechts 10%. Het daaropvolgende aandeel komt op rekening van de sensoren en actuatoren. Hun defectaandeel bedraagt 15%. Het veruit grootste defectaandeel met 60% komt op rekening van de verbindingstechnieken, bestaande uit stekkercontacten, stekkerbehuizing, etc..



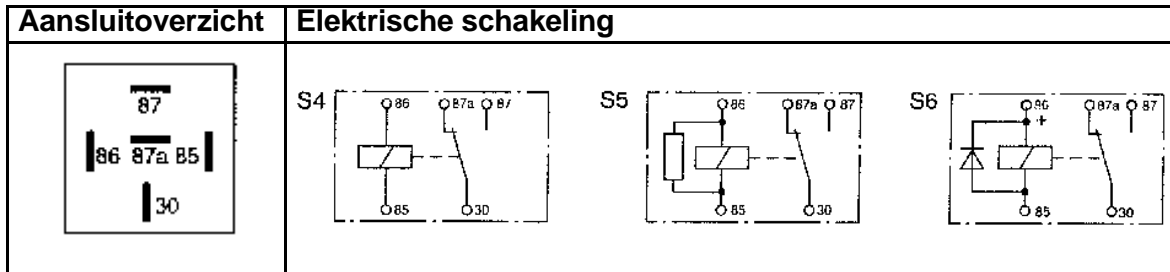
4.2. Omgang met elektronische systemen

- Bij ingeschakeld contact moet men geen stekerverbindingen loshalen of stekkers van modules verwijderen. Dit geldt evenzeer voor insteken en vastzetten van stekkers, omdat daardoor spanningspieken kunnen ontstaan, die de elektronische onderdelen kunnen vernietigen.
- Weerstandsmetingen aan sensoren en actuatoren alleen bij losgetrokken stekkers uitvoeren, omdat anders interne circuits van de regeleenheid beschadigd kunnen worden.
- Het meten van de spanningsval aan een betreffend component is te prefereren vóór een weerstandsmeting. De meting is nauwkeuriger en kan bij aangesloten stekker uitgevoerd worden. Contactproblemen kunnen zo beter worden vastgesteld.
- Enkele stekerverbindingen in voertuigen kunnen zijn voorzien van een goudlaagje. Deze stekkers mogen niet verbonden worden met stekkers van tin, omdat indringend vocht een snelle corrosie veroorzaakt en daardoor de contacten beschadigd worden. De gevolgen zijn bijvoorbeeld overgangsweerstanden.

5. Tips voor de praktijk

5.1. Onderdeeltesten aan diverse relais

5.1.1. Relais – Mini ISO



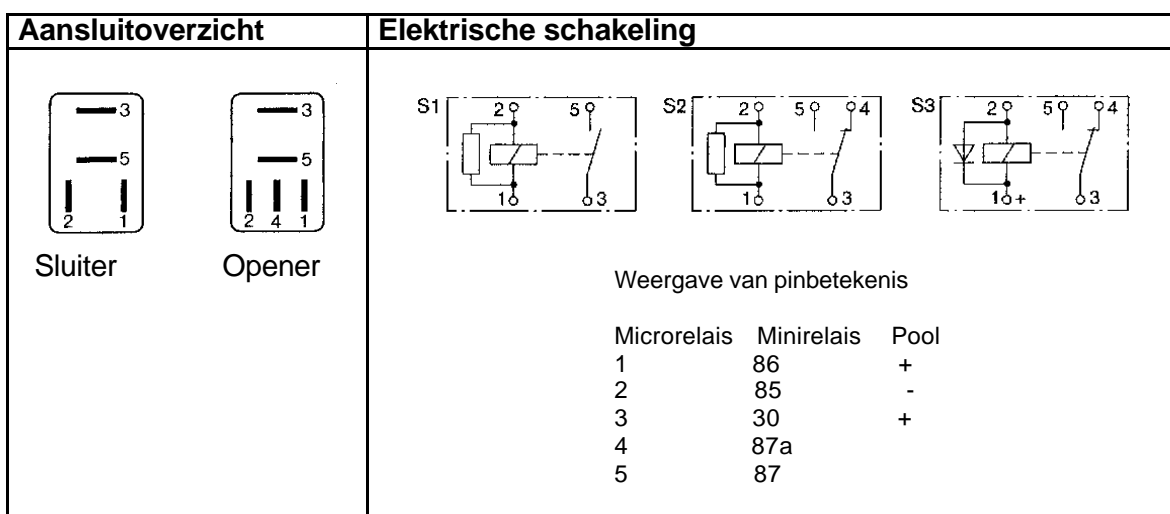
Onderdeeltest (er staat geen spanning op)

Te testen	Ohmmeter met de volgende aansluitingen verbinden	Relais is in orde, als
Magneetspoel	85 en 86	50 – 100 Ohm
Contact	30 en 87a	Circuit gesloten
	30 en 87	Circuit open
Magneetspoel – Contact	86 en 30	Circuit open
	86 en 87a	Circuit open
	86 en 87	Circuit open

Onderdeeltest (er staat wél spanning op)

Haal de ohmmeter los; verbindt pin 30 en 85 met een 12 V gelijkspanningsbron en pin 86 met massa. Meet de spanning tussen pin 87 en pin 86. Bedraagt de spanning 12 V, ga dan verder met de metingen. Is dit niet het geval, vervang dan het relais. Haal pin 85 los van de spanningsbron en meet de spanning tussen pin 87a en 86. Bedraagt de spanning 12V, dan is het relais in orde. Is dit niet het geval, vervang dan het relais.

5.1.2. Relais – Micro ISO



Onderdeelttest (er staat geen spanning op)

Te testen	Ohmmeter met de volgende aansluitingen verbinden	Relais is in orde, als
Magneetspoel	1 en 2	50 – 100 Ohm
Contact	3 en 4	Circuit gesloten
	3 en 5	Circuit open
Magneetspoel – Contact	1 en 3	Circuit open
	1 en 4	Circuit open
	1 en 5	Circuit open

Onderdeelttest (er staat wél spanning op)

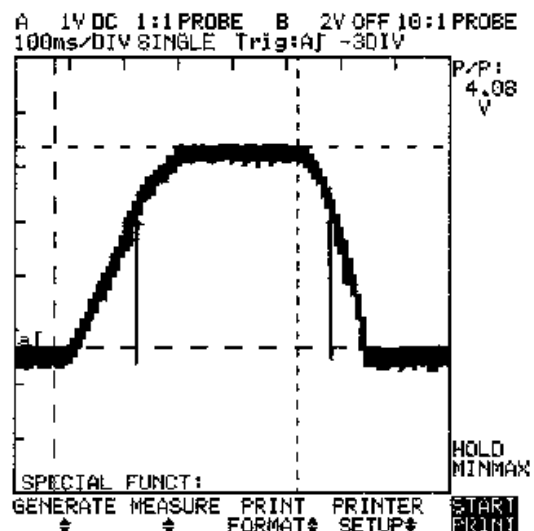
Haal de ohmmeter los; verbindt pin 2 en 3 met een 12 V gelijkspanningsbron en pin 1 met massa. Meet de spanning tussen pin 5 en pin 1. Bedraagt de spanning 12 V, ga dan verder met de metingen. Is dit niet het geval, vervang dan het relais. Haal pin 2 los van de spanningsbron en meet de spanning tussen pin 4 en pin1. Bedraagt de spanning 12V, dan is het relais in orde. Is dit niet het geval, vervang dan het relais.

5.2. Metten van sensoren en actuatoren

- Sensorsignalen test men het beste daar waar ze benodigd zijn, te weten aan de regeleenheid. Krijgt men daar het juiste signaal, dan bestaat zekerheid, dat niet alleen de sensor, maar ook de bedrading naar de regeleenheid vrij van defecten is.
- Het is gebruikelijk de signalen met een multi-pin-box (break-out-box) te meten, waarvan de Y-kabel tussen de regeleenheid en de regeleenheidstekker bevestigd is. Is er geen break-out-box beschikbaar, dan wordt de meting direct aan de sensor doorgevoerd of men maakt het zich mogelijk aan de achterzijde van de stekker te meten.

5.2.1. Gaskleppotentiometer met de oscilloscoop meten

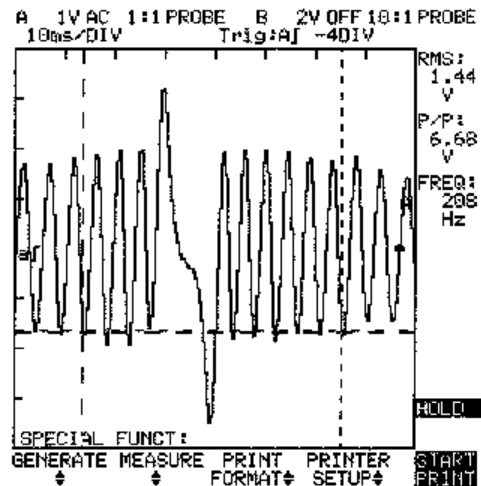
Bij ingeschakeld contact het gaspedaal eenmaal tot de aanslag intrappen en weer loslaten (rode testpen aan het sensorsignaal en de zwarte testpen aan de sensormassa bevestigen). Daarbij moet een curve ontstaan zoals weergegeven in nevenstaande figuur. Liggen er storingspieken over het verloop zoals weergegeven in nevenstaande figuur, dan is de gaskleppotentiometer defect.



5.2.2. Inductieve toerental- en positiegever met de oscilloscoop meten

Bij uitgeschakeld contact beide meetpennen aansluiten aan de sensor. Gemeten wordt bij het starttoerental. Dat geeft een oscillogram zoals in nevenstaande figuur.

De spanningspiek en de brede afstand op de tijd-as ontstaan door een opening in de tandkrans van het vliegwiel. De vorm van het signaal moet gelijkvormig zijn.



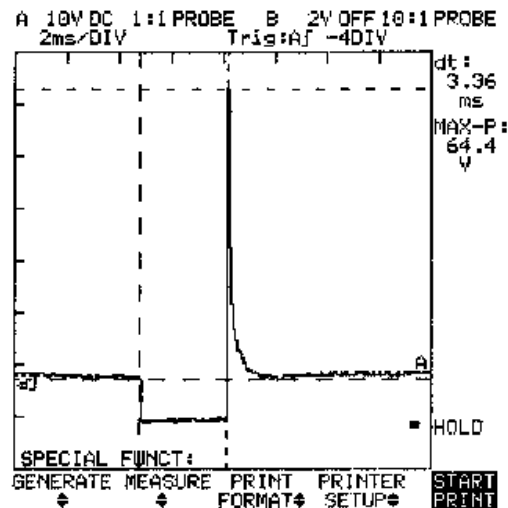
Scopelater 97

5.2.3. Inspuitsignaal met de oscilloscoop meten

Karakteristiek bij het controleren van een injector is de spanningspiek. De controle vindt plaats, door de rode testpen aan te sluiten aan de aansluitstekker van de injector (massagestuurde zijde). De zwarte testpen aangesloten aan massa.

Bij een stationair draaiende warme motor verschijnt ongeveer de curve zoals in nevenstaande figuur.

Is bij deze bedrijfstoestand de inspuittijd duidelijk te lang ($>4,5$ ms), dan kan bijvoorbeeld het lucht/brandstofmengsel te rijk zijn. Een controle van het lambda-sondesignaal en eventueel van de motorregeling is dan noodzakelijk.



Scopelater 97