Motor-elektronica

Het moderne verkeer stelt hoge eisen aan de auto, die ook onder extreme omstandigheden moeten worden nagekomen. Hiertoe geeft de voertuig-elektronica op het gebied van de ontsteking en de mengselsamenstelling een behoorlijke bijdrage.
Ook het spaarzaam gebruik respectievelijk een beter benutten van de brandstof in relatie tot een 'milieuvriendelijke' verbranding kan met behulp van de elektronica gerealiseerd worden.
In het bijzonder is het de micro-elektronica, waarmee stuur- en regelprocessen veilig en goedkoop beheerst worden.
Dat alles is alleen mogelijk met sensoren, die voor het opnemen van bedrijfsgegevens als opnemers voor de elektronica werken. Onder andere meten zij temperatuur, druk en toerental met de hoogste nauwkeurigheid. Dit is de basis voor het succes van de motor-elektronica.

Inhoud

1	**Elektronische ontsteking**	**2**
1.1	Inductieve ontsteking	2
1.2	Ontstekingsopwekking door de Hall-opnemer	3
2	**Elektronische primaire stroom-schakeling**	**4**
2.1	De installatie	4
2.2	Werking	5
3	**Elektronische contacthoek-sturing**	**6**
3.1	Het systeem	6
3.2	De sturing	7
4	**Elektronische contacthoek-regeling, primaire stroom-begrenzing en ruststroom-afschakeling**	**8**
4.1	Opbouw	8
4.2	Werking	8
5	**Elektronische ontstekings-verstelling**	**10**
5.1	Werking	10
5.2	Ontstekingsverstelapparaat	11
6	**Elektronische klopregeling**	**12**
6.1	De opbouw	13
6.2	Werking	13
7	**Motronic**	**14**
7.1	Deelsysteem ontsteking	14
7.2	Deelsysteem benzine-inspuiting	14
7.3	Het stuurapparaat	16
8	**L-Jetronic**	**18**
8.1	Opbouw	18
8.2	Werking	18
8.3	Het stuurapparaat	20
9	**LH-Jetronic**	**22**
9.1	Opbouw	22
9.2	Werking	23
10	**KE-Jetronic**	**24**
10.1	Opbouw	24
10.2	Werking	24
10.3	Correctiefuncties	24
10.4	Extra functies	24
10.5	Het stuurapparaat	26
11	**Lamba-regeling**	**28**
11.1	De Sonde	28
11.2	De regeling	29
12	**Stationairloop-vullings-regeling**	**30**
12.1	Opbouw	30
12.2	Het regelapparaat	31
13	**Ecotronic**	**32**
13.1	Opbouw	32
13.2	Het stuurapparaat	33
14	**Elektronisch gestuurde mengselvoorverwarming voor dieselmotoren**	**34**
14.1	Opbouw	35
14.2	Het stuurapparaat	35

1 Elektronische ontsteking

Het probleem
Het ontstekingscontact van een bobine-ontsteking en ook het stuurcontact van een contactgestuurde transistorontsteking was door het voortdurend met slagen werkend bedrijf (heen en weer gaande beweging) aan mechanische slijtage onderworpen. Het ontstekingstijdstip bleef gedurende de bedrijfsduur niet in de gewenste mate constant, waardoor onderhoud noodzakelijk was.

De oplossing
Het stuur- respectievelijk ontstekingscontact wordt door contactloos (= slijtagevrij) werkende elektronische opnemers overgenomen, die de schakeltransistoren in het schakelapparaat aansturen.

De voordelen
- slijtagevrij;
- onderhoudsvrij;
- constante ontstekingssignalen;
- constant ontstekingstijdstip.

1.1 Inductieve ontsteking

Inductieve gever in de verdeler (figuren 1, 2 en 3)
De permanente magneet (1) en de inductiewikkeling (2) vormen de stator. Ten opzichte van deze opstelling draait het op de verdeleras zittende impulsgeverwiel (4), de rotor. Kern en rotor bestaan uit weekijzer materiaal en deze bevatten tandvormige uitsteeksels (statortanden en rotortanden). Bij het draaien van de rotor verandert de luchtspleet (3) tussen stator- en rotortand periodiek. Hiermee verandert de magnetische flux. Deze fluxverandering induceert uiteindelijk in de inductiewikkeling een wisselspanning.

Het ontstaan van de opnemerspanning
Wanneer de stator- en de rotortanden elkaar naderen, versterkt de magnetische flux. Deze fluxverandering induceert in de inductiewikkeling een spanning, die toeneemt tot een maximale waarde, die kort voor het tegenover elkaar staan van de tanden wordt bereikt. Bij het verder draaien van het impulswiel verwijderen de tanden zich van elkaar en de opnemerspanning wisselt van teken. De impulsgever heeft generatoreigenschappen, want hij wekt een wisselspanning op voor de contactloze ontstekingssturing. De frequentie van de wisselspanning komt overeen met de vonkfrequentie.

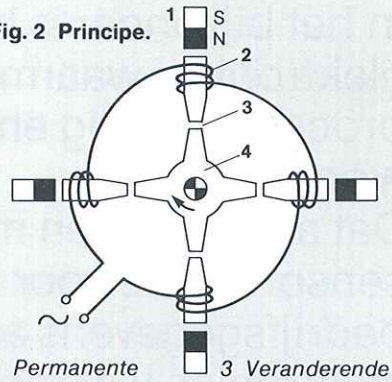
Inductieopnemer aan de krukas (figuren 4, 5 en 6)
Afhankelijk van de eisen die worden gesteld aan de ontsteeknauwkeurigheid en van de mogelijkheden van de motorconstructie zijn meerdere varianten van ontstekingssystemen aan de krukas mogelijk:
1. Inductieve toerentalopnemer en inductieve referentietekenopnemer, die de tanden van de starterkrans, respectievelijk een op het vliegwiel aangebrachte stift, aanrakingsvrij aftast.
2. Een inductieve opnemer die een speciale tandenschijf op de krukas aftast en een gemeenschappelijk signaal voor toerental en krukasstand levert.
3. Een inductieve opnemer die door een speciale segmentschijf op de krukas wordt beïnvloed en zowel een signaal voor het toerental alsook voor de krukasstand levert.

Daardoor kunnen toerental *en* krukasstand worden bepaald.
De aan de krukas verkregen waarden zijn nauwkeuriger dan die met behulp van de verdeler gemeten waarden.

Inductieve opwekking in de verdeler

Fig. 1 Verdeler met inductieve opnemer

Fig. 2 Principe.



1 Permanente magneet
2 Inductiewikkeling met kern
3 Veranderende luchtspleet
4 Impulsopnemerwiel.

Fig. 3 Verloop van de inductiespanning.

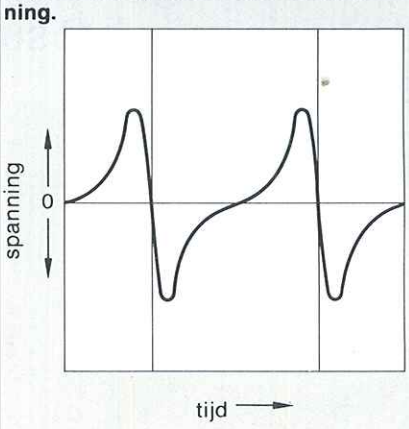
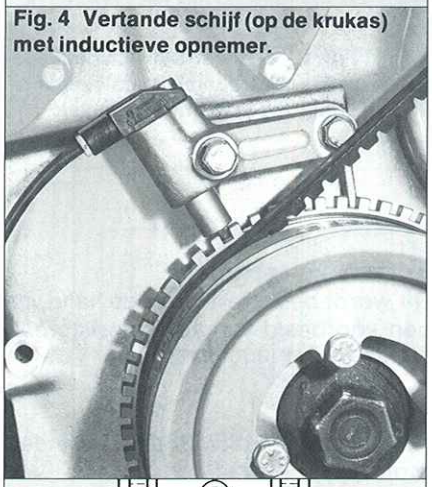


Fig. 10 Verdelerrotoren
voor een inductieve opnemer (1)
voor een Hall-opnemer (2)

Inductieve opwekking aan de krukas

Fig. 4 Vertande schijf (op de krukas) met inductieve opnemer.



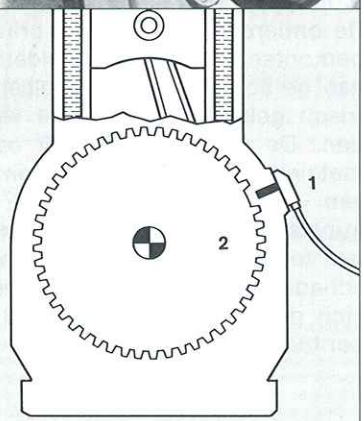
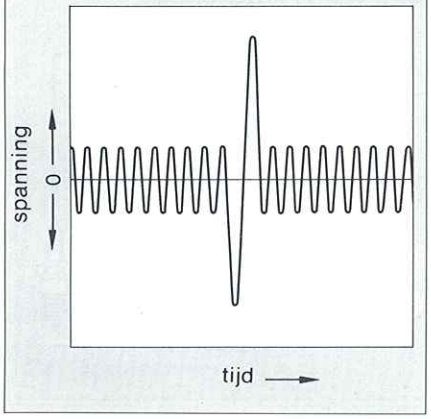


Fig. 5 Principe.
1 Impulsgever
2 Getande schijf.

Fig. 6 Verloop van de inductiespanning.



Opwekking door Hall-opnemer in de verdeler

Fig. 7 Verdeler met Hall-opnemer.

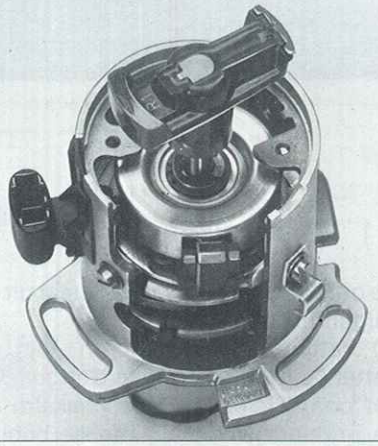
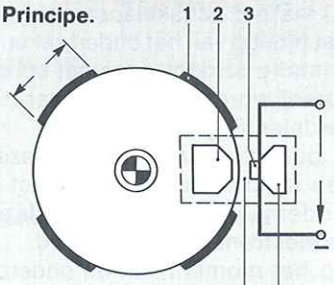
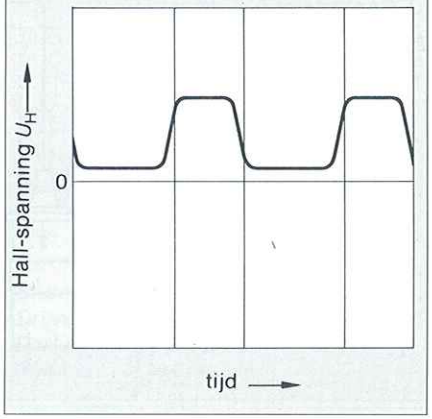


Fig. 8 Principe.



1 Venster met breedte b
2 Weekijzeren geleidingsstuk
3 Hall-IC
4 Luchtspleet
U_G *Opnemerspanning.*

Fig. 9 Verloop van de Hall-spanning.

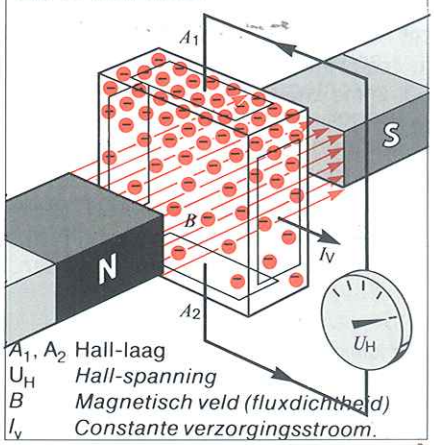


1.2 Ontstekingsopwekking door de Hall-opnemer

Hall-opnemer (figuren 7, 8 en 9)
Wanneer de verdeleras draait, lopen de vensters van de rotor aanrakingsvrij door de luchtspleet van het magneetsysteem. Wanneer de luchtspleet vrij is, komt het IC en daarmee de Hall-laag in het magneetveld.
Op de Hall-laag is de magnetische fluxdichtheid hoog en de Hall-spanning U_H heeft een maximum. Het Hall-IC is ingeschakeld. Zodra een van de vensters in de luchtspleet duikt loopt de magnetische flux voor het grootste deel door het venster en naaste omgeving en wordt op deze manier afgehouden van het IC afgeschermd. De fluxdichtheid aan de Hall-laag verdwijnt op een kleine restwaarde na, die door het strooiveld wordt veroorzaakt. De spanning U_H bereikt een minimum.

Hall-effect
Wanneer elektronen bewegen in een geleider, die door krachtlijnen van een magneetveld wordt doorkruist, worden de elektronen loodrecht op de stroomrichting en loodrecht op de richting van het magneetveld afgebogen. Bij A_1 ontstaat een elektronenoverschot en bij A_2 een elektronentekort, dat wil zeggen tussen A_1 en A_2 heerst de Hall-spanning. Dit zogenaamde Hall-effect treedt vooral op bij halfgeleiders (fig. 11).

Fig. 11 Hall-effect



A_1, A_2 Hall-laag
U_H *Hall-spanning*
B *Magnetisch veld (fluxdichtheid)*
I_v *Constante verzorgingsstroom.*

2 Elektronische primaire stroom-schakeling

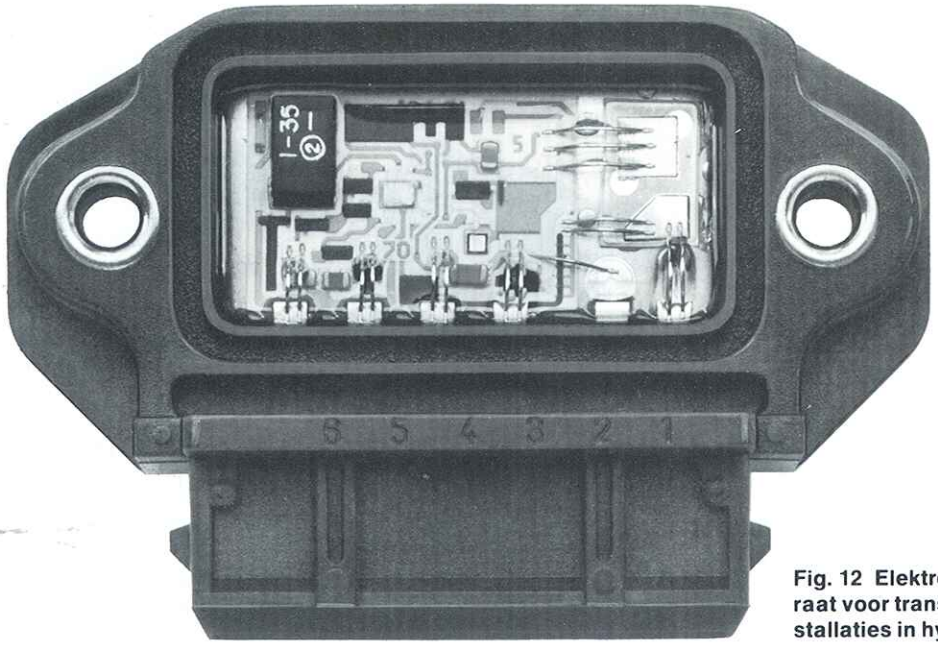


Fig. 12 Elektronisch schakelapparaat voor transistorontstekingsinstallaties in hybride-techniek.

Het probleem
Voor het zeker stellen van de ontbranding van het lucht-brandstofmengsel is een toereikende ontsteekspanning en een bepaalde vonkenergie voor de bougie noodzakelijk. Door de beperkte mogelijkheden van de mechanische onderbreekcontacten was een stijging van de primaire stroom (boven 4,5 A) ter verkrijging van een hogere vonkenergie en van een hogere secundaire spanning, vooral bij hogere toerentallen, niet mogelijk.

De oplossing
Voor het schakelen van de primaire stroom werden schakeltransistoren genomen. De sturing van de transistor werd vroeger geregeld door stuurcontacten, later door elektronische systemen.

De voordelen
- Een verlies- en slijtagevrije schakeling voor hogere primaire stromen (tot circa 9 A) en daardoor een hogere secundaire spanning over het gehele toerengebied.
- Onderhoudsvrije ontsteeksystemen.

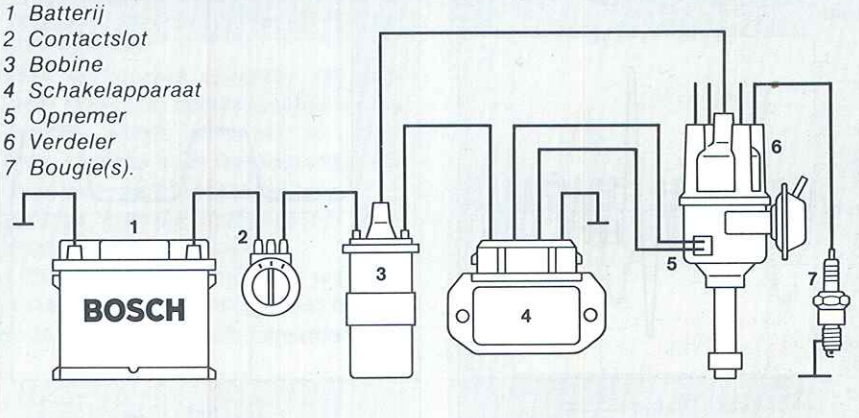
2.1 De installatie

De ontstekingsinstallatie bestaat uit de volgende componenten:
(1) batterij als energiebron. Van de batterij stroomt de primaire stroom via het contactslot (2) (ingeschakeld) en de primaire wikkeling van de bobine (3) via het schakelapparaat (4) terug. Het tijdstip van het onderbreken van de primaire stroom door het schakelapparaat wordt door een gever (5) in de verdeler (6) gestuurd.
In oudere installaties kan deze gever een mechanisch stuurcontact zijn, in moderne installaties wordt deze functie elektronisch gerealiseerd.
Op het moment van de onderbreking van de primaire stroom wordt in de secundaire wikkeling van de bobine de hoogspanning geïnduceerd, die dan door de verdeler naar de betreffende bougie (7) wordt gestuurd.

Het schakelapparaat
Dit wordt beschreven aan de hand van een voorbeeld van een transistorontsteking met inductieve gever.

Opbouw
(Schakelapparaat voor een 6-cilindermotor).
De onderdelen zijn op een printplaat gemonteerd en via de geleiderbanen aan de achterkant van de plaat elektrisch geleidend met elkaar verbonden. De printplaat zit vast op een metalen raam dat de verlieswarmte van de schakeling afvoert. Een kunststofkap beschermt de onderdelen tegen vuil en mechanische beschadiging. Opzij van de kap bevindt zich de stekkeraansluiting met mescontacten.

Fig. 13 Componenten van een transistorontstekingsinstallatie.
1 Batterij
2 Contactslot
3 Bobine
4 Schakelapparaat
5 Opnemer
6 Verdeler
7 Bougie(s).



2.2 Werking

De stuurwisselspanning uit de inductieve gever moet in rechthoekvormige stroompulsen worden omgevormd, om in het schakelapparaat doeltreffend te kunnen werken. Dit omvormen gebeurt in een elektronische schakelaar, die schakelt bij een bepaalde drempelwaarde, een zogenaamde 'Schmitt-trigger'. Vanwege zijn functie in het schakelapparaat noemt men hem impulsvormer. Hij wordt gevormd door de onderdelen in deel B van figuur 14. D4 is een siliciumdiode; hierdoor kunnen overeenkomstig haar polariteit alleen de negatieve impulsen van de stuurwisselspanning op de basis B van transistor T1 komen, de positieve impulsen blijven gesperd*). De inductieve gever is alleen in de negatieve fase van de stuurwisselspanning belast (geeft dan energie af), in de positieve fase daarentegen onbelast. Daardoor komt het dat de negatieve spanningsamplitude (fig. 15 links) kleiner is dan de positieve amplitude.

Zodra de stuurwisselspanning vanuit negatieve waarden komend, een drempelwaarde aan de impulsvormeringang overschrijdt, wordt de transistor T1 (fig. 14) elektrisch geleidend; transistor T2 spert daarentegen de stroomdoorgang. De uitgang van de impulsvormer is voor de duur van T_i stroomloos. Deze schakeltoestand blijft zolang, totdat de stuurwisselspanning van positieve waarden komend, onder de drempelspanning komt.

Transistor T1 spert de stroomdoorgang voor de duur T_o. De basis B van T2 wordt via R5 positief en maakt T2 geleidend. Deze wisseling – T1 geleidt/T2 spert, respectievelijk T2 spert/T1 geleidt – is bepalend voor de Schmitt-trigger, en wordt voortdurend herhaald.

De beide voorgeschakelde diodes D2 en D3 dienen voor de temperatuurcompensatie.

Met behulp van deel C in het schakelapparaat kan de in de bobine opgeslagen energie optimaal worden benut, zodat er in elke bedrijfstoestand van de motor voldoende hoogspanning voor de vonken aan de bougie beschikbaar is. Deze zogenaamde contacthoeksturing legt het begin van de 'maaktijd' T_i vast. het begrip 'maaktijd' (= contacthoek) is ontleend aan de contactgestuurde ontsteking en betekent de tijdsduur dat het contact gesloten is. Het 'maakbegin' is meteen het begin van een rechthoekvormige stroomimpuls, waarmee de 'drijver' in het schakelapparaat wordt aangestuurd (transistor T4). Het gaat hier om een tijdsturing met RC-leden, dat wil zeggen een afwisselend opladen en ontladen van condensatoren via weerstanden.

De stroom van de drijvertransistor T4 stuurt de vermogenseindtrap (Darlington, fig. 14) aan, waarbij de stroom via de basis B van transistor T5 en via zijn versterking tot een aanzienlijk hogere stroom aan de basis van transistor T6 leidt. Door T6 uiteindelijk vloeit de sterke primaire stroom naar de bobine. Deze is als collectorstroom geschakeld.

De Darlington-schakeling werkt in totaal als een transistor met de aansluitingen B, C en E.

Naast het beschreven apparaat wordt nog het schakelapparaat voor een Hall-opnemer gebruikt. De zich in dit apparaat afspelende processen zijn principieel dezelfde als de hierboven beschreven processen. Reeds in 1978 bracht Bosch de eerste, ten opzichte van discrete opbouw aanzienlijk kleinere hybride-ontstekingsschakelapparaten op de markt. Hybride ontstekingsschakelapparaten zijn zowel voor ontstekingsinstallaties met inductieve opnemer alswel met Hall-opnemer-aansturing beschikbaar.

Fig. 14 Schema van een schakelapparaat voor transistorontstekingsinstallaties (6-cilinder-motor).

A Onderdelen van de spanningsstabilisatie
B Onderdelen van de impulsvormer
C Onderdelen van de contacthoeksturing
D Darlington-eindtrap (IC).

Primaire stroom
Weg van de stuurimpuls

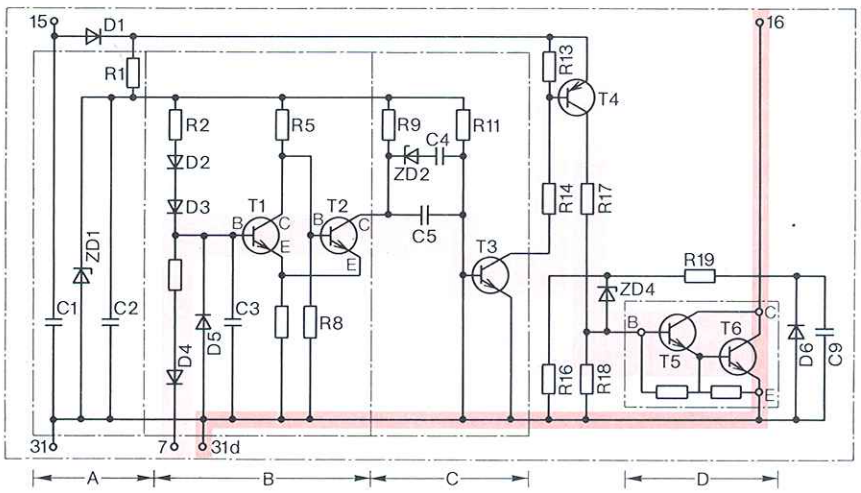
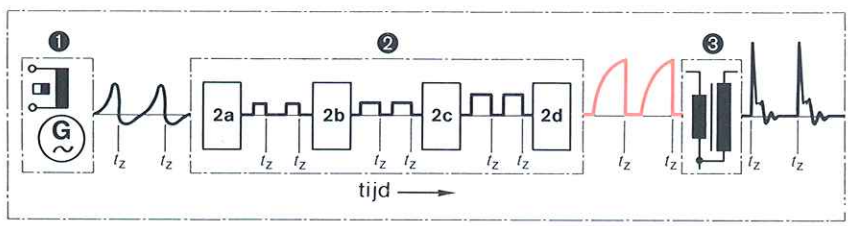


Fig. 15 Impulsschema van een transistorontstekingsinstallatie met inductieve opnemer.

De figuur toont de totale impulsverwerking van een contactloos gestuurde transistorinstallatie, beginnend bij de impulsopwekking door de inductieve opnemer tot aan de vonkoverslag aan de bougie. Volgens dit impulsschema gaat de stuurwisselspanning van de inductieve opnemer naar de impulsvormer, die deze in rechthoekige stroomimpulsen omzet. De impulslengte (komt overeen met de contacthoek) wordt door de sturing (de contacthoeksturing, die in een volgend hoofdstuk wordt beschreven) afhankelijk van het toerental groter of kleiner gemaakt. De in de drijvertrap stroomversterkte rechthoekimpulsen sturen de eindtransistor aan, die de primaire spoelstroom (rood) in de impulsfrequentie in- en uitschakelt. Iedere onderbreking van de rechthoekimpulsen heeft een onderbreking van de primaire stroom en daarmee van de vonkenoverslag aan de bougie op het tijdstip t_z tot gevolg.



t_z	*Ontstekingstijdstip*	2b	*Sturing van de impulslengte*
1	*Inductieve opnemer*	2c	*Drijver* (contacthoek)
2	*Schakelapparaat*	2d	*Darlington-eindtrap*
2a	*Impulsvormer*	3	*Bobine.*

*) 'Positief' en 'negatief' hebben hier betrekking op de potentiaal van klem 7 ten opzichte van de massapotentiaal 'nulm van klem 31, respectievelijk 31d.

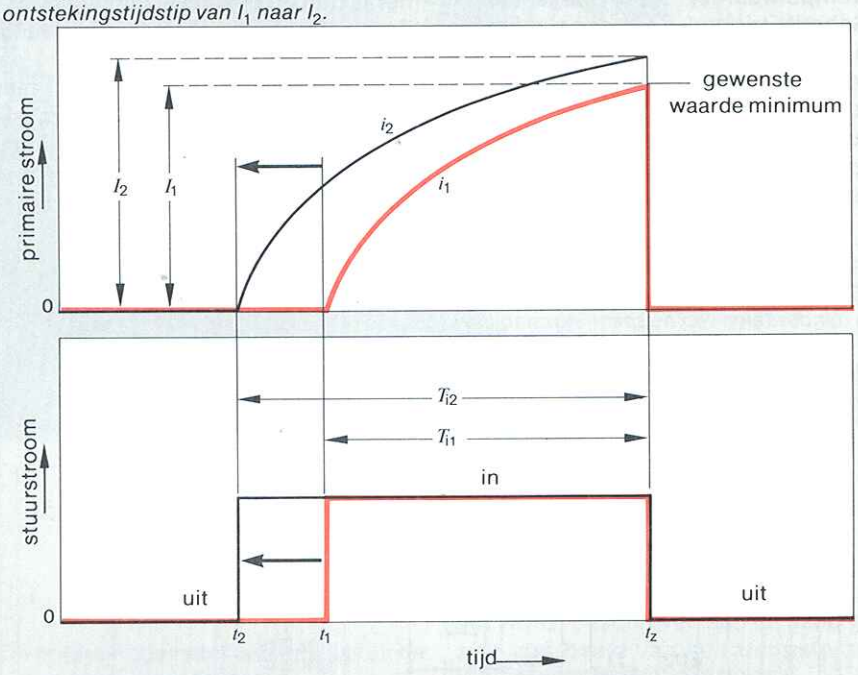
3 Elektronische contacthoeksturing

Het probleem
Afhankelijk van het toerental is de afstand in de tijd van de stuursignalen van het ontsteeksysteem verschillend.
Voor het opwekken van een constante vonkenergie is echter een bepaalde minimale primaire stroom nodig.
Hiervoor is weer een bepaalde maaktijd vereist, die bij hogere toerentallen niet altijd wordt bereikt. Daardoor kunnen er in het hogere toerentalgebied ontstekingsuitvallers optreden.

De oplossing
Een elektronische schakeling stuurt afhankelijk van het toerental en van de batterijspanning het inschakelpunt voor de primaire stroom zodanig, dat op het ontsteektijdstip de gewenste waarde wordt bereikt.

De voordelen
De aan de bedrijfstoestand aangepaste sluittijd en de daarmee gepaard gaande constante primaire stroom, waarborgt hoge ontsteekenergie en vermijdt ontstekingsuitvallers in alle bedrijfsgebieden. Daarmee wordt brandstof bespaard.

Fig. 16 Sluittijd en primaire stroom.
Door het naar voren verleggen van het begin van inschakelen van t_1 naar t_2 (pijl), dat wil zeggen bij vergroting van de sluittijd stijgt de primaire stroom tot aan het ontstekingstijdstip van I_1 naar I_2.



I_1, I_2 *Verloop van de primaire stroom*
I_1 *Primaire stroomsterkte bij een sluittijd T_{i1}*
I_2 *Verhoogde primaire stroomsterkte bij een verhoogde sluittijd T_{i2}*
t_1 *Impulsbegin respectievelijk het inschakelen van de primaire stroom*
t_1 *Naar voren verlegd impulsbegin respectievelijk naar voren verlegd inschakelen van de primaire stroom*
t_z *Ontstekingstijdstip*
T_i *Sluittijd.*

3.1 Het systeem

Om constante prestaties van de ontstekingsinstallatie te verkrijgen bij minimaal vermogensverlies in de bobine en in de eindtransistor, moet de primaire stroom op het ontstekingstijdstip een bepaalde waarde bereiken.
De tijd dat er stroom door de bobine vloeit wordt afhankelijk van het toerental en de batterijspanning zo voorgeprogrammeerd, dat bij stationair bedrijf aan het einde van de stroomvoerende tijd juist de gewenste primaire stroom wordt bereikt. Een dynamische correctie bij lage toerentallen is aangebracht, waardoor bij acceleren, ondanks de dan kleinere sluittijd, door de opgebouwde reserve toch de gewenste stroom wordt bereikt. De eindtrap werkt stroombegrenzend, zodat de primaire stroom bij het bereiken van de gewenste waarde vóór het ontstekingstijdstip, tot aan het ontstekingstijdstip constant wordt gehouden.
De contacthoek is gelijk aan de hoek die de ontsteeknok op de verdeleras aflegt, vanaf het begin van het maken van het contact tot aan het openen van het contact. De daarbij verstreken tijd is de sluittijd. De grootte van de contacthoek en de sluittijd zijn evenredig met elkaar. De sluittijd is gelijk aan de inschakelduur van de primaire stroom.
Met behulp van de contacthoeksturing kan de in de bobine opgeslagen energie optimaal worden benut, zodat in iedere bedrijfstoestand van de motor voldoende hoogspanning voor de vonkoverslag ter beschikking staat. Om een van het toerental onafhankelijk spanningsaanbod te verkrijgen, vergroot de contacthoeksturing de contacthoek met toenemend toerental. Om ook bij een dalende batterijspanning de gewenste primaire stroom te bereiken, wordt de contacthoek eveneens vergroot.
Om een minimale openingstijd en daarmee een minimale vonkduur te garanderen, wordt de contacthoek op een maximale waarde begrensd (fig. 17). Daarbij werkt de contacthoeksturing zo, dat de contacthoek afhankelijk van het toerental en de batterijspanning door variatie van het begin van sluiten wordt veranderd, terwijl het einde van het sluiten en daarmee het ontsteektijdstip niet worden beïnvloed.

Fig. 17 **Relatieve contacthoek afhankelijk van het toerental en de batterijspanning U_B.**

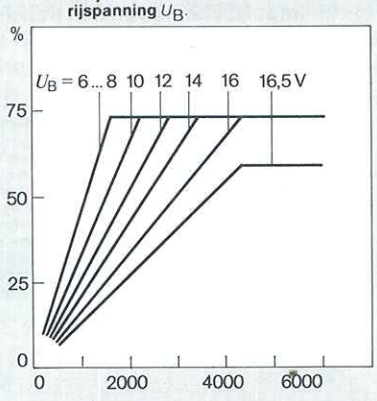
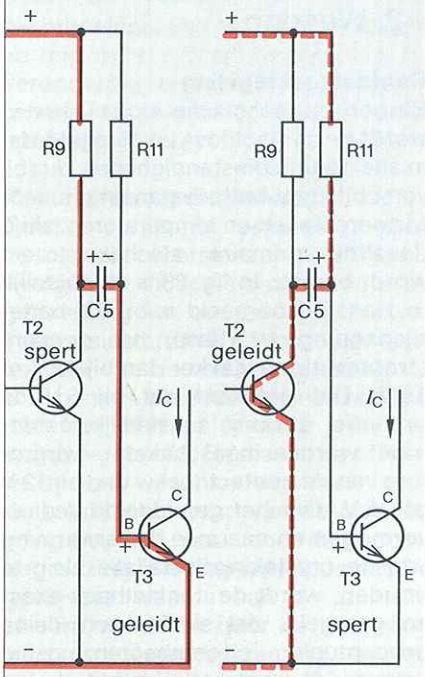


Fig. 18 Werking van de eenvoudige contacthoeksturing in twee schakeltoestanden.

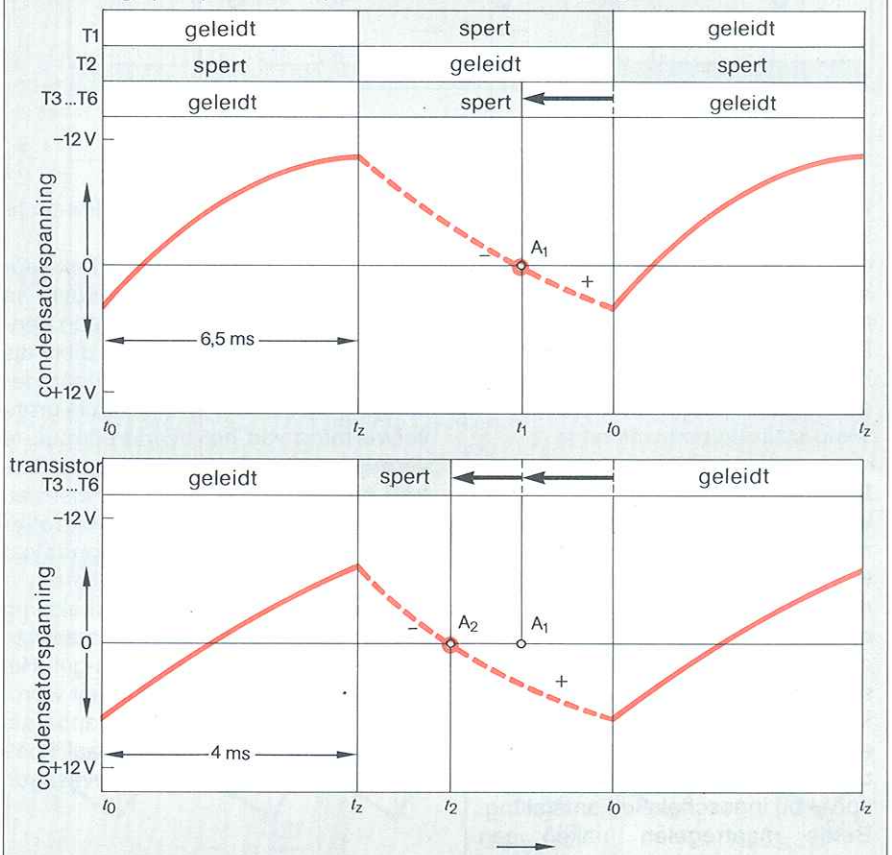
a) Opladen van de condensator (laadfase)

b) Ontladen van de condensator (stuurfase).



I_c *Collectorstroom van de transistor T_3 als impulsstuurstroom aan de uitgang van de contacthoekstuurtrap.*

Fig. 19 Impulsvolgorde van de contacthoeksturing en het verloop in de tijd van de spanning op de condensator C5. De aangebrachte tekens (–) en (+) hebben betrekking op de potentiaal op de condensator rechts in figuur 18.



t_0 *impulsbegin*
t_1 *respectievelijk t_2 naar voren verlegd*
t_z *ontstekingstijdstip*

3.2 De sturing

De elektronische contacthoeksturing is een tijdsturing met RC-netwerken, dat wil zeggen een afwisselend op- en ontladen van condensatoren via weerstanden. Omdat door de combinatie van weerstanden en condensatoren een vast tijdgedrag afhankelijk van het motortoerental wordt verkregen, gaat het hier om een contacthoeksturing (voor contacthoekregeling zie blz. 8). Deze verloopt analoog, daar de sluittijd zich (binnen bepaalde grenzen) continu kan veranderen. De schakeltrap van een vereenvoudigde contacthoeksturing is in figuur 18 weergegeven. Als RC-lid dienen de condensator C5 en de beide weerstanden R9 en R11. Wanneer de triggertransistor zich in de spertoestand bevindt, wordt condensator C5 via R9 en het basisemittor-pad van transistor T3 opgeladen (18a, rood). Bij een laag toerental bereikt de condensatorspanning bijna 12 V. T3 is gedurende dit tijdsverloop geleidend (fig. 18a). Op het ontstekingstijdstip t_z wordt T2 geleidend en C5 kan nu via R11 en T2 ontladen. Zolang de ontlaadstroom vloeit, is T3 gesperd, omdat de basis B van T3 negatief is ten opzichte van aarde. T3 schakelt weer in, wanneer aan de condensator C5 de tekens gewisseld zijn, plus en min zijn omgewisseld*). De condensator wordt nu in tegenovergestelde richting opgeladen (fig. 18b), en wel zo lang, tot transistor T2 weer spert. Dan wordt de condensator weer ontladen via R19 en de basis-emittor van T3 vanaf het tijdstip t_1 (figuren 18a en 19, rood).

Het werkingskenmerk van de contacthoeksturing is het inschakelen van de collectorstroom van transistor T3 bij het wisselen van teken van de condensatorspanning (fig. 19 boven, punt A_1). Gelijktijdig met T3 schakelen de overige transistoren T14 tot en met T6 in (fig. 14, blz. 5, hoofdstuk 'Elektronische primaire stroomschakeling'). Op deze manier is de gewenste verlegging van het begin van sluiten bereikt (fig. 19, pijl), betrokken op het inschakeltijdstip t_0 van de triggertransistor T1. Met toenemend toerental wordt de laadtijd van condensator C5, die dan niet meer tot de volle batterijspanning kan worden opgeladen, verkort. Overeenkomstig voorheen is C5 weer ontladen wat een nog vroeger begin van het sluiten t_2 en daarmee een grotere relatieve contacthoek tot gevolg heeft (fig. 19, onder, punt A_2).

*) Preciezer gezegd: T3 schakelt in op het moment dat de condensator volgens figuur 18b zo ver ontladen is, dat tussen basis B en emittor E van T3 de drempelspanning heerst.

4 Elektronische contacthoekregeling, primaire stroom-begrenzing en ruststroomafschakeling

Het probleem
Het verbrandingsproces in de cilinder kan door het beschikbaar stellen van hoge ontsteekenergie nog verder verbeterd worden. Daardoor wordt het mogelijk om het motorconcept in zijn geheel gunstiger te dimensioneren.

De oplossing
Wanneer aan de contacthoekstuuring een contacthoekregeling wordt toegevoegd, kan zonder meer gesteld worden dat onder alle bedrijfsomstandigheden op het ontsteektijdstip de juiste primaire stroom wordt bereikt. Een uitschakelen van de primaire stroom bij stilstaande motor verhindert een ontoelaatbare verwarming van de spoel bij ingeschakelde ontsteking. Beide maatregelen maken een gunstige dimensionering van spoel en eindtransistor (van de transistorontstekingsinstallatie) mogelijk voor een grote vonkenergie bij gering vermogensverlies.

De voordelen
- Door de **stroombegrenzing** kunnen voorschakelweerstanden en daarmee de bekabeling en bevestiging alsook de klem 15a in het starterrelais (startspanningsverhoging) vervallen.
- Door de **contacthoekregeling** wordt een geringe batterijspanningstemperatuur- en toerentalafhankelijkheid bereikt.
- De **ruststroomafschakeling** verhindert een vloeien van primaire stroom bij ingeschakelde ontsteking en stilstaande motor.
- In totaal wordt het hoogspanningsaanbod en het beschikbaar zijn van energie voor het ontstekingsproces verbeterd en daardoor wordt een grotere zekerheid voor het ontbranden van het lucht-brandstof-mengsel bereikt.

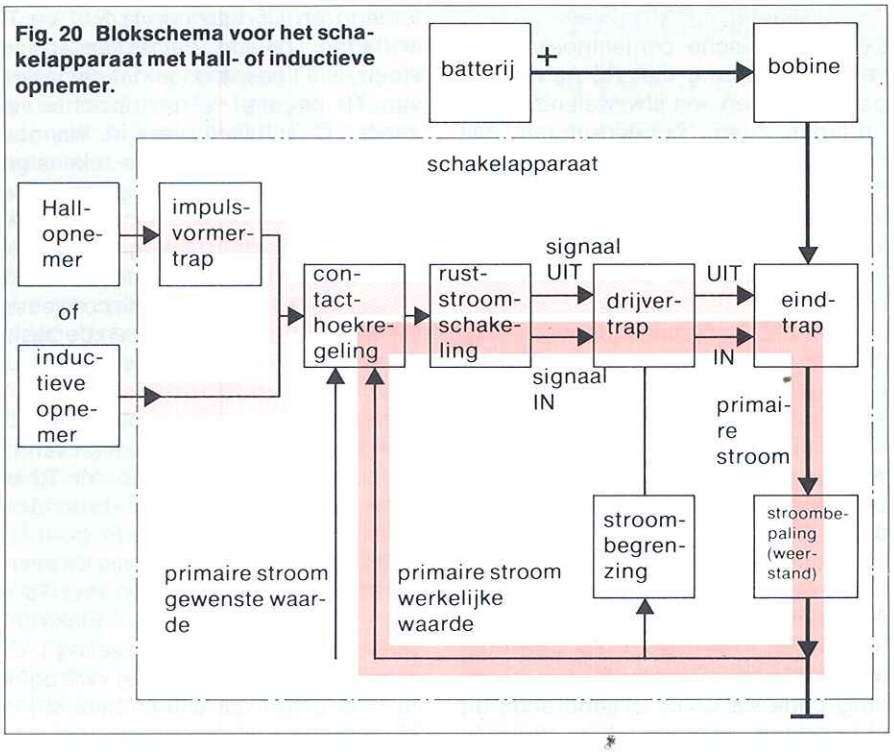
4.1 Opbouw

(Schakelapparaat in hybride-techniek).
Het kunststofhuis van het schakelapparaat vormt met het aansluitdeel en de ingegoten vlakke stekers een eenheid. Een metalen grondplaat dient als drager voor de schakeling en voert gelijktijdig de warmte af. Om een te grote verwarming van het hybride-circuit te vermijden, wordt de vermogenseindtrap niet op het keramische substraat, maar geïsoleerd op de metalen grondplaat aangebracht. De grondplaat wordt in het kunststofhuis gelijmd.
Ter bescherming van de schakeling tegen vocht is het schakelapparaat van binnen volgegoten met silica-gel. Het deksel van het schakelapparaat wordt erop gelijmd. Het schakelapparaat wordt samen met een speciaal koellichaam aan de carrosserie bevestigd.

4.2 Werking

Contacthoekregeling
Binnen de technische mogelijkheden wordt de contacthoek zo geregeld, dat in alle bedrijfsomstandigheden, dus bij verschillende batterijspanningen, motortoerentallen en temperaturen, altijd dezelfde primaire afschakelstroom wordt bereikt. In fig. 23 is dit duidelijk te zien. Bijvoorbeeld is bij 6 V batterijspanning (startfase) het primaire stroomverloop vlakker dan bij 12 V of 15 V. Dat betekent dat bij 6 V de primaire stroom aanzienlijk eerder moet worden ingeschakeld – vergroting van de contacthoek – dan bij 12 V of 15 V. Om het gemiddelde verliesvermogen en daarmee de verwarming van de ontstekingsinstallatie klein te houden, wordt de contacthoek exact zo geregeld, dat slechts een kleine procentuele stroombegrenzingstijd tussen de ontsteektijdstippen optreedt.
Bij de stroomverdeler met **inductieve opnemer** wordt een verandering van de contacthoek bereikt door verschuiven van het triggerniveau in het schakelapparaat. De getriggerde in-

Fig. 20 Blokschema voor het schakelapparaat met Hall- of inductieve opnemer.



en uitschakelpunten glijden over de kromme van de opnemerspanning. Bij te kleine contacthoek wordt het triggerniveau verder in negatieve richting verschoven. Bij te grote contacthoek verloopt het proces omgekeerd (fig. 21).

Bij de stroomverdeler met **Hall-opnemer** moet – daar hier geen analoog signaal als bij de inductieve opnemer aanwezig is – een impulsvormertrap extra voor de trigger worden geschakeld. In de impulsvormertrap wordt het door de Hall-opnemer geleverde rechthoekige signaal in een driehoekvormig ramp-signaal omgevormd. Bij verandering van de contacthoek glijden de triggerniveaus over de rampspanning (fig. 22).

Primaire stroombegrenzing

Omdat er in de schakeling geen voorschakelweerstanden meer aanwezig zijn, moet de eindtrap – in tegenstelling tot oudere transistorontstekingsinstallaties – bovendien nog de taak van de stroombegrenzing op zich nemen. Daardoor kunnen bobines met laag-ohmige primaire wikkeling worden gebruikt. De maximale primaire stroom wordt nu niet meer door de totale weerstand van de primaire kring bepaald, maar door de stroombegrenzing in het schakelapparaat. De gewenste waarde van de primaire stroom wordt nu door de afregeling van de stroombegrenzing in het schakelapparaat bepaald. De stroombegrenzing functioneert zo (vereenvoudigd voorgesteld), dat bij het bereiken van de gewenste waarde van de primaire stroom over de stroombepalingsweerstand (blokschema fig. 20) een gedefinieerde spanningsval ontstaat. De stroombegrenzing 'meet' deze spanningsval en zorgt ervoor dat de eindtraptransistor als een elektronisch geregelde voorschakelweerstand werkt. De over de eindtraptransistor staande spanning kan dus verschillende waarden aannemen: bij de stroombegrensde eindtrap staat gedurende de stroombegrenzingstijd over de geleidende eindtransistor circa 6 tot 8 volt.

Ruststroomafschakeling

Om te voorkomen dat bij stilstaande motor en ingeschakelde ontsteking, de ontstekingsinstallatie niet kan worden overbelast, wordt op zijn laatst de transistoreindtrap na een seconde afgeschakeld. Zodra er wordt gestart, geeft de installatie direct weer ontsteekvonken af.

Drijvertrap

De drijvertrap met spanningsbegrenzing en storingsonderdrukking komt overeen met die uit de bekende transistorontstekingsinstallaties.

Fig. 21 Contacthoekverandering door verschuiven van het triggerniveau bij de inductieve opnemer.

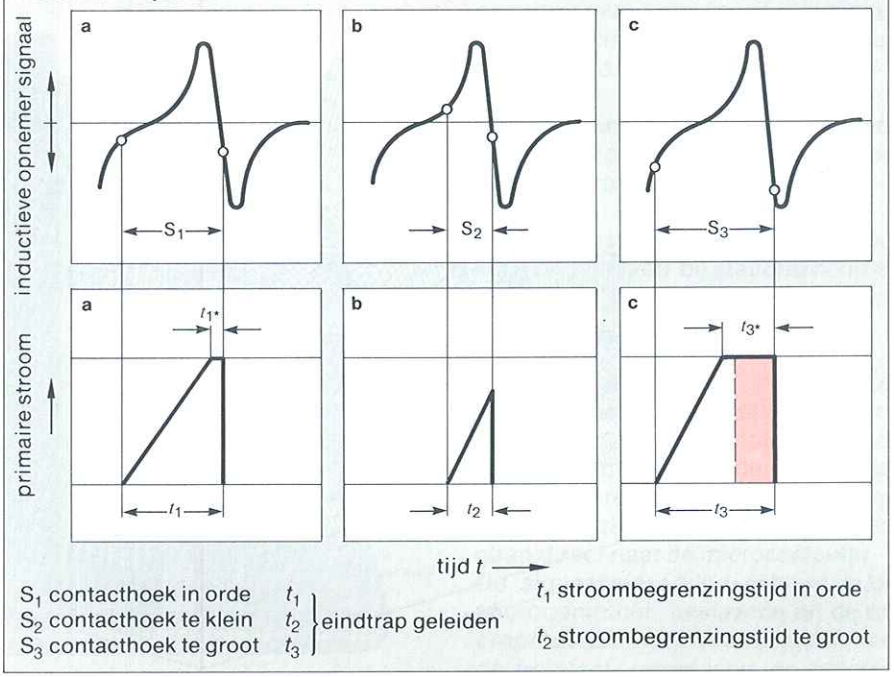


Fig. 22 Contacthoekverandering door verschuiven van het triggerniveau bij de Hall-opnemer.

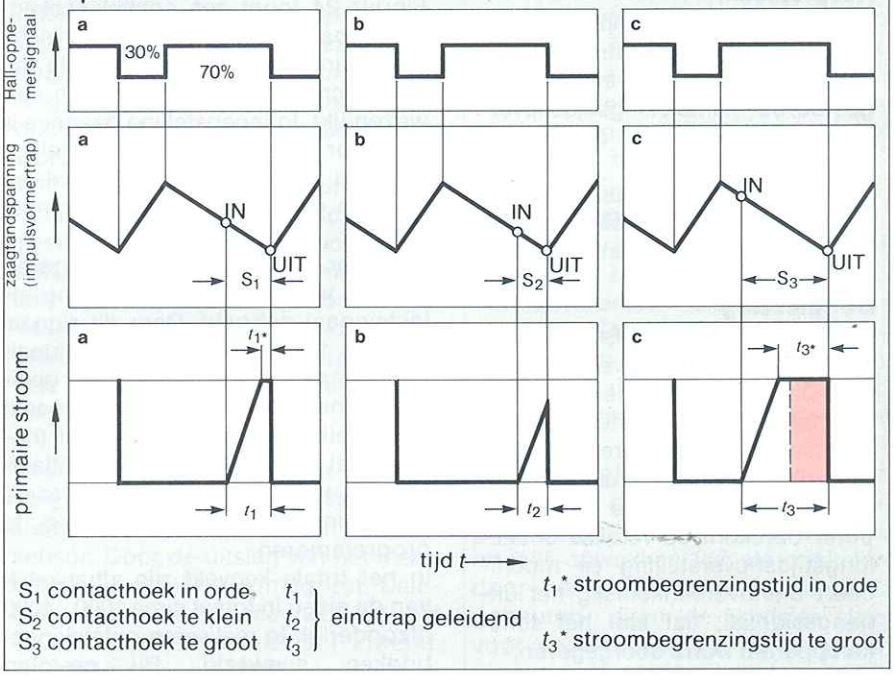


Fig. 23 Verloop van de primaire stroom bij verschillende batterijspanningen U_B.

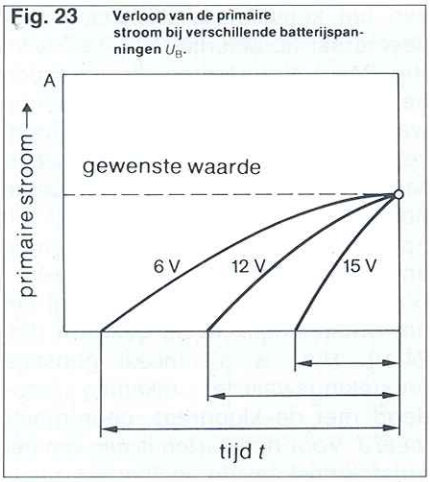


Fig. 21 en 22.

a De primaire stroom bereikt de gewenste waarde. De stroombegrenzingstijd is niet te groot.

b De primaire stroom bereikt bijvoorbeeld bij sterk accelereren de gewenste waarde niet. Door de contacthoekregeling wordt in de volgende cyclus de contacthoek zo ver vergroot, dat de gewenste waarde van de primaire stroom weer kan worden bereikt.

c De primaire stroom bereikt de gewenste waarde, maar de stroombegrenzingstijd is bijvoorbeeld door een sterke motorvertraging te lang. De contacthoek wordt in de volgende cyclus over het gearceerde gebied verkleind.
Opmerking: het rode gebied wordt alleen in warmte omgezet.

5 Elektronische ontstekingsverstelling

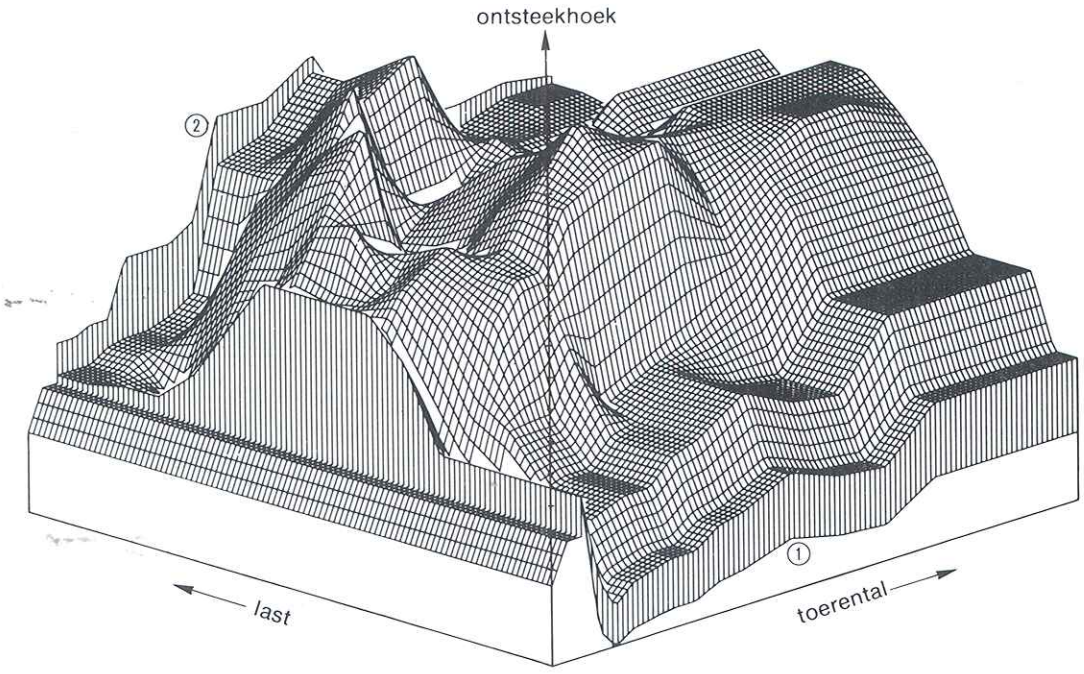


Fig. 24 Ontstekingskenveld van de elektronische ontstekingsverstelling.
In vergelijking met figuur 25 (kenveld van een mechanisch ontstekingsverstelsysteem) is te zien, dat met behulp van de elektronische ontstekingsverstelling aan ieder bedrijfspunt in het last-toerentalvlak een individuele ontsteekhoek is toegevoegd.

Het probleem
Transistor-ontstekingsinstallaties (TZ) met traditionele stroomverdeler met centrifugaal- en vacuümgestuurde ontstekingstijdstipverstelling kunnen alleen eenvoudige verstelkarakteristieken realiseren (fig. 25) en voldoen daarom slechts gedeeltelijk aan de eisen die aan de motoren gesteld worden.

De oplossing
De mechanische ontstekingsverstelling in de stroomverdeler vervalt. Daardoor wordt het opnemersignaal voor het starten van het ontsteekproces als toerentalsignaal gebruikt. Een extra druksensor levert het lastsignaal. De microcomputer berekent de vereiste ontstekingstijdstipverstelling en modificeert dienovereenkomstig het uitgangssignaal, dat aan het schakelapparaat wordt doorgegeven.

De voordelen
- De ontstekingsverstelling kan beter aan de individuele en veelvuldige eisen, die aan de motor worden gesteld, worden aangepast.
- Het mede erbij betrekken van meerdere stuurparameters (bijvoorbeeld de motortemperatuur) wordt mogelijk.
- Een goed startgedrag, een betere stationairloopsturing en een geringer brandstofverbruik wordt mogelijk.
- Uitgebreidere mogelijkheid om bedrijfsdata te bepalen.
- Een klopregeling is realiseerbaar.

5.1 Werking

Figuur 24 toont een ontstekingskenveld, zoals dat bij een elektronische ontstekingsverstelling met behulp van een microcomputer kan worden verwezenlijkt. In tegenstelling daarmee is in figuur 25 de ontstekingsverstelling van een mechanisch centrifugaal- en vacuüm gestuurd systeem weergegeven.
Het door de vacuümsensor afgegeven signaal wordt voor de ontsteking als lastsignaal gebruikt. Door dit signaal en het toerental wordt een driedimensionaal ontstekingskenveld gedimensioneerd, dat het mogelijk maakt om in elk toerental- en lastpunt (horizontaal vlak) de voor de uitlaatemissie en het verbruik meest gunstige ontstekingshoek (verticaal vlak) te programmeren.
In het totale kenveld zijn afhankelijk van de eisen in totaal circa 1000...4000 afzonderlijk te realiseren ontstekingshoeken aanwezig. Bij gesloten smoorklep wordt de onderste regel van het kenveld als stationairloop – decelereer-karakteristiek gekozen (fig. 24①). Voor toerentallen beneden het gewenste stationair toerental wordt de ontsteekhoek naar 'vroeg' versteld, om een stationairloopstabilisatie door verhogen van het koppel te bereiken. In het decelereerbedrijf zijn op emissie en op rijgedrag afgestemde ontstekingshoeken geprogrammeerd.
Bij vollast wordt de bovenste regel van het ontstekingskenveld gekozen (fig. 24②). Hier is de meest gunstige ontstekingswaarde, rekening houdend met de klopgrens, geprogrammeerd. Voor het starten is een van het ontstekingskenveld onafhankelijk verloop van de ontsteekhoek geprogrammeerd als functie van het toerental en van de motortemperatuur. Daarmee kan een hoog motorkoppel bij het starten worden bereikt, zonder dat tegengestelde koppels optreden. Afhankelijk van de eisen zijn kenvelden van verschillende complexiteit realiseerbaar tot een eenvoudig kenveld bestaande uit slechts enkele geprogrammeerde verstelkarakteristieken.
Een elektronische ontstekingsverstelling is in het kader van verschillende elektronische ontstekingssystemen mogelijk. Een volledig geïntegreerde ontstekingsverstelling is er bijvoorbeeld bij de motronic. Echter ook als

Fig. 25 Ontstekingskenveld van een mechanisch verstelsysteem.

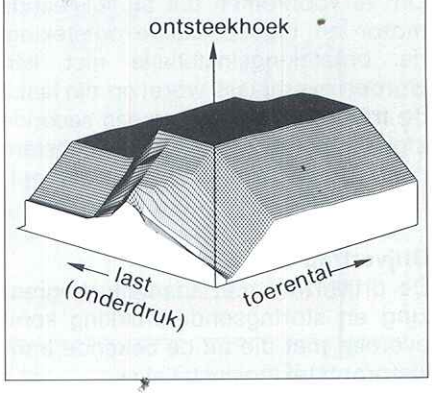
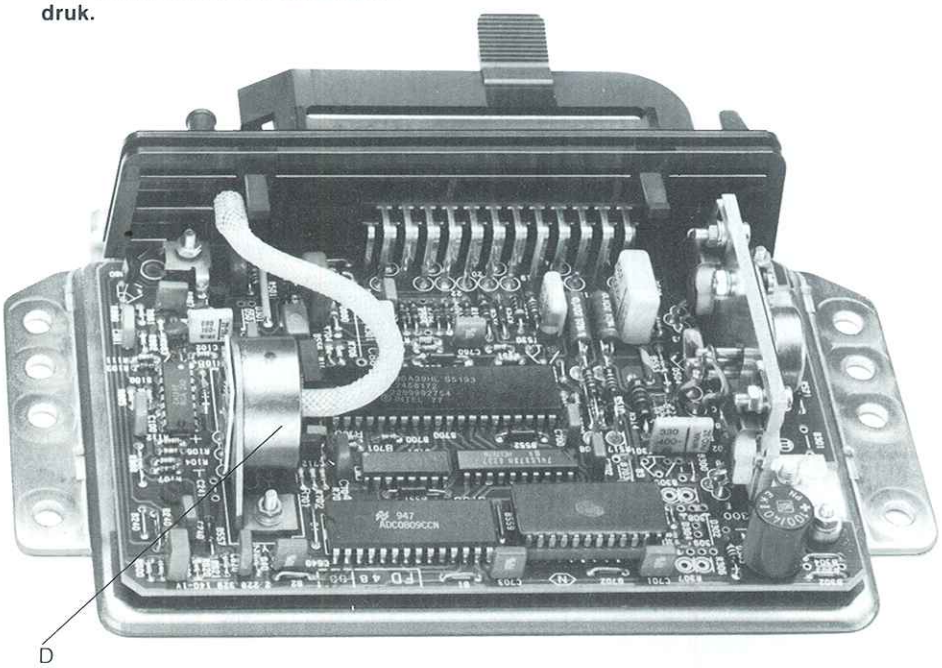


Fig. 26 Elektronisch ontstekingsverstelapparaat met een drukdoos (D) voor het meten van de aanzuigbuisdruk.



extra bij een transistorontstekingsinstallatie (in de vorm van een extra verstelapparaat) kan een elektronische ontstekingsverstelling worden gerealiseerd.

5.2 Ontstekingsverstelapparaat

De schakeling van de elektronische ontstekingstijdstipverstelling kan door het toepassen van een geschikte microcomputer worden gerealiseerd.
De ingangsgrootheden, waartoe onder andere behoren digitale schakel- en impulssignalen en analoge sensor- of impulssignalen, worden direct of via de analoog-digitaal-omzetter aan de microcomputer toegevoerd (fig. 27).

Ingangssignalen

Toerental/krukasstand en vacuüm (in principe onderdruk!) zijn de beide hoofdstuurgrootheden voor het ontstekingstijdstip.

Toerental en krukasstand: voor de bepaling van het toerental dient een inductieve impulsgever, die de tanden van een speciaal tandwiel aan de krukas aftast. Door de op deze manier opgewekte magnetische fluxverandering wordt een wisselspanning geïnduceerd, die door het stuurapparaat wordt verwerkt.
Voor de eenduidige toewijzing van de krukasstand heeft dit tandwiel een opening, die door de inductieve impulssensor wordt opgenomen en in een speciale schakeling wordt uitgewerkt. Ook de mogelijkheid om het toerental en het referentieteken met een Hall-opnemer te bepalen, vinden nog toepassing.

Last (zuigbuisdruk): de in de aanzuigbuis heersende druk werkt via een slang op het membraan van de druksensor. Door de uitslag van het membraan verschuift een magneet. Daarmee verandert een magneetveld, dat op een halfgeleiderelement inwerkt. De hierin opgewekte Hall-spanning is direct evenredig met het magneetveld.

Motortemperatuur: een in het motorblok aangebrachte watertemperatuuropnemer levert aan het stuurapparaat een met de motortemperatuur overeenkomend signaal.

Batterijspanning: deze is ook een correctiegrootheid, die door het stuurapparaat wordt bepaald.

Smoorklepstand: een smoorklepschakelaar levert bij stationairloop en bij vollast van de motor een schakelsignaal.

Signaalverwerking: zuigbuisdruk, motortemperatuur en batterijspanning worden als analoge grootheden in de analoog-digitaal-omzetter gedigitaliseerd. Toerental, krukas- en smoorklepstand zijn digitale grootheden en gaan direct naar de microcomputer.
De signaalverwerking gebeurt in de microcomputer, bestaande uit de microprocessor met kwartskristal voor de frequentieopwekking, en een programmeerbaar geheugen met een tussengeheugen voor snelle dataverwerking. Hier worden tot 9300 maal per minuut ge-update waarden voor de ontsteking en de contacthoek steeds opnieuw berekend, om de motor in ieder werkpunt het optimale ontstekingstijdstip – dit is de uitgangsgrootheid – te kunnen aanbieden.

Uitgangssignaal-ontsteking

Het primaire circuit van de bobine wordt door een vermogenseindtrap in het elektronisch stuurapparaat geschakeld. De sluittijd wordt zo gestuurd, dat de secundaire spanning onafhankelijk van het toerental en de batterijspanning nagenoeg constant blijft.
De secundaire spanning gaat van de bobine via de verdeler naar de bougies. Omdat de ontstekingsverstelling en het opwekken van de ontsteking door het elektronisch stuurapparaat gebeuren, dient de verdeler alleen voor de verdeling van de hoogspanning, terwijl toerental en referentieteken van de krukas worden afgenomen.

Fig. 27 Blokschema van een elektronisch ontstekingsverstelapparaat.

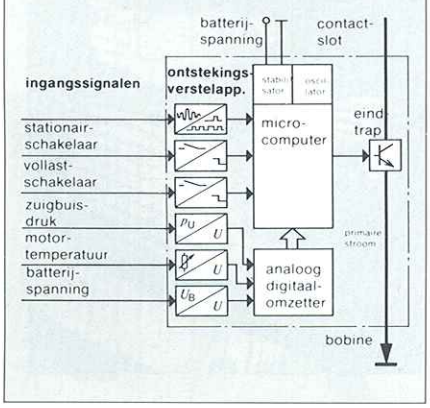
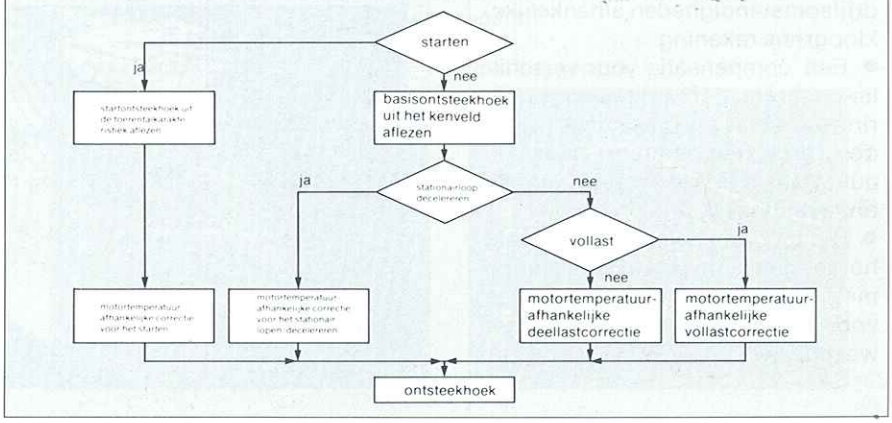


Fig. 28 Contacthoekberekening door de microcomputer.



6 Elektronische klopregeling

Fig. 29 Klopschade aan een zuiger.
Na een aanhoudend kloppende verbranding ziet de zuiger er uit alsof hij door een lasbrander is beschadigd.

Het probleem
Voor het doen dalen van het verbruik en ter verhoging van het koppel wordt een hoge compressieverhouding nagestreefd. Met een toenemende compressieverhouding stijgt echter het gevaar van een ongecontroleerd intredende zelfontbranding van het lucht-brandstof-mengsel. Als gevolg hiervan treedt een 'kloppende' verbranding op.

De oplossing
De van de verbrandingsruimte uitgaande trillingen worden door een sensor opgenomen, door een verwerkingsschakeling herkend en naar de regelschakeling gevoerd. Het regelapparaat verstelt in dit geval het ontstekingstijdstip zo ver in de richting 'laat', dat we weer onder de klopgrens zitten.

De voordelen
- Met toenemende compressieverhouding stijgt het koppel en dienovereenkomstig neemt het specifieke verbruik af.
- Het ontstekingskenveld kan op vermogen, verbruik en emissie worden geoptimaliseerd.
- Het ontstekingssysteem houdt automatisch met de (van de bedrijfsomstandigheden afhankelijke) klopgrens rekening.
- Een compensatie voor verschillende brandstofkwaliteit, verouderingseffecten en omgevingsinvloeden (druk, temperatuur) door een automatische aanpassing van de ontsteekhoek.
- De moderne elektronica maakt het mogelijk om de klopsignalering met de daarbij horende regeling voor iedere cilinder apart te verwezenlijken.

Fig. 30 Het regelcircuit voor de klopregeling. *De door de druksensor opgenomen druksignalen komen in het elektronisch regelapparaat, dat bij het optreden van kloptrillingen het ontstekingstijdstip zo ver terugstelt, totdat de motor weer klopvrij werkt.*

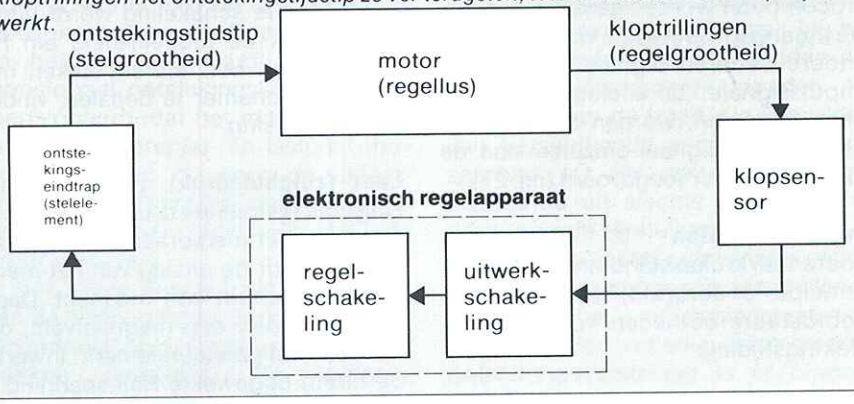


Fig. 31 Trillingbeeld bij de ottomotor: *met kloppende verbranding.*

Trillingbeeld bij de ottomotor: *zonder kloppende verbranding.*

6.1 De opbouw

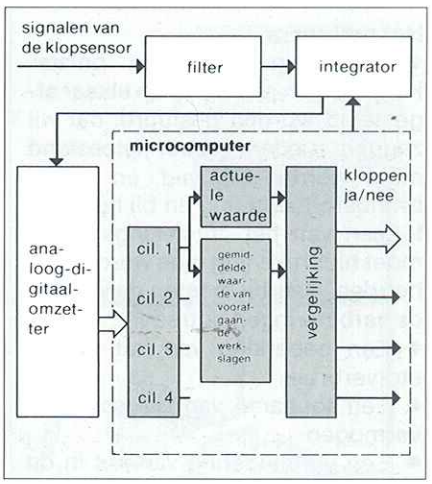
De klopregeling kan of als zelfstandig apparaat met de transistorontsteking worden gecombineerd, of in complexe systemen als de motronic worden geïntegreerd.
Bijzonder zinvol is daarbij de mogelijkheid van een combinatie van elektronische ontsteking en klopregeling.
Voor de klopregeling is een klopsensor nodig, die aan het motorblok is geschroefd. De sensor bestaat uit een piëzokeramische schijf[1]) met seismische massa[2]) in kunststof gegoten.
Bovendien is een klopregelingsschakeling (als apart regelapparaat of geïntegreerd in een complex stuurapparaat) nodig. De klopregeling kan met de volgende functies worden gecombineerd:
1. Ingrijpen in de lucht-brandstofverhouding via de sturing van de brandstofpomp, via een decelereerafschakelventiel en via een verrijkingsventiel.
2. Uitlaatgasterugvoer.
3. Diagnose, dat wil zeggen een automatisch foutzoeken door de ingebouwde microprocessor en naar behoefte een foutuitlezing via de toerenteller (een wijzerstand op bepaalde merktekens).

[1]) Door druk op piëzokeramisch materiaal ontstaan elektrische ladingen.
[2]) Een seismische massa geeft de door elektrische trillingen veroorzaakte deformaties door.

6.2 Werking

De klopgrens is geen vaste grens, maar is afhankelijk van verschillende bedrijfsomstandigheden. Bepalend is, dat de daadwerkelijke klopgrens wordt herkend. De klopsensor 'luistert' naar de metaaltrillingen van het motorblok en zet deze om in elektrische spanningssignalen. In het regelapparaat wordt het karakteristieke klopsignaal er uit gefilterd en geanaliseerd. Daarbij gebeurt de klopherkenning (fig. 34) en de klopregeling voor iedere cilinder afzonderlijk. Het klopsignaal wordt aan de betreffende cilinder gekoppeld. Daardoor is een individuele aanpassing voor iedere cilinder mogelijk.
Wanneer 'kloppen' wordt herkend, vertraagt de regelschakeling direct het ontstekingstijdstip voor de eerstvolgende ontsteking van de betreffende cilinder (bijvoorbeeld over 1,5 krukasgraad). Dit herhaalt zich bij ieder volgend ontstekingsproces, voor het geval de sensor opnieuw het 'kloppen' herkent. Dit gebeurt zo lang totdat geen klopgeluiden de sensor meer bereiken. Aansluitend brengt de regelinstallatie het ontstekingstijdstip stap voor stap op die kenveldwaarde terug, die het dichtst bij de klopgrens ligt, om zo het motorrendement en het brandstofverbruik optimaal te houden.
Het signaal van de regelschakeling triggert de ontstekingseindtrap.
Een veiligheidsschakeling herkent storingen en het uitvallen en waarborgt daarmee dat de motor bij een storing niet in het klopgevaarlijke gebied kan worden gebracht: het ontstekingstijdstip wordt voldoende ver naar 'laat' versteld en een waarschuwingssignaal op het instrumentenbord gaat aan.
De veiligheidsbewaking bestaat uit twee circuits:
Circuit 1
Sensor, sensorleiding en uitwerkingsschakeling worden bewaakt.
Circuit 2
De microcomputer wordt bewaakt.

Fig. 34 Klopherkenning in het elektronisch regelapparaat.
Uit de door de sensor geleverde signalen wordt het karakteristieke klopsignaal gefilterd en geanalyseerd. De microcomputer wijst de via de AD-omzetter verder geleide signalen aan de betreffende cilinder toe en regelt dienovereenkomstig het ontstekingstijdstip voor de volgende ontsteking van deze cilinder.



regelschakeling uitwerkschakeling

Fig. 32 Klopsensor als breedbandige versnellingsopnemer met een grensfrequentie van meer dan 25 KHz.
Het actieve element bestaat uit piezokeramiek. Voor de thermische ontkoppeling is de sensor met kunststof ommanteld. Toelaatbare temperatuur 130° C.

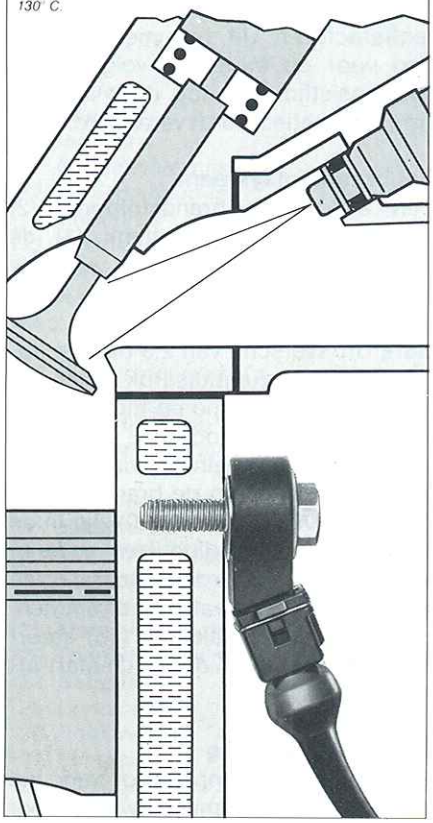


Fig. 33 Het regelverloop bij de klopregeling. *Zodra kloppen optreedt, wordt de ontsteekhoek teruggesteld, maar wordt echter na korte tijd weer tot aan de klopgrens opgevoerd.*

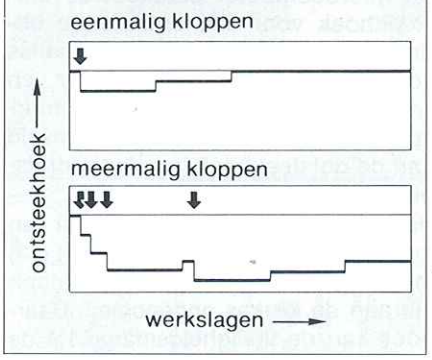
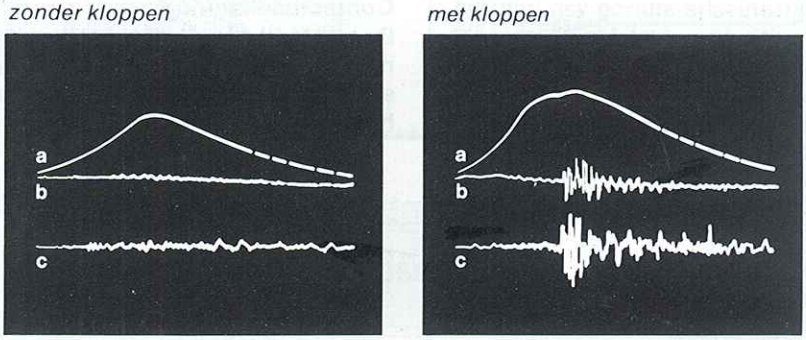


Fig. 35 Klopsensor-signalen.
De klopsensor levert een signaal (c), dat overeenkomt met het drukverloop in de cilinder. Het gefilterde signaal is in (b) weergegeven.



7 Motronic

Een combinatie van een volledig elektronische ontsteking (kenveldontsteking) en een elektronisch gestuurde benzine-inspuiting (L-Jetronic) ter gemeenschappelijke optimalisering van beide systemen, uitgevoerd in digitale techniek.

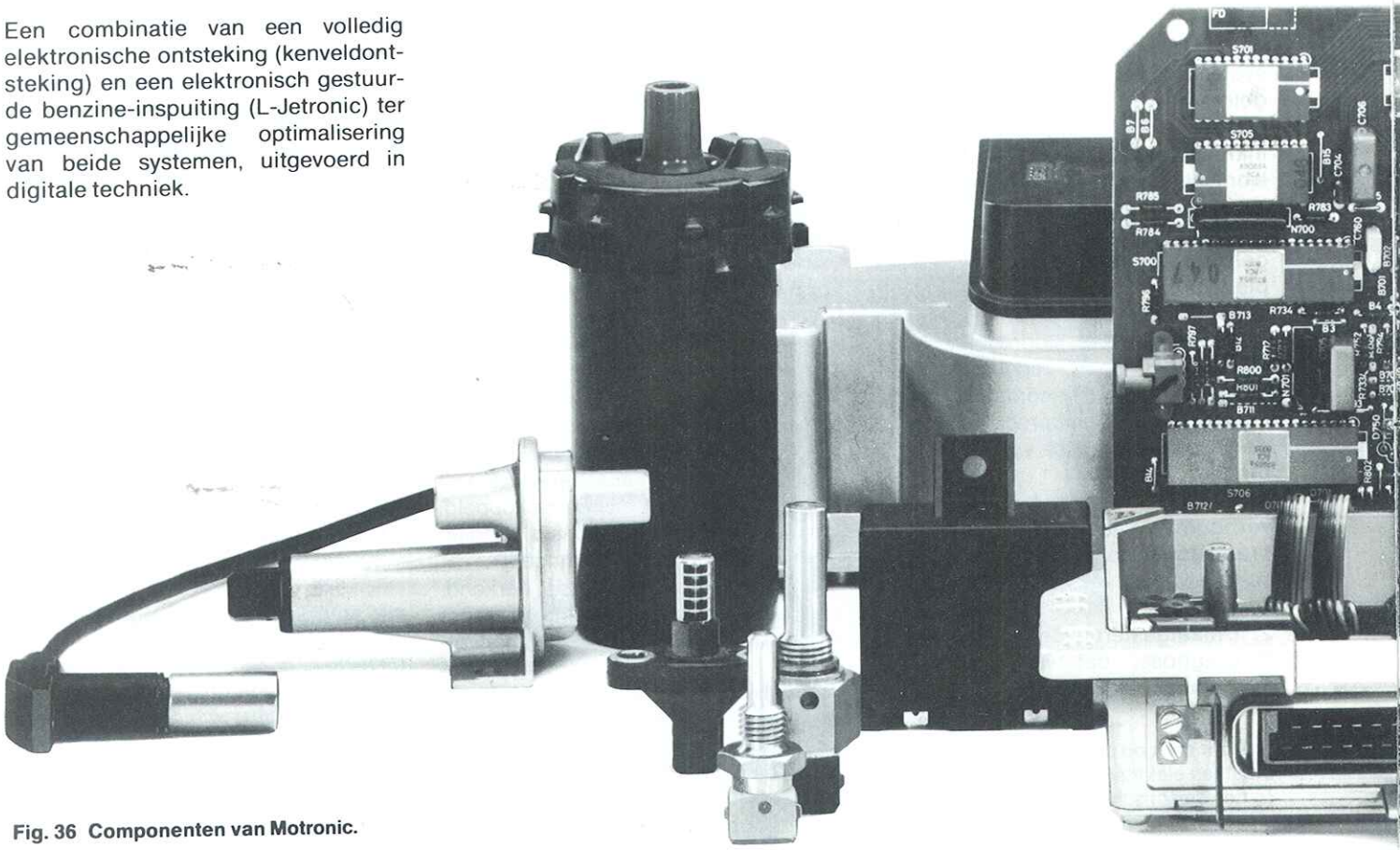


Fig. 36 Componenten van Motronic.

Het probleem
- Benzine-inspuiting en ontsteking moeten samen en op elkaar afgestemd worden gestuurd, dat wil zeggen iedere bedrijfstoestand moet worden bepaald, èn bij de brandstoftoemeting èn bij het vastleggen van het ontstekingstijdstip moet hier rekening mee worden gehouden. Daarbij moeten de volgende verbeteringen optreden:
- Een beperking van het brandstofverbruik.
- Een toename van het specifiek vermogen.
- Een vermindering van het in de uitlaatgassen aanwezige aandeel van schadelijke stoffen.

De oplossing
Een geïntegreerd systeem voor de elektronische sturing van benzine-inspuiting en ontsteking.

De voordelen
- Een hoog vermogen.
- Een laag brandstofverbruik.
- Een rustiger loop van de motor.
- Een verhoogde betrouwbaarheid.
- Onderhoudsvrij.
- Een stootvrij werken van de motor.

7.1 Deelsysteem ontsteking

Ontsteekhoekberekening
De microcomputer berekent de ontsteekhoek voor alle optredende bedrijfstoestanden uit de informaties koppel, toerental, temperatuur en smoorklepstand. Door het in het stuurapparaat digitaal opgeladen kenveld kan de ontsteekhoek in ieder bedrijfspunt optimaal worden ingesteld.
De toerentalinformatie wordt door een inductieve toerentalopnemer (22) (23) met hoge nauwkeurigheid onmiddellijk aan de krukas opgenomen. Daardoor kan de veiligheidsmarge tot de klopgrens worden verminderd en kan de ontsteekhoek beter aan de kromme voor het maximale koppel worden aangepast.

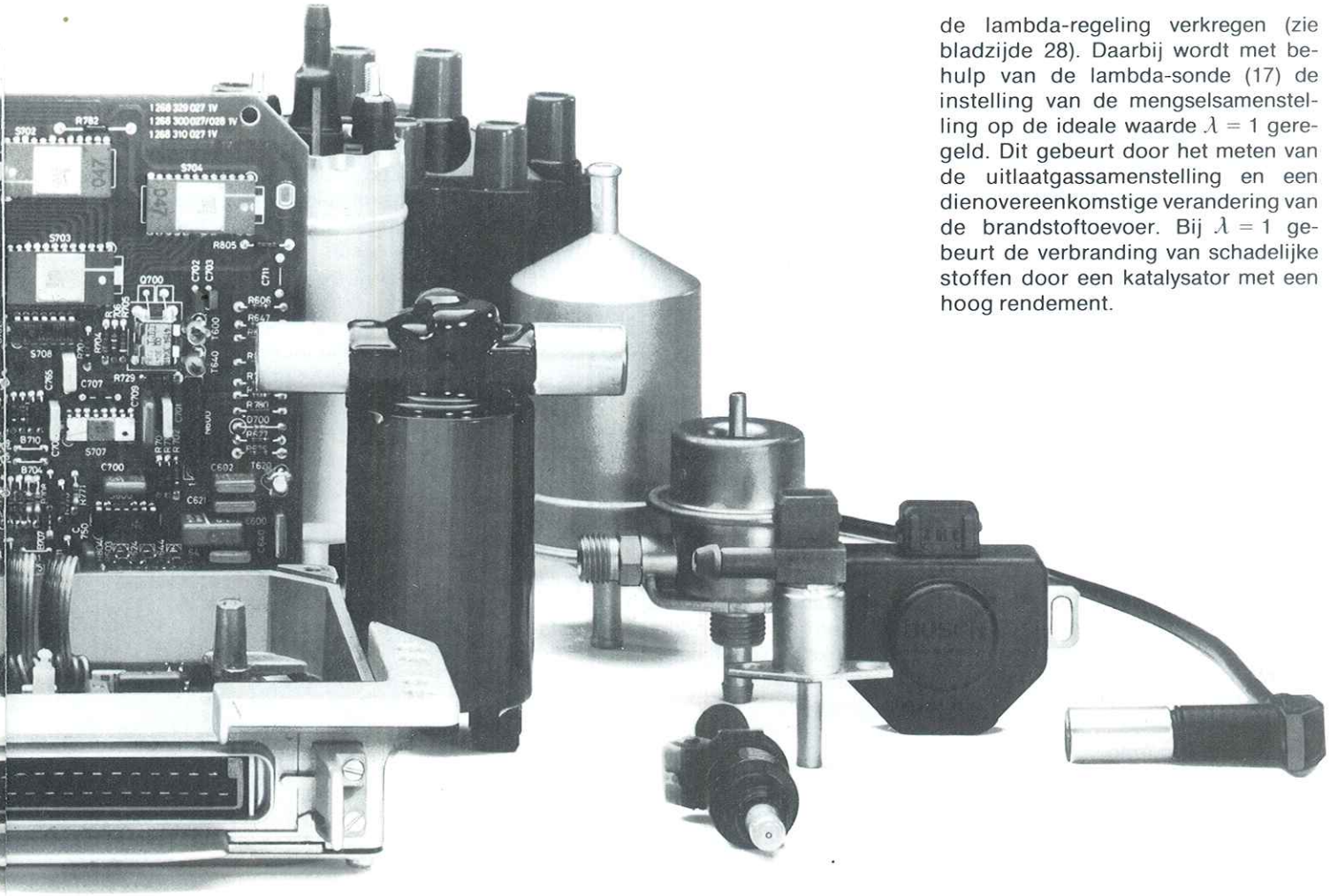
Contacthoeksturing
De contacthoek is afhankelijk van het motortoerental en van de batterijspanning en wordt met een contacthoekkenveld gerealiseerd.

7.2 Deelsysteem benzine-inspuiting

Berekenen van de inspuittijd
Basis hiervoor zijn: luchthoeveelheidssignaal, toerentalsignaal en correctiefactoren. Uit deze meetgrootheden voor de motorlast volgt de inspuitbasistijd, die nog door aanpassingscorrecties wordt veranderd.

Het brandstofsysteem
Een elektrische brandstofpomp (2) zuigt uit de brandstoftank (1) de brandstof aan. De pomp wekt de systeemdruk op, die met een overstroomdrukregelaar (5) op een constant drukverschil van 2,5 bar ten opzichte van de zuigbuisdruk wordt gebracht. Omdat de pomp meer brandstof levert dan nodig is, vloeit de overtollige hoeveelheid via de trillingsdemper (28) in de brandstoftank (1) terug. De injectoren (10) zijn in de afzonderlijke aanzuigbuizen zodanig aangebracht, dat ze de brandstof op de schotels van de inlaatkleppen spuiten. Een thermotijdschakelaar (18) stuurt de openingstijd van de koude-start-injector.

De lambda-regeling
Een optimale aanpassing van het lucht-brandstof-mengsel wordt door



de lambda-regeling verkregen (zie bladzijde 28). Daarbij wordt met behulp van de lambda-sonde (17) de instelling van de mengselsamenstelling op de ideale waarde $\lambda = 1$ geregeld. Dit gebeurt door het meten van de uitlaatgassamenstelling en een dienovereenkomstige verandering van de brandstoftoevoer. Bij $\lambda = 1$ gebeurt de verbranding van schadelijke stoffen door een katalysator met een hoog rendement.

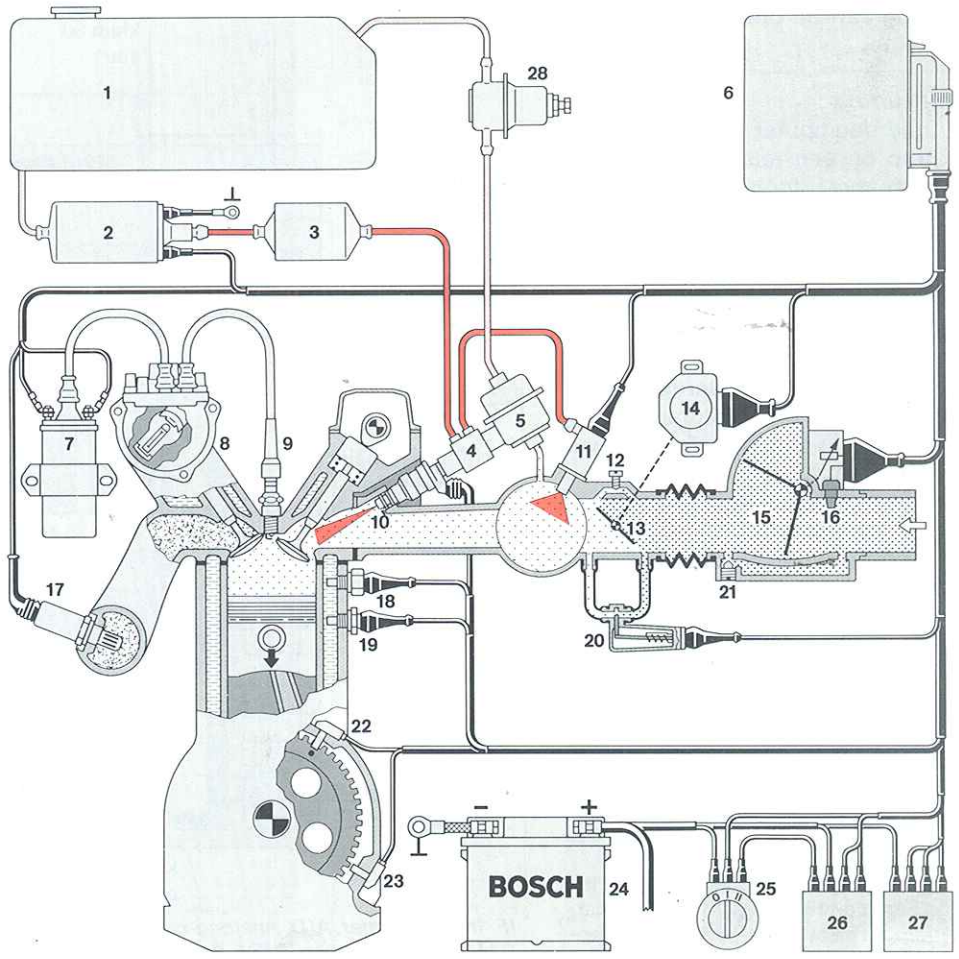


Fig. 37 Motronic systeemoverzicht.

1 *Brandstoftank*
2 *Brandstofpomp*
3 *Brandstoffilter*
4 *Brandstofverdeler*
5 *Drukregelaar*
6 *Stuurapparaat*
7 *Bobine*
8 *Verdeler*
9 *Bougie*
10 *Injector*
11 *Koude-start-injector*
12 *Stationairloop-instelschroef*
13 *Smoorklep*
14 *Smoorklepschakelaar*
15 *Luchthoeveelheidsmeter*
16 *Luchttemperatuurmeter*
17 *Lambda-sonde*
18 *Thermotijdschakelaar*
19 *Motortemperatuuropnemer*
20 *Extra luchtschuif*
21 *Stationair mengsel instelschroef*
22 *Merkteken opnemer*
23 *Toerentalopnemer*
24 *Batterij*
25 *Contactslot*
26 *Hoofdrelais*
27 *Pomprelais*
28 *Trillingsdemper.*

7.3 Het stuurapparaat

Opbouw
Het stuurapparaat bestaat uit twee printplaten, die een microcomputersysteem bevatten. Het computersysteem bestaat op zijn beurt weer uit meerdere digitale CMOS-geïntegreerde schakelingen*).
De vermogensonderdelen van de eindtrappen voor de inspuiting en de ontsteking zijn voor een betere warmteafvoer op het chassis van het apparaat bevestigd. Een 35-polige stekker verbindt het stuurapparaat met de batterij, de opnemers en de stelelementen.

Werking
Inspuiteindtrap
De inspuiteindtrap regelt de injectorstroom, die tot aan de inschakelwaarde stijgt en dan tot een houdstroom zakt. De regeling wordt door een IC verzorgd. Het vermogensdeel werkt met een Darlington- en een enkele transistor.

Ontstekingseindtrap
De ontstekingseindtrap heeft in feite slechts een stroomversterkingstaak. De tijd voor het vloeien van de stroom in de bobine wordt door de microcomputer, batterijspannings- en toerentalonafhankelijk bepaald. De trap bevat ook nog een regeling ter begrenzing van de primaire stroom van de bobine.

Pompsturing
De microcomputer stuurt via een eindtrap en een relais het schakelen van de brandstofpomp.

Verdere eindtrappen
Afhankelijk van de functie-omvang bevat het stuurapparaat de volgende eindtrappen:
een eindtrap voor het sturen van kleppen in de uitlaatgasterugvoer,
een eindtrap voor het sturen van een bypass-klep voor de stationair-vullingsregeling,
een eindtrap voor het sturen van een cilinderafschakeling,
een eindtrap voor het sturen van de brandstoftank-ontluchting.

Uitgangssignalen
Inspuitsignaal
De microcomputer in het stuurapparaat berekent naar aanleiding van de bedrijfstoestand van de motor de inspuittijd en stuurt met het overeenkomstige signaal de eindtrap aan.

*) CMOS: (engels) Complementary Metal-Oxide Semiconductor: MOS-halfgeleidertechnologie met n- en p-kanaal-transistoren.

Ontstekingssignaal
De microcomputer in het stuurapparaat berekent uit de ingangsgrootheden toerental, last en verschillende correctiegrootheden, een ontsteekhoek. Verder bepaalt de microcomputer de contacthoek. Beide grootheden bepalen de lengte van het ontstekingssignaal, welke lengte overeenkomt met de sluittijd. Het ontstekingssignaal stuurt via de ontstekingseindtrap de stroom door de bobine.

De sensoren
Ingangssignalen
Motortoerental (hoofdstuurgrootheid)
De tanden op de inductieve impulsgever aan de starterkrans registreert impulsen aan het stuurapparaat.

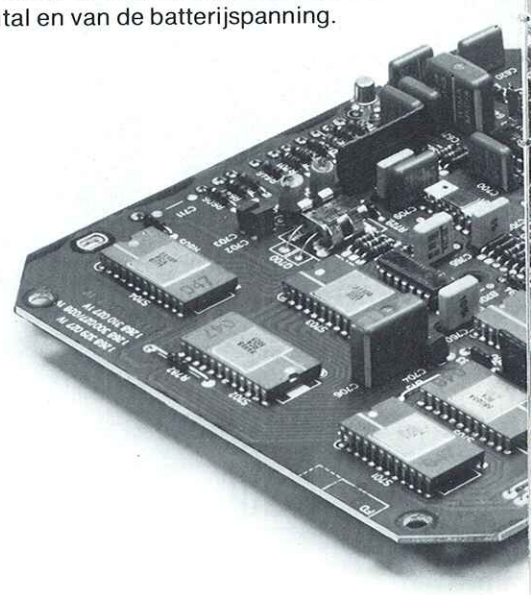
Krukashoek
De inductieve referentieteken-impulsgever aan de startkrans registreert impulsen van het ronddraaiende referentieteken en geeft deze door aan het stuurapparaat.

Luchthoeveelheid (hoofdstuurgrootheid)
De hoekstand van de stuwklep met potentiometer levert een spanningssignaal aan het stuurapparaat.

Signaalverwerking
Ingangstijdberekening
De basisinspuithoeveelheid wordt overeenkomstig de motorlast bepaald.

Contacthoekberekening
De contacthoekberekening volgt uit ontstekingskenveld en de motortemperatuurafhankelijke correctiegrootheden voor start, stationairloop, decelereerbedrijf, deellast en vollast.

Contacthoekberekening
De hoek is een functie van het toerental en van de batterijspanning.



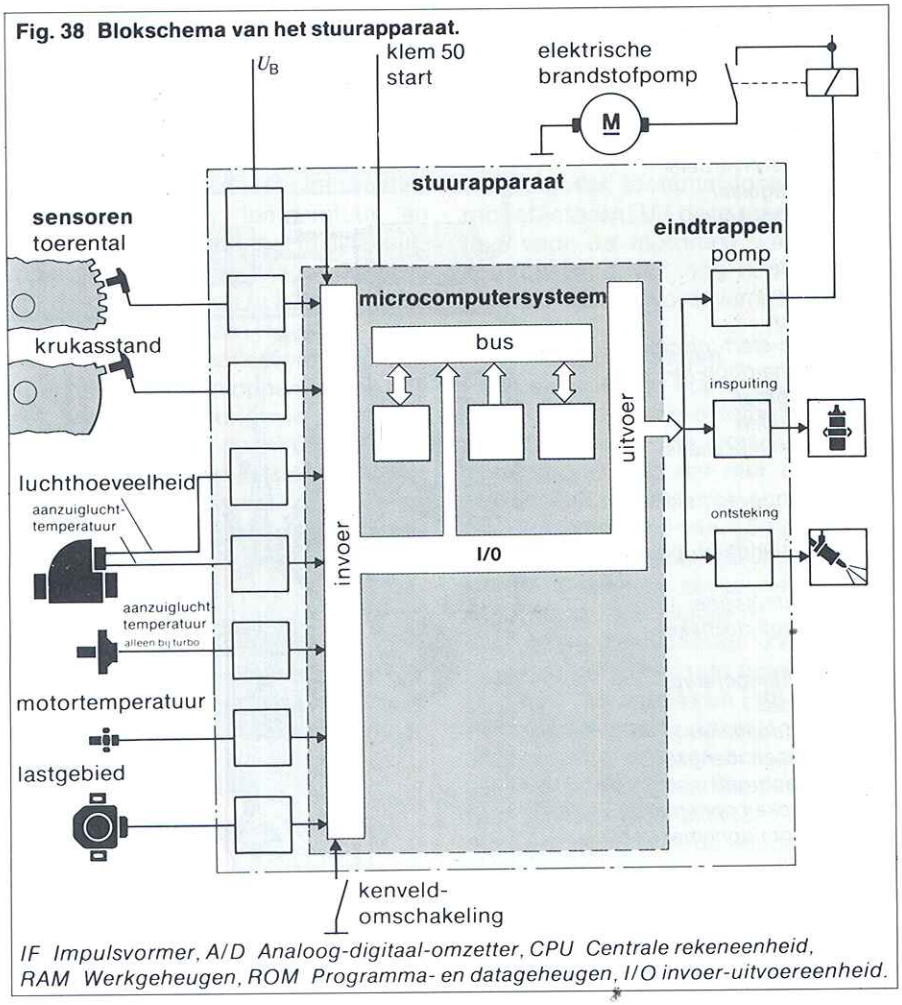


Fig. 38 Blokschema van het stuurapparaat.
IF Impulsvormer, A/D Analoog-digitaal-omzetter, CPU Centrale rekeneenheid, RAM Werkgeheugen, ROM Programma- en datageheugen, I/O invoer-uitvoereenheid.

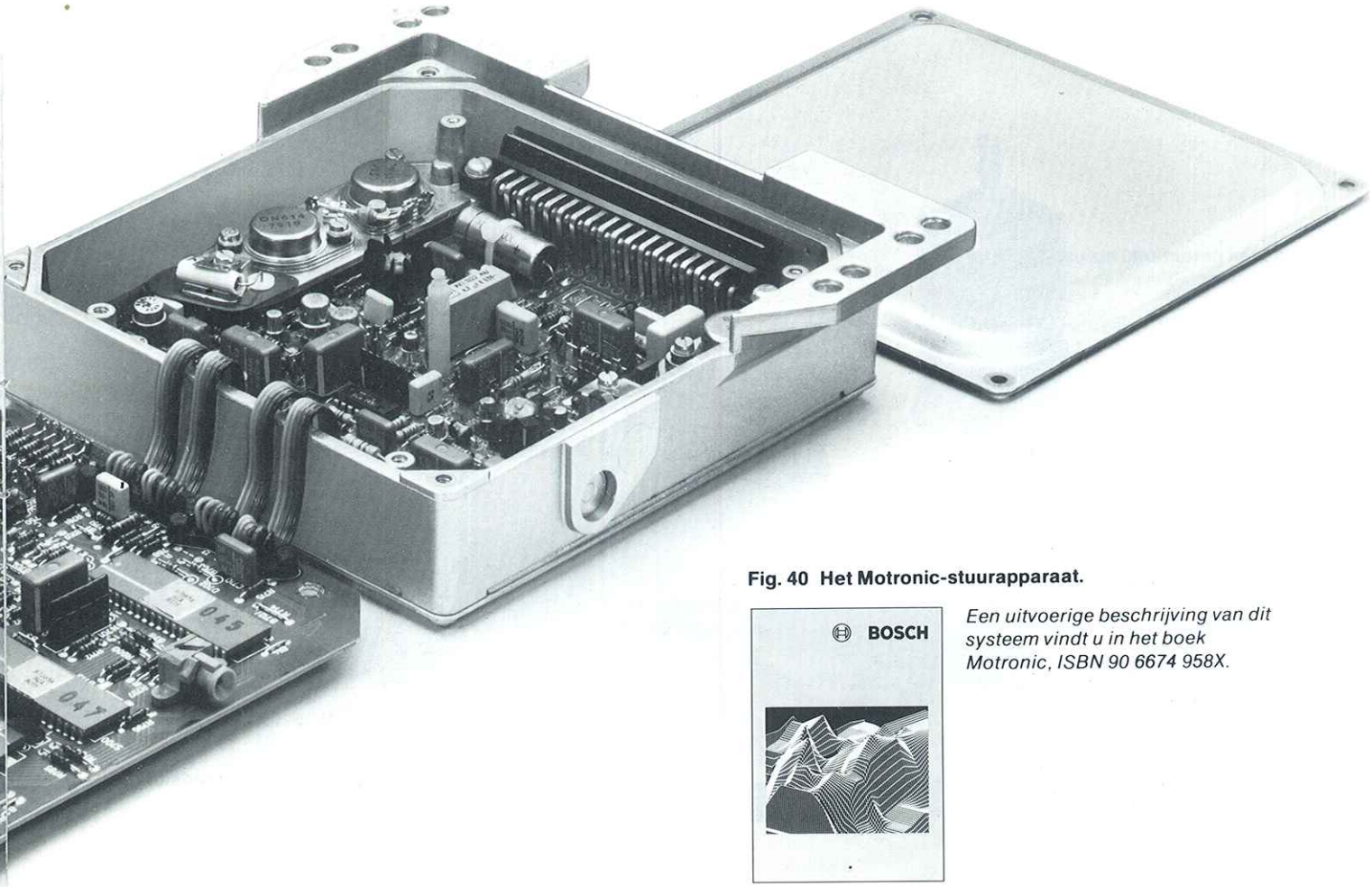


Fig. 40 Het Motronic-stuurapparaat.

Een uitvoerige beschrijving van dit systeem vindt u in het boek Motronic, ISBN 90 6674 958X.

Fig. 39 Vorming van de inspuitimpuls (voorbeeld voor 6-cilinder motoren).

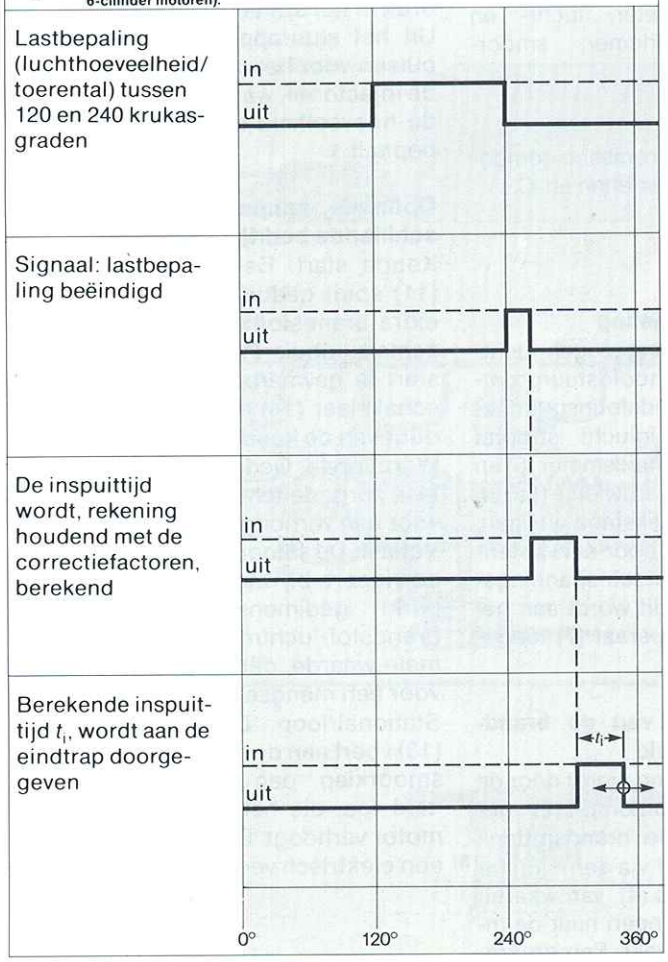
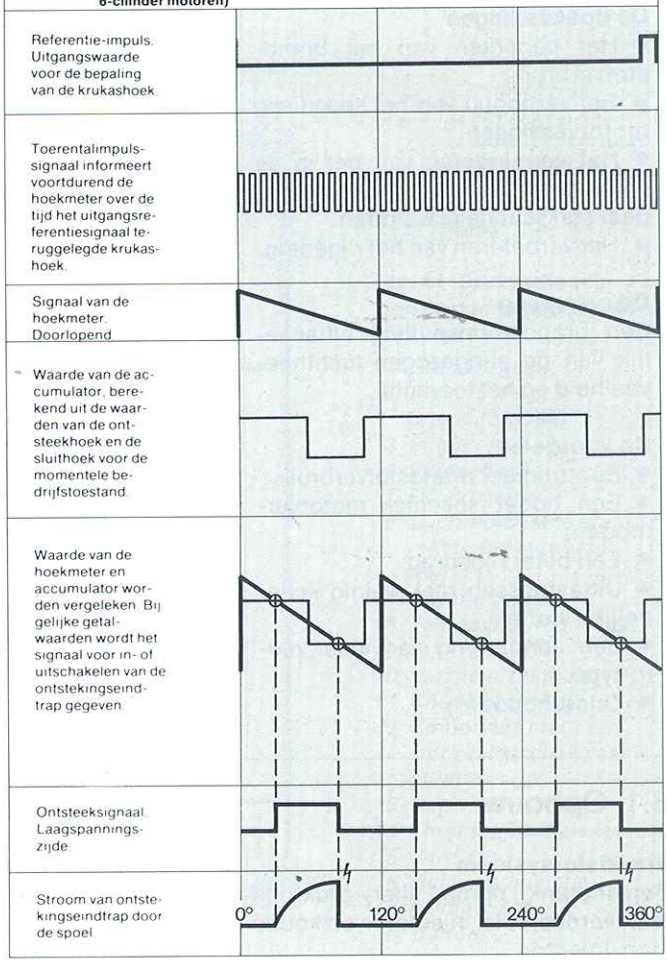



Fig. 41 Vorming van de sluit/ontsteekhoek (voorbeeld voor 6-cilinder motoren)