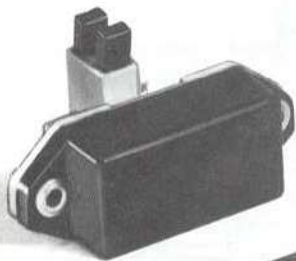


3 Spanningsregelaar voor driefasendynamo's



3 Spanningsregelaar voor driefasendynamo's

3.1 Waarom is een spanningsregelaar noodzakelijk?

Bij de beschouwing tot nu toe is een belangrijk onderdeel van de driefasendynamo nog niet ter sprake gekomen, namelijk de spanningsregelaar. De taak van de regelaar bestaat uit het constant houden van de dynamospanning over het gehele toerenbereik van de motor, ongeacht de belasting en het toerental van de dynamo. Deze spanningsregeling is nodig omdat de variatie in het motortoerental en de belasting van de dynamo ten gevolge van het aantal ingeschakelde verbruikers aanzienlijk is. Ondanks deze voortdurend veranderende bedrijfsomstandigheden moet men er zeker van kunnen zijn dat bij hogere toerentallen en kleine dynamobelasting de spanning tot op een zekere voorgeschreven waarde wordt begrensd. Hierdoor worden de verbruikers tegen een te hoge spanning beschermd en wordt voorkomen dat de batterij wordt overladen. Bovendien moet tijdens het laden van de batterij nog rekening worden gehouden met zijn elektro-chemische eigenschappen, waardoor de laadspanning bij lage temperaturen wat hoger moet zijn dan bij hogere temperaturen. Dit alles geschiedt nu met behulp van spanningsregelaar die bij iedere dynamo hoort. Afhankelijk van de bevesti-

gingswijze kan men een onderscheid maken tussen losse regelaars en aangebouwde of ingebouwde regelaars.

3.2 Het principe van de spanningsregeling

De in de dynamo opgewekte spanning hangt af van de grootte van het toerental en de sterkte van de veld- of rotorstroom. Hoe hoger het toerental en hoe sterker het magnetisch veld, des te hoger wordt de opgewekte dynamospanning. Wanneer men de rotor van een dynamo volledig zou bekrachtigen en de dynamo niet zou

aansluiten op de batterij of een andere verbruiker, dan zou de spanning rechtveerredig met het toerental oplopen en deze zou bij zo'n 10.000 t/min ongeveer 140V bedragen. Het principe van de spanningsregeling bestaat dan ook hieruit dat men de rotorstroom – en daardoor de sterkte van het magnetisch veld afhankelijk van de in de dynamo opgewekte spanning – gaat regelen. Hierdoor wordt de dynamo klemspanning U_d (tussen de klemmen B+ en B-) tot de maximale dynamostroom constant houden. De nominale afgeregelde spanning bij motorvoertuigen uitgerust met een 12V batterij bedraagt 14V; wanneer er sprake is van een 24V batterijspanning dan bedraagt de nominale afgeregelde spanning 28V. Zolang de dynamospanning onder de afgeregelde spanning blijft werkt de regelaar niet.

Wordt de dynamospanning binnen een zeker tolerantiegebied groter dan de nominaal afgeregelde spanning, dan is het de taak van de regelaar om, in relatie tot de belasting, de rotorstroom door middel van onderbreking te verminderen. Het rotorveld neemt hierdoor af en uiteraard ook de door de dynamo opgewekte spanning. Zou vervolgens de dynamospanning onder de afgeregelde spanning dalen, dan neemt het rotorveld weer toe en derhalve ook de dynamospanning, totdat de nominale afgeregelde spanning weer wordt overschreden, waarna het spel opnieuw kan beginnen.

Dit proces herhaalt zich zo snel (het gaat hier om milliseconden) dat de dynamospanning op de gemiddelde gewenste waarde kan worden afgeregeld. De traploze aanpassing aan de verschillende toerentallen geschiedt automatisch. Bij lage toerentallen kan de rotorstroom relatief lang door de

Fig. 23 Schema van een monocontactregelaar met één element.

1 regelaar, 2 dynamo, 3 elektromagneet, 4 contactpunten, 5 veldweerstand, 6 rotorwikkeling (R).

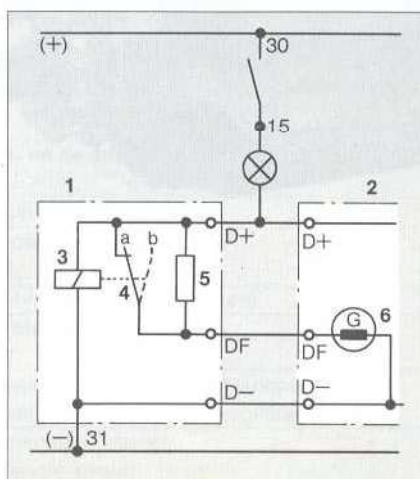
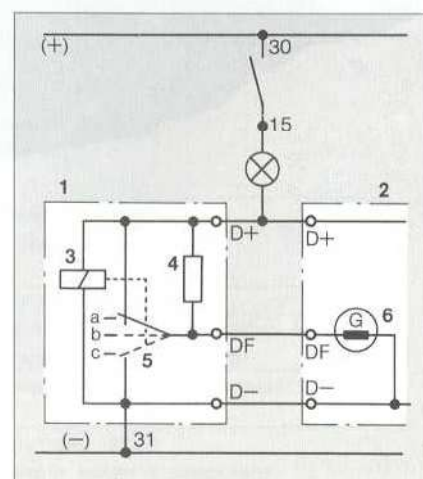


Fig. 24 Schema van een dubbele contactregelaar met één element.

1 regelaar, 2 dynamo, 3 elektromagneet, 4 veldweerstand, 5 contactpunten, 6 rotorwikkelingen (R).



wikkeling vloeien en wordt slechts kort onderbroken, zijn gemiddelde waarde I_{m1} is derhalve hoog. Omgekeerd is bij de hogere toerentallen de rotorstroom slechts kort ingeschakeld en wordt relatief lang onderbroken, in dit geval is de gemiddelde stroomwaarde I_{m2} laag. De dynamo wordt dus afgeregeld door het periodiek in- en uitschakelen van de rotorstroom hetgeen in het zaagtandvormige verloop van de rotorstroomcurve tot uitdrukking komt (afbeelding 26). De verhouding tussen de in- en uitschakeltijden is maatgevend voor de grootte van de gemiddelde veld- of rotorstroom. Hoe kan het dan worden verklaard dat door het in- en uitschakelproces de rotorstroom niet stoetsgewijze groter of kleiner wordt?

Dit wordt veroorzaakt door de rotorwikkeling van de dynamo die een grote zelfinductiecoëfficiënt bezit. Op het ogenblik van inschakelen neemt de stroomsterkte, tezamen met de opbouw van het magnetisch veld, geleidelijk gedurende de inschakelduur T_i toe. Tijdens het uitschakelen neemt de rotorstroom, tezamen met het veld, weer af gedurende de uitschakeltijd T_u (het verloop van de afnemende stroom wordt met I_a aangegeven).

Terwijl de regelaar voor de gelijkstroomdynamo nog drie functies te vervullen had, namelijk het regelen van spanning en stroom en het voorkomen van een retourstroom, bezit de veel eenvoudiger uitgevoerde regelaar voor de driefasendynamo's nog slechts één element en wel voor het regelen van de spanning. De functie van de automatische schakelaar wordt door de dioden overgenomen. Een stroombegrenzer is ook niet noodzakelijk, want de ankerreactie begrenst de tijdens vollast optredende maximaal toelaatbare stroom (de stroom door de statorwikkeling doet een magnetisch veld ontstaan, die zijn invloed uitoefent op het rotorveld; het resulterende veld wordt hier-

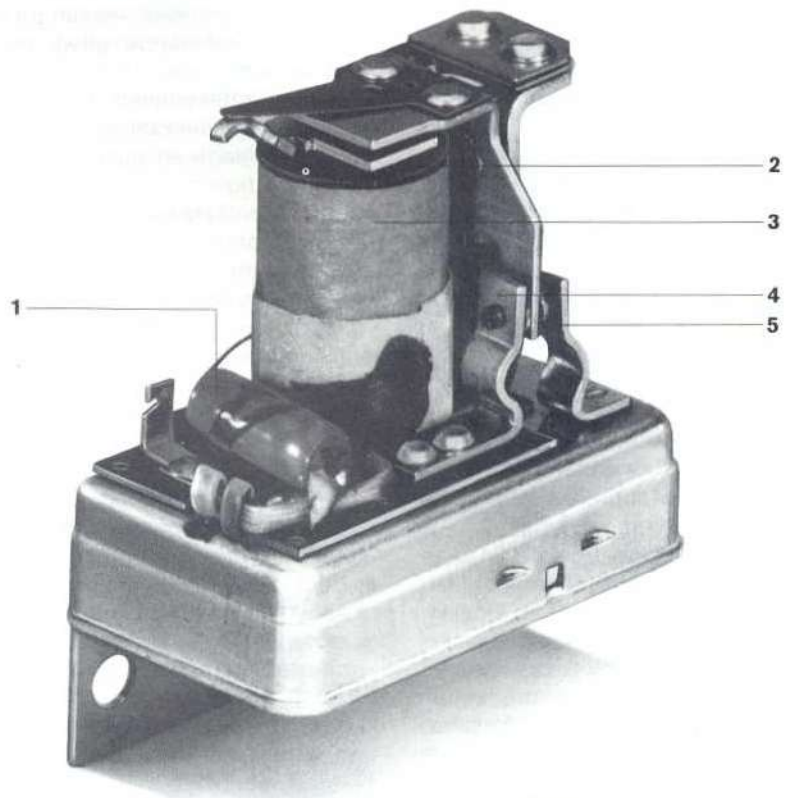


Fig. 25 Dubbele contactregelaar met één element

1 ontstoringselement, 2 het anker, 3 elektromagneet, 4 regelcontacten voor grote rotorstromen, 5 regelcontacten voor kleine rotorstromen.

door aanmerkelijk kleiner). Bij hogere toerentallen is een zwakker magnetisch veld echter voldoende om de vereiste klemspanning op te wekken.

De conventionele elektromagnetische contactregelaar (mechanische spanningsregelaar)

Contactregelaars werden vooral tezamen met kleine driefasendynamo's op nieuwe auto's gemonteerd voordat ze door transistorregelaars werden verdrongen. Op het ogenblik worden ze in hoofdzaak voor vervangingsdoeleinden gebruikt. Contactregelaars regelen de dynamospauning langs elektro-mechanische weg. Het afwisselend veranderen van de

rotorstroom geschiedt door het openen en sluiten van het beweegbare contact dat onder invloed van de veerspanning tegen een vast contact wordt gedruwd en bij het bereiken van de afgeregelde spanning door een elektromagneet hiervan wordt weggetrokken. Het is dus een relais dat afhankelijk van de dynamospauning in- en uitschakelt.

Door de afmetingen en eigenschappen van de contactregelaar kan deze niet worden ingebouwd

De voor de driefasendynamo geschikte mechanische spanningsregelaar bestaat uit een spanningsregelend element dat op zijn beurt weer uit een elektromagneet, anker en contactpunten bestaat. Het openen en sluiten van de contacten komt bij de monocontactregelaar met één element op de volgende wijze tot stand:

Op het anker van de regelaar werkt zowel de veerkracht van een afstelbare bladveer als de magneetkracht

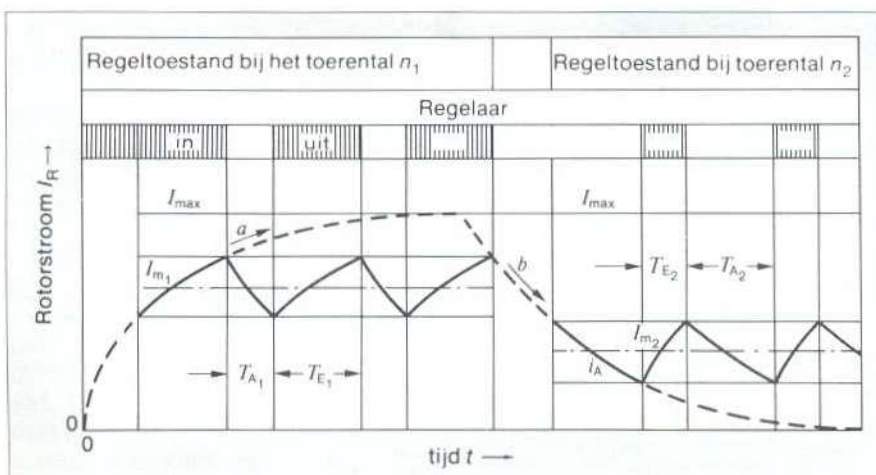


Fig. 26 De rotorstroom I als functie van de inschakeltijd T_i en de uitschakeltijd T_u . De verhouding tussen de inschakel- en uitschakeltijd is bepalend voor de grootte van de gemiddelde rotorstroom I_{gem} . De toename van de rotorstroom geschiedt volgens de kromme a en de afname volgens kromme b. Ter wille van de duidelijkheid is de schaal aangepast. De werkelijke waarden kloppen niet met de gekozen schaalverdeling.

(van de kern). Zodra de dynamospanning de afgeregelde spanning overschrijdt trekt de elektromagneet het anker aan en worden de contacten geopend (schakelstand b). Hierdoor wordt een weerstand in het rotorstroomcircuit geschakeld waardoor de rotorstroom vermindert en de dynamospanning daalt. Wordt de dynamospanning nu lager dan de afgeregelde spanning, dan zal ook de magnetische kracht kleiner worden. De veerspanning is nu groter waardoor de contacten opnieuw sluiten (schakelstand a). Dit proces herhaalt zich voortdurend.

Een dubbele contactregelaar met één element (afb. 25) werkt met een dubbel stel contactpunten, waarbij drie schakelstanden mogelijk zijn.

In de schakelstand (a) (afb. 24) kan door het kortsluiten van de veldweerstand een grote rotorstroom vloeien. In schakelstand (b) is de veldweerstand in serie met de rotorwikkeling geschakeld, waardoor de rotorstroom gereduceerd wordt. In schakelstand (c) wordt ten slotte de rotorspoel kortgesloten; de rotorstroom is dan nagenoeg nul. Door het toepassen van compensatieweerstanden bezit de regelaar bovendien een temperatuurcompensatiesysteem zodat de afgeregelde spanning bij stijgende temperaturen gaat afnemen om te voorkomen dat de batterij wordt overladen. Bij lage temperaturen gaat de afgeregelde spanning omhoog om een geladen batterij te garanderen.

3.3 De elektronische spanningsregelaar

Hogere eisen aan de levensduur, onderhoud en regelnaauwkeurigheid hebben tot de ontwikkeling van de transistorregelaar geleid. De regelaar bezit geen contacten noch andere bewegende delen.

Kleine afmetingen, een gering gewicht en de ongevoeligheid voor trillingen maken het mogelijk deze regelaar direct tegen de dynamo te monteren. De voordelen van de elektronische regelaar zijn zo groot dat hij tot de standaarduitrusting van de driefasendynamo is gaan behoren (af. 27).

Welke voordelen geven de elektronische regelaars?

De voordelen van de elektronische regelaar worden verkregen door de ingebouwde halfgeleider-elementen, die als afzonderlijke, of gedeeltelijk geïntegreerde onderdelen, op een printplaatje zijn gemonteerd en zo een eenvoudige eenheids-eenheid vormen. De belangrijkste en markantse onderdelen zijn de transis-

toren en een zenerdiode.

De wezenlijke voordelen van de contactloos schakelende elektronische regelaar zijn:

- Korte schakeltijden maken een kleine regeltolerantie mogelijk.
- Geen slijtage en daardoor onderhoudsvrij.
- Grote toelaatbare schakelstromen waardoor het aantal typen kan worden verminderd.
- Vonkvrij schakelen waardoor geen radiostoring optreedt.
- Ongevoelig voor stoten, trillingen en klimaatinvloeden, waardoor een grotere bedrijfszekerheid en een kleiner uitvalpercentage optreedt.
- Elektronische temperatuurcompensatie geeft ook een kleinere regeltolerantie.
- De compacte bouwwijze maakt ook het inbouwen bij grotere dynamotypen mogelijk. Bedrading kan hierdoor komen te vervallen.

De toepassing van elektronische re-

gelaars op in serie vervaardigde automobielen heeft dan ook door bovenstaande voordelen een grote vlucht genomen.

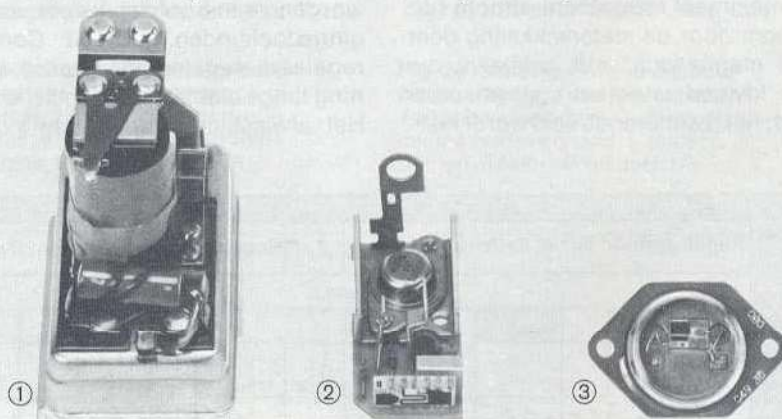
De reductie van het aantal typen maakt het in voorraad houden van elektronische regelaars voor de vakhandelaar eenvoudiger, ook omdat vele oude contactregelaars door elektronische regelaars kunnen worden vervangen.

Bosch heeft de typen EE 14V3 voor de 12V installatie en het type EE 28V3 voor de 24V installatie ontwikkeld, waarbij de borstelhouder en regelaar één unit vormen. De EE regelaars worden in grote aantallen vervaardigd en behoren tot de standaarduitrusting van nieuwe personen- en bedrijfswagens. Losse regelaars worden nog slechts toegepast wanneer het gaat om dynamo's met grote rotorstromen of wanneer speciale eisen worden gesteld.

3.4 De ontwikkeling van de spanningsregelaar

De onderstaande afbeeldingen laten de ontwikkeling van de spanningsregelaar bij Bosch zien sinds de invoering op grote schaal van de driefasendynamo in 1963. Links is de oorspronkelijk gebruikte en gedurende vele jaren gehandhaafde spanningsregelaar afgebeeld. Deze regelaar kan op grond van zijn eigenschappen alleen als losse regelaar worden uitgevoerd. De bijzondere voordelen van de elektronische regelaar leidden ten slotte tot het verdwijnen van de me-

chanische regelaar. Reeds in 1969 kon de in het midden afgebeelde elektronische regelaar voorzien van aparte onderdelen en gedeeltelijk geïntegreerde elementen voor de eerste maal in een dynamo worden ingebouwd. Dit ging tezamen met een nieuwe generatie driefasendynamo's. Het rechter beeld laat de laatste ontwikkeling zien in de zogenaamde hybridetechnologie. Na buitengewoon zorgvuldige testen onder extreme omstandigheden worden deze regelaars tegenwoordig in serie vervaardigd en zijn in de jaren 80 tot de standaarduitrusting van de Bosch driefasendynamo's gaan behoren.



Aanduiding	1 Mechanische of contactregelaar	2 Elektronische regelaar (I)	3 Elektronische regelaar (II)
Uitvoering	elektro-mechanisch	gedeeltelijk geïntegreerde elementen	Hybridetechniek IC stuurtrap
Volumeverhouding	100%	ca. 20%	ca. 3%
Gewicht	240 g	55 g	22 g
Bevestiging	aan de carrosserie	op de dynamo	op de dynamo

3.5 Belangrijke halfgeleideronderdelen in de elektronische spanningsregelaar

In de elektronische spanningsregelaar zijn bijzonder belangrijke halfgeleider-elementen als transistoren en zenerdioden (Z dioden) ingebouwd.

Transistor

De transistor werkt als een schakelaar om de rotorstroom snel in en uit te kunnen schakelen. Ten opzichte van de mechanische schakelaar heeft de transistor vele voordelen. Hij kan geruisloos en vrijwel zonder vertraging grote stromen schakelen terwijl er geen delen mechanisch worden bewogen. Bovendien is hij onderhoudsvrij, klein van afmetingen en licht in gewicht. De transistor als schakelaar kent de twee standen 'in' en 'uit'.

Zenerdiode

De zenerdiode, genoemd naar zijn ontdekker Zener, is een speciale diode. Halfgeleiderdioden laten in sperrichting toch een kleine stroom door. Bij het overschrijden van de zogenaamde doorslagspanning neemt deze lekstroom plotseling sterk toe. Wordt deze stroom te groot dan zal de temperatuur te hoog oplopen en wordt de diode beschadigd. Wanneer de toelaatbare warmteontwikkeling na doorslag niet wordt overschreden, zal beschadiging van de diode worden voorkomen. In de regelaar worden zenerdioden toegepast om de transistoren te kunnen sturen. Ze bepalen de nominale waarde van de afgeregelde of gestabiliseerde spanning.

3.6 De opbouw en werking van de transistorregelaar

Als voorbeeld voor de opbouw en werking nemen we de aangebouwde transistorregelaar type EE 14V3 omdat deze regelaar bij de personen- en bedrijfswagens het meest wordt toegepast (afb. 28).

Het belangrijkste onderdeel van de regelaar wordt gevormd door twee geïntegreerde units, namelijk: TWZ (transistor T1-weerstand R4 – zenerdiode ZD) als stuur-eenheid; TWT (transistor T2-weerstand R5 – transistor T3) als vermogens-eenheid. Alle andere weerstanden worden met behulp van een 'opdruk' techniek op een plaatje keramisch materiaal ondergebracht. Deze opbouw is eenvoudig en bedrijfszeker.

Wat er in de elektronische regelaar

tussen de schakelstanden 'in' en 'uit' gebeurt wordt weergegeven in het vereenvoudigde schema van afbeelding 29 en 30. De werking wordt duidelijk wanneer we de situatie bij toenemende, respectievelijk afnemende dynamospanning gaan bekijken.

De werkelijke dynamospanning tussen de klemmen D+ en D- wordt door een spanningsdeler geregistreerd, die wordt gevormd door de weerstanden R1, R2 en R3. Parallel aan R3 is een zenerdiode als 'spanningsaangever' voor de regelaar geschakeld, die op een deelspanning, evenredig met de dynamospanning, is aangesloten.

Regelstand 'in'

Zolang de werkelijke spanning onder de afgeregelde dynamospanning ligt en de doorslagspanning van de zenerdiode nog niet is bereikt, vloeit er geen stroom door de zenerdiodetak. Derhalve kan er ook geen stroom naar de basis van de transistor T1 gaan zodat T1 zich tezamen met de zenerdiode in spertoestand bevindt. Bij gesperde transistor T1 kan echter een basisstroom van de velddioden en klem D+ via de weerstand R6 naar de basis van transistor T1 vloeien, waardoor T2 inschakelt. De ingeschakelde transistor T2 maakt de verbinding tussen de aansluitklem D, en de basis van T3, waardoor ook T3 in geleidende toestand overgaat. De rotorstroom I_r vloeit nu door T3 en de rotorwikkeling. Gedurende de inschakeltijd neemt de rotorstroom toe waardoor ook de dynamospanning U_d toeneemt. Tegelijkertijd neemt ook de spanning over de spanningsdeler en zenerdiode toe.

Regelstand 'uit' (afb. 30)

Overschrijdt de dynamospanning de nominaal afgeregelde spanning dan wordt de zenerdiode bij het bereiken van de doorslagspanning geleidend.

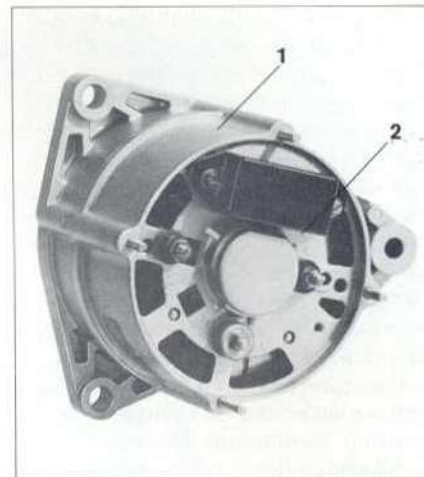


Fig. 27 Dynamotype K1 (1) met geïntegreerde elektronische regelaar type EE 14V3 (2).

Door de invoering van de elektronische regelaar werd het mogelijk om de regelaar direct aan de dynamo te monteren.

Nu gaat de stroom van D+ via R1 en R2 en de zenerdiode naar de basis van de transistor T1, die daardoor geleidend wordt. Het gevolg daarvan is dat de spanning over de basis van T2 wegvalt waardoor geen basisstroom meer zal vloeien, waardoor de transistor T2, maar ook T3 gesperd wordt (T2 en T3 vormen een zogenaamde Darlingtonschakeling). De rotorstroom wordt daardoor onderbroken, het veld valt weg en de dynamospanning daalt weer. Door het onderbreken van de rotorstroom ontstaat ten gevolge van de zelfinductie in de rotorspoel (opgeslagen magnetische energie) een spanningspiek, die de transistoren T2 en T3 zou kunnen beschadigen. Om dit te voorkomen wordt de wegvallende rotorstroom I_r via de parallel aan de rotorwikkeling geschakelde vrijloopdiode D3 afgevoerd. Zodra de dynamospanning weer on-

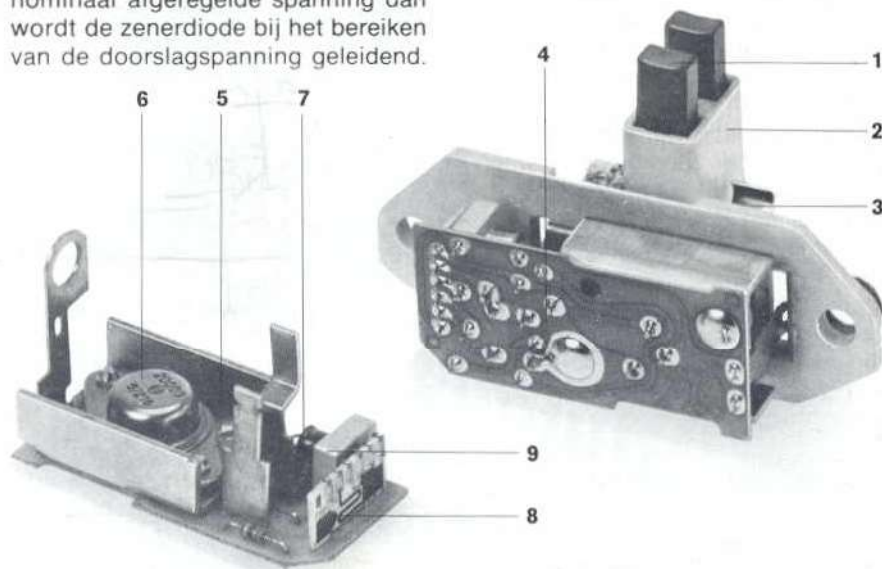


Fig. 28 De elektronische regelaar type EE 14V3 met de borstelhouder als één unit (zonder beschermkap).

1 koolborstel, 2 borstelhouder, 3 contactveer, 4 print met draaddoervoer en soldeerpunten, 5 besturingsgedeelte, 6 vermogensgedeelte, 7 dioden, 8 weerstanden op ceramiekplaat, 9 condensator.

der de afgeregeldde spanning komt en de zenerdiode weer spert wordt de rotorstroom opnieuw ingeschakeld. Dit regelspel, waarbij de rotorwikkeling afwisselend aangesloten is op de dynamospanning en wordt kortgesloten via de vrijlooptdiode, herhaalt zich periodiek. De schakelverhouding hangt af van het dynamotoerental en de geleverde dynamostroom. De condensator C vlak de pulserende gelijkspanning van de dynamo af. De weerstand $R7$ maakt het mogelijk dat de transistoren $T2$ en $T3$ snel en exact schakelen en dat de schakelverliezen worden verminderd. Hoewel de verschillende uitvoeringen uiterlijk en in opbouw van de schakeling kunnen afwijken is hun werkingsprincipe steeds hetzelfde. Een voorbeeld daarvan zijn de 'losse' regelaars in een speciale behuizing, geschikt voor grote rotorstromen, en die in verband met hun warmte-ontwikkeling voorzien zijn van koelribben.

De invloed van de omgevingstemperatuur

De taak van een regelaar is om de installatiespanning aan de behoefte van de verbruikers aan te passen en deze constant te houden, onafhankelijk van het toerental en de belasting. Aan deze eis kan pas volledig worden voldaan wanneer we ook de invloed van de omgevingstemperatuur daarbij betrekken. De laadspanning moet bijvoorbeeld onder koude weersomstandigheden hoger zijn dan wanneer het warm is. Daarom is de elektronische regelaar voorzien van elektronische temperatuurcompensatie. Bij hoge zomertemperaturen is de afgeregeldde spanning iets lager, waardoor het waterverlies van de batterij beperkt kan worden. In de winter daarentegen heeft de batterij een iets hogere laadspanning nodig, waarbij we echter de spanningsafhankelijke levensduur van de gloeilampen in de gaten moeten houden. De temperatuurcompensatie wordt bereikt door de keuze van de zenerdiode, de weerstanden alsmede de in doorlaatrichting geschakelde dioden $D1$ en $D2$. Afbeelding 32 laat ons een voorbeeld zien van een karakteristiek met de toelaatbare spanningstolerantieband, afhankelijk van de temperatuur van de aangezogen lucht onder nauwkeurig gedefinieerde meetomstandigheden.

Regelaar uitgevoerd in hybridetechniek

Onder hybridetechniek verstaat men de compacte bouwwijze van opgedampde afzonderlijke elementen als weerstanden en condensatoren met de actieve elementen als transistoren en geïntegreerde circuits (IC's) op

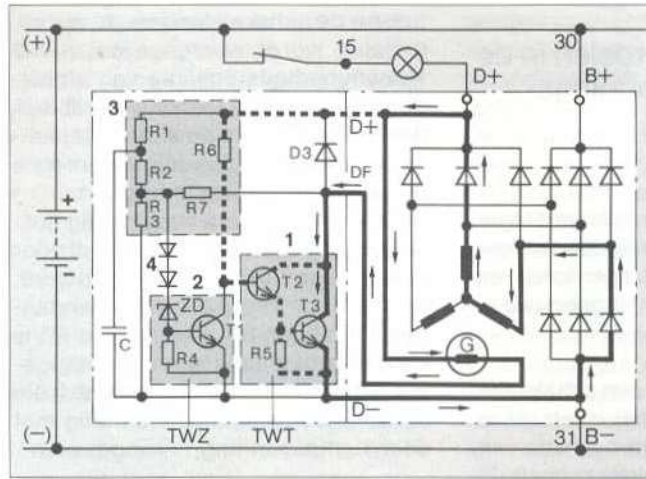


Fig. 29 Schema van de aangebouwde transistorregelaar Type EE 14V3. De rotorstroom is door $T3$ ingeschakeld.

- 1 Eindtrap
 - 2 stuurtrap
 - 3 spanningsdeler
 - 4 temperatuurcompensatiedioden
- C condensator voor het afvlakken van de spanning
 D3 vrijlooptdiode
 ■ geïntegreerde onderdelen.

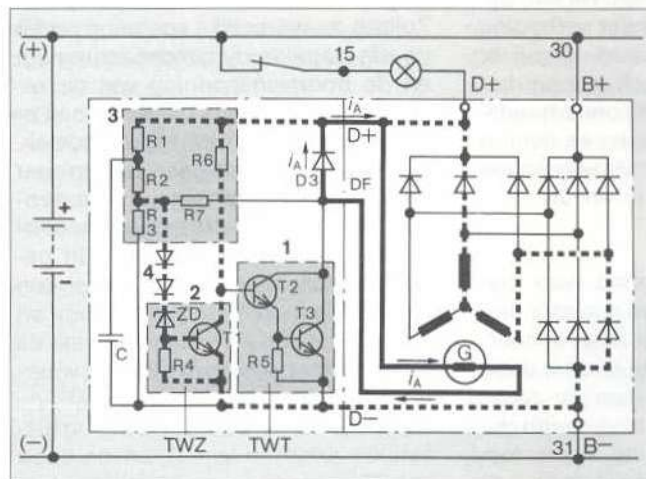


Fig. 30 Schema van de aangebouwde transistorregelaar Type EE 14V3. De motorstroom is door $T3$ uitgeschakeld uitschakelstroom I_A via de vrijlooptdiode $D3$

- 1 Eindtrap
 - 2 stuurtrap
 - 3 spanningsdeler
 - 4 temperatuurcompensatiedioden
- C condensator voor het afvlakken van de spanning
 D3 vrijlooptdiode
 ■ geïntegreerde onderdelen.

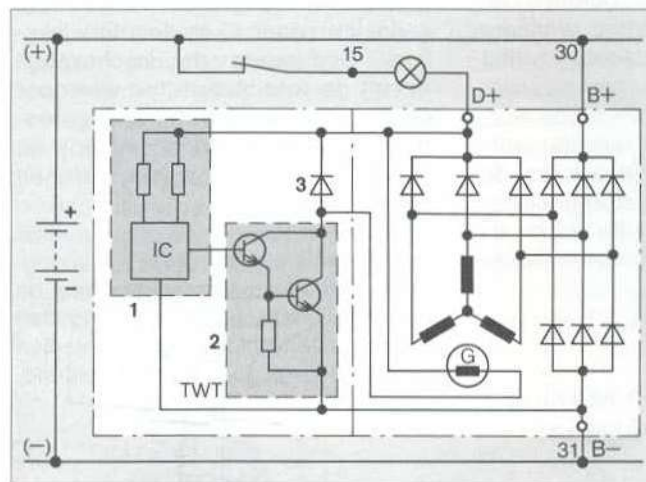


Fig. 31 Schema van een driefasendynamo met regelaar Type EL, uitgevoerd in hybridetechniek.

- 1 Opdrukplaat met de IC stuurtrap
 - 2 vermogenstrap TWT
 - 3 vrijlooptdiode
- geïntegreerde onderdelen.

een ceramische plaat. Behalve dat deze schakelingen een compacte bouwwijze mogelijk maken hebben ze nog het voordeel dat het aantal verbindingen (bijvoorbeeld soldeerverbindingen) kan worden beperkt. De dynamoregelaar uitgevoerd in hybridetechniek is het resultaat van een verdere ontwikkeling van de transistorregelaar. Het hart hiervan wordt gevormd door een geïntegreerde schakeling (IC) waarin alle regelfuncties, zoals de vergelijking tussen de werkelijke en af te regelen spanning, de temperatuurcompensatie en de besturing van de eindtrap, zijn samengevat. Deze schakeltechniek

maakt het mogelijk, het aantal bouwstenen en de interne verbindingen tot een minimum terug te brengen. Hieruit ontstaan de volgende karakteristieke eigenschappen:

- compacte bouwwijze met kleine behuizing;
- weinig onderdelen en verbindingen, derhalve weinig kans op fabricagefouten;
- grote betrouwbaarheid onder extreme bedrijfsomstandigheden.

Afbeelding 31 laat het schema zien en afbeelding 33 de opbouw van de spanningsregelaar Type EL 14V4 in hybridetechniek. Alle elementen zijn gevat in een met beschermgas gevuld

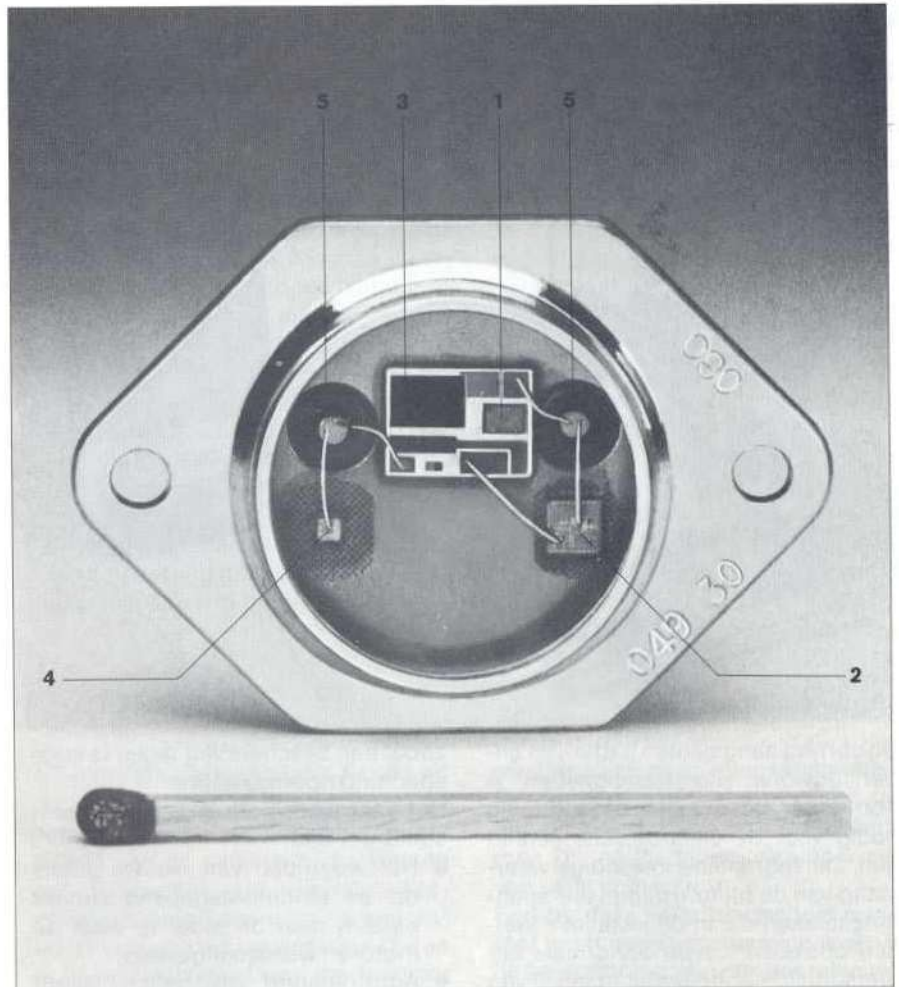
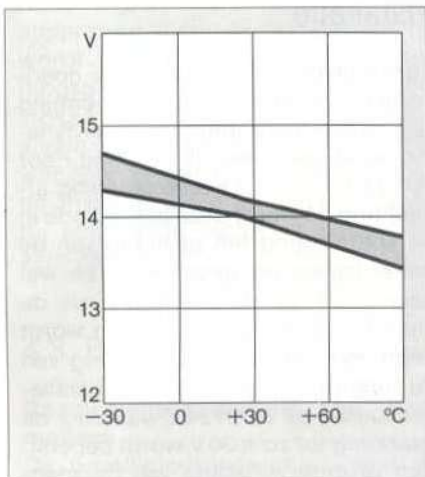
metalen huisje. De elektrische aansluiting wordt verkregen door de met glas geïsoleerde aansluitpen. De ver-

Fig. 33 Regelaar uitgevoerd in hybride-techniek (rechts)

- 1 IC stuurtrap
- 2 vermogenstrap TWT
- 3 voorschakelweerstand
- 4 vrijlooptdiode
- 5 elektrische aansluitingen.

Fig. 32 Regelkarakteristiek voor een 14 V dynamospanning.

De toegestane tolerantieband van de dynamospanning afhankelijk van de temperatuur van de aangezogen lucht bij een aangebouwde regelaar. Meetwaarden in het voorbeeld: $n = 6000 \text{ t/min}$ $I = 5 \text{ A}$. Meettijd $t = 1 \text{ min}$.



mogenselementen van de eindtrap (Darlingtontransistor en vrijlooptdiode) worden in verband met de warmteafvoer direct op het staalplaatje gemonteerd. Op een klein ceramisch plaatje zijn het geïntegreerde schakelcircuit en de weerstanden met behulp van de opdruktechniek aangebracht. Zoals bij de regelaar, type EE het geval is, wordt ook hier de regelaar op een aangepaste borstelhouder gemonteerd en zonder bedrading direct op de dynamo bevestigd.

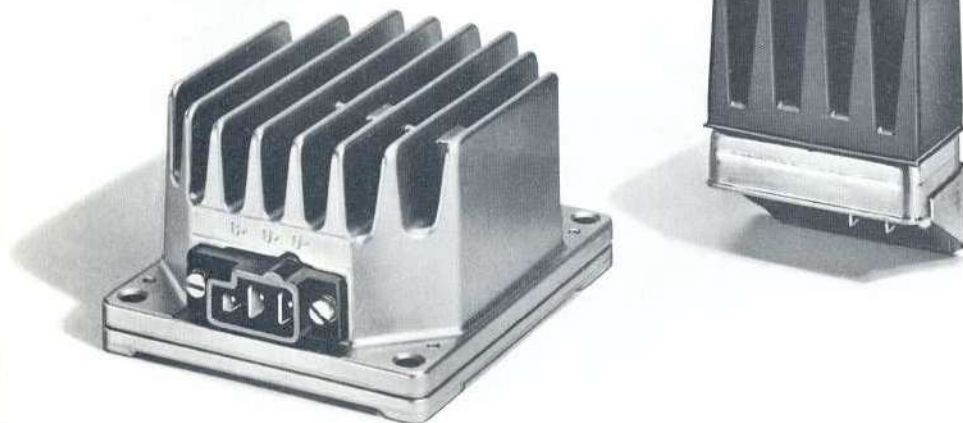
Regelaartype	EE	EL	EF	ED	EA	EK	EC
Bevestiging	aangebouwd		losse regelaar				
toegepast bij dynamotype	G1, K1, N1, T1 N3		G1, K1, N1, T1		T2, U3	T3	U2
afbeelding	1	2	3	4	5	6	6

Overzichtstabel van elektronische regelaars

Hiernaast een overzicht van de verschillende typen elektronische regelaars met de bijbehorende dynamo's.



4 Beveiliging tegen te hoge spanning



Bij correct aangesloten batterij en onder gewone rijomstandigheden is normaliter geen extra bescherming nodig voor de elektronische eenheden. De zeer kleine inwendige weerstand van de batterij dempt alle spanningspieken die in de installatie kunnen optreden. Onder abnormale bedrijfsomstandigheden of in geval van storingen kan het aanbevelenswaardig zijn om een bescherming tegen te hoge spanning aan te brengen.

De achtergrond van te hoge spanning en de gevolgen

Te hoge spanning in de installatie van een motorvoertuig kan optreden ten gevolge van het uitvallen van de regelaar, het uitschakelen van verbruikers met een grote inductieve weerstand (elektromotoren), slechte contacten en kabelbreuk. Ook de ontstekingsinstallatie kan te hoge spanningen afgeven. Vaak gaat het hier om spanningspieken, dus kortdurende hoge spanningen van enkele milliseconden.

De grootste spanningspieken komen vanaf de ontstekingsinstallatie en kunnen ongeveer 350 V bedragen. Ook ontstaan er spanningspieken wanneer bij lopende motor de verbinding tussen dynamo en batterij is verbroken (starten met een hulpbatterij of het verkeerd losnemen van de batterij) en verbruikers worden ingeschakeld.

Om gevaarlijke spanningspieken te vermijden mag een dynamo onder normale rijomstandigheden niet zonder batterij werken.

In bepaalde situaties moeten we echter rekening houden met het feit dat gedurende korte tijd (noodsituaties) zonder batterij zal worden gereden

zodat een bescherming tegen te hoge spanning noodzakelijk is.

Het gaat hierbij om de volgende omstandigheden:

- Het wegrijden van nieuwe auto's op de eindmontageband zonder batterij naar de afdeling waar de motoren worden afgesteld.
- Autotransport (de batterij wordt pas gemonteerd tijdens aflevering van de auto aan de klant).
- Bij werkzaamheden aan de auto.
- Ook bij tractoren, bouwmachines, aggregaten etcetera kan niet altijd worden vermeden dat incidenteel ook zonder batterij wordt gewerkt.

Zonder beschermende maatregelen lopen hoofdzakelijk de halfgeleider-elementen als dioden, transistoren en thyristors in dynamo's, regelaars of

bijvoorbeeld elektronisch gestuurde inspuitsystemen het gevaar om door spanningspieken te worden beschadigd. Te hoge spanningen veroorzaken elektrische doorslag in de dunne halfgeleider- en isolatielaagjes, met als gevolg dat de goede werking van deze elementen wordt gestoord of dat ze geheel uitvallen.

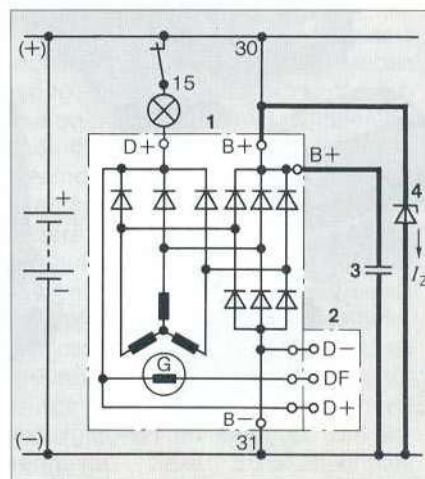
Een voldoende bescherming tegen te hoge spanning maakt de schakeling zelf duurder of vereist de montage van extra beschermingselementen.

4.1 De beveiliging tegen te hoge spanning in een 12 V installatie

Een eenvoudige, betrekkelijk goedkope en zeer effectieve bescherming tegen te hoge spanning voor de dynamo-elektronica wordt gevormd door een zenerdiode. Overeenkomstig afbeelding 34 wordt deze zenerdiode in de sperrichting ten opzichte van de batterijspanning geschakeld en wel tussen de aansluitklem B+ en de massa, waardoor de spanning wordt begrensd. De doorslagspanning van de zenerdiode ligt bij de 12 V installaties tussen de 20 en 24 V waardoor de spanning tot zo'n 30 V wordt beperkt. Een verdere verlaging van de spanning is niet erg zinvol omdat dan de werking van de regelaar wordt beïnvloed. Zolang er te hoge spanning in de installatie aanwezig is vloeit er een stroom I_z via de geleidende zenerdiode naar de massa. De zenerdioden, geschikt voor dynamo's tot 35 A, kunnen ook later worden gemonteerd. Ze wordt dan overeenkomstig afbeelding 35 gemonteerd op de bevestigingsplaats voor de ontstoringcondensator aan de buitenzijde van het achterste lagerschild. De kathode-aansluiting gaat via de verbindingsdraad naar de aansluiting B+. Deze bevestigingsplaats ligt gunstig, aangezien de zenerdiode door de aangezogen koellucht kan worden gekoeld. Een verdere bescherming geven de montage van halfgeleider-elementen in dynamo en regelaar die bestand zijn tegen een hogere spanning (tot 400 V). Bovendien wordt er nog een condensator geschakeld tussen B+ en de massa, die tevens als ontstoringcondensator dienst doet (afb. 34). Dynamo's en regelaars die bestand zijn tegen hoge spanningen bezitten slechts een 'eigen' bescherming; ze bieden derhalve geen bescherming voor andere spanningsgevoelige verbruikers.

Fig. 34 Voorbeeld van een beschermende schakeling bij een 12 V installatie

1 Dynamo; 2 regelaar; 3 condensator, die tegelijkertijd als ontstoringcondensator dienst doet; 4 zenerdiode, die bij het in werking treden een doorslagstroom I_z doorlaat.



4.2 De beveiliging tegen te hoge spanning in een 24 V installatie

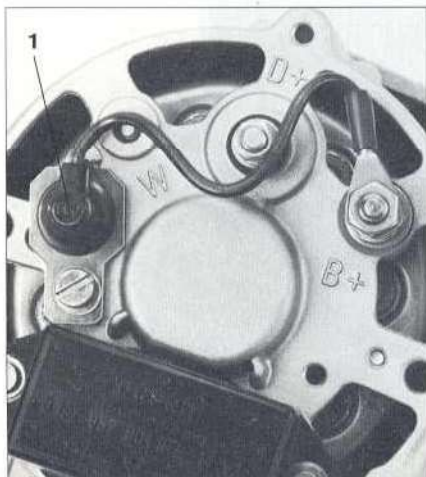
In de 24V installatie van bussen, bedrijfsvoertuigen etcetera biedt behalve de betere tegen spanning opgewassen diode, elektronische beveiligingsapparatuur voldoende bescherming tegen spanningspieken die vanuit de dynamo ontstaan en die de werking van de halfgeleideren in dynamo, regelaar en verbruikers nadelig kunnen beïnvloeden. Behalve dioden en transistoren is de thyristor als ander belangrijk halfgeleideren in de beveiligingsapparatuur ingebouwd. In de beveiligingsapparatuur tegen te hoge spanning wordt de thyristor door een spanningspiek of te hoge spanning ontstoken (geleidend). De thyristor gaat alleen dan weer in spertoestand over wanneer er geen stroom meer door de thyristor stroomt, dat wil zeggen bij stilstaande motor en uitgeschakeld contact.

4.3 Beveiligingsapparatuur

Beveiligingsapparatuur, niet automatisch

De beveiligingsapparatuur tegen te hoge spanning (afb. 41), waarvan het huis voor de betere warmteafvoer van koelribben is voorzien, wordt bijvoorbeeld in bussen of vrachtwagens rechtstreeks aan de klemmen D+ en D- van de dynamoserie T1 aangesloten. Ontstaat er aan deze aansluitklemmen een spanningspiek of een spanning, die boven de ingestelde waarde van het apparaat (31 tot 32V) uitkomt dan wordt de thyristor T_h ontstoken met behulp van de zenerdiode ZD (die ook de ingestelde waarde bepaalt), transistor T en de weerstand

Fig. 35 De bevestiging van een zenerdiode (1) bij een dynamo met geïntegreerde transistorregelaar.



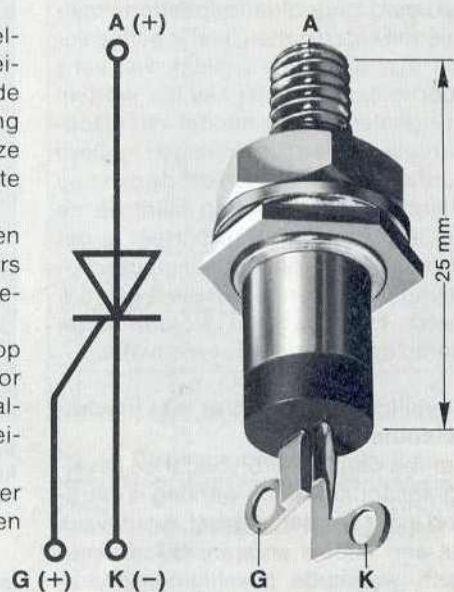
De thyristor

De thyristor bestaat uit vier achter elkaar geschakelde p- en n-halfgeleiderzones. Hierdoor is behalve de anode (A) en kathode (K)-aansluiting een extra aansluiting mogelijk. Deze stuuransluiting noemen we de gate (G).

Door deze aansluitingen verkrijgen we een bestuurbare diode of anders gezegd, een elektronische schakelaar met gelijkrichteigenschappen.

Door een korte spanningsimpuls op de stuuransluiting wordt de thyristor geleidend en blijft ook na het wegvalen van deze spanningsimpuls geleidend.

De thyristor spert pas weer wanneer de stroomkring door bijvoorbeeld een schakelaar wordt onderbroken.



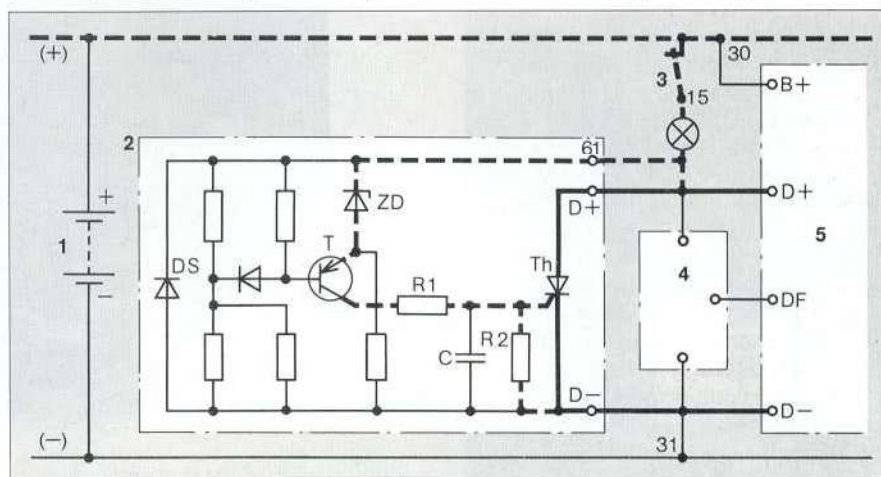
$R1$ (afb. 36). De weerstand $R1$, $R2$ en de condensator C zorgen voor de noodzakelijke vertraging voor het bereiken van de gatespanning. Binnen een tijdsbestek van enkele milliseconden worden daardoor de regelaar en de dynamo via de klemmen D+ en D- kortgesloten. Door de thyristor vloeit een grote kortsluitstroom, die echter geen schade aanricht. In deze situatie gaat er van de batterij een stroom vloeien die de dynamocontrolelamp doet branden, en de bestuurder waarschuwt. De thyristor gaat pas weer over in de spertoestand, wanneer de kortsluitstroom stopt door het uitzetten van de contactschakelaar en het stilzetten van de motor. In het verleden zijn er altijd nog defecten van dynamo's en regelaars opgetreden al of niet tezamen met droog 'gekookte' batterijen ondanks de

montage van beveiligingsapparatuur. De oorzaak was veelal te wijten aan het verwisselen van de aansluitklemmen D+ en D- tijdens het inbouwen van deze apparatuur.

Een op deze wijze omgepold apparaat geeft geen bescherming tegen te hoge spanning. Bij de gebruikelijke aansluiting van de dynamocontrolelamp wordt deze fout niet gesignaleerd, dus ook niet door de bestuurder opgemerkt. Ter vergroting van de veiligheid is een veiligheidsdiode DS tussen de klemmen D+ en D- geschakeld die óf in de beschermingsapparatuur zelf is aangebracht (afb. 36) óf in het regelgedeelte overeenkomstig afbeelding 37. Bij het verwisselen van de aansluitdraden staat deze diode in doorlaatrichting aangesloten, waardoor de lamp blijft branden, of de dynamo nu vermogen afgeeft of niet.

Fig. 36 Schema van de beschermingsschakeling tegen te hoge spanning (niet automatisch) voor een 24 V installatie.

1 Batterij; 2 beschermingsschakeling; 3 contactschakelaar; 4 regelaar; 5 dynamo.



Andere mogelijke fouten, zoals het verwisselen van de batterijkabels, een verkeerd gepoolde hulpbatterij wanneer de eigen batterij niet is aangesloten etc. die in de praktijk wel eens voorkomen, kunnen slechts worden gesignaleerd door middel van afzonderlijke relaischakelingen. Deze kunnen er voor zorgen dat de dynamo alleen dan aangesloten staat op de batterij wanneer deze correct is gepoold. Dergelijke beveiligingsschakelingen worden niet in serie gemonteerd, maar moeten worden afgestemd op elke individuele situatie.

Beveiligingsapparatuur met inschakelautomaat

Het feit dat de motor, nadat de beveiligingsapparatuur in werking is getreden moet worden afgezet, wordt vaak als een nadeel ervaren. Bij automatisch werkende beveiligingsapparatuur is het niet meer nodig om de motor stil te zetten teneinde de thyristor weer te laten sperren (afb. 39). Het apparaat dat geschikt is voor de dynamotypen G1, K1 en N1, bevindt zich tezamen met de elektronische regelaar in een losse behuizing. Afbeelding 37 laat het schema van een dergelijke combinatie zien. Het automatisch werkende beveiligingssysteem reageert op te hoge spanningen of spanningspieken zoals reeds eerder beschreven bij de niet automatische beveiliging. De inschakelautomaat die uit het stroomrelais S bestaat zorgt ervoor dat de thyristor weer snel spert. Na het overschrijden van de ingestelde spanning en tijd (ongeveer 0,5 msec.) wordt de thyristor ontstoken door middel van de zenerdiode ZD (bepaalt de ingestelde waarde), de transistor T en de weerstand R1. De thyristor voert dan de kortsluitstroom van klem D+ over de relaiswikkeling naar de aansluitklem D-. Spanningspieken waarvan de duur onder de ingestelde tijd blijft worden door de condensator C2 opgevangen en zullen de thyristor niet doen ontsteken. Hierdoor worden de dynamo en regelaar toch goed beschermd tegen te hoge spanning terwijl de beveiligingsapparatuur niet zo vaak hoeft te schakelen.

Met een kleine vertraging sluiten de relaiscontacten waardoor de thyristor wordt kortgesloten en de kortsluitstroom via de punten naar de massa gaat. De thyristor is nu stroomloos en keert in zijn spertoestand terug. Het relais opent pas weer wanneer de dynamostroom in de relaiswikkeling (dus de dynamokortsluitstroom) tot op zo'n 3 A is teruggevallen. Hierdoor wordt de kortsluiting van de dynamo automatisch opgeheven. De dynamo kan zichzelf weer bekrachtigen, wanneer de belasting althans niet te groot

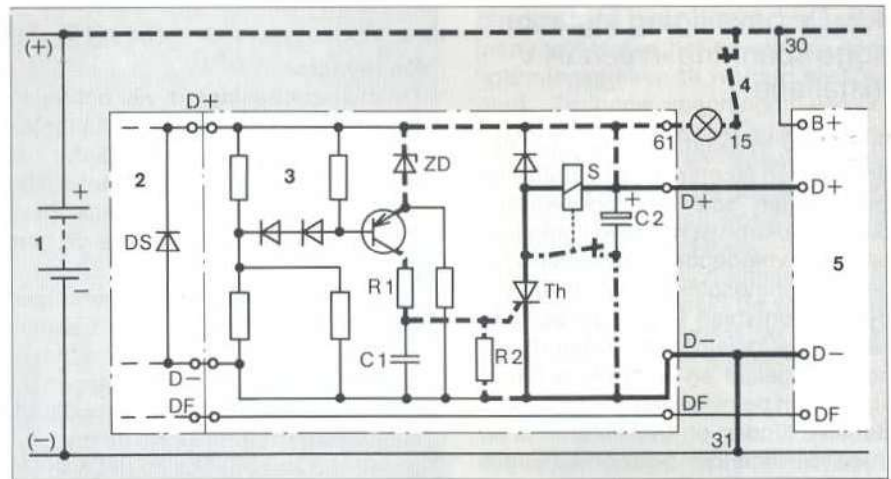


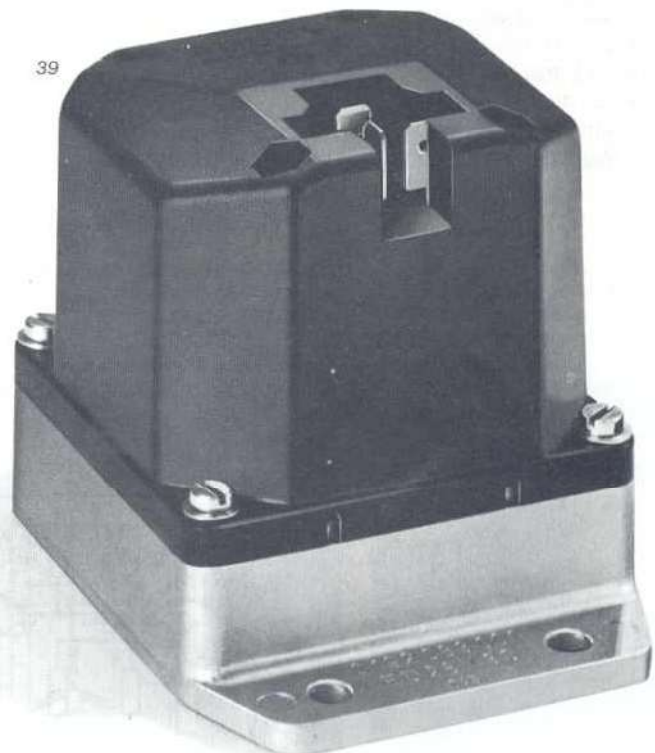
Fig. 37 Schema van de beschermingsapparatuur tegen te hoge spanning met inschakelautomaat, gecombineerd met een ED regelaar (losse regelaar) geschikt voor de dynamotypen G₁ en K₁.

1 Batterij; 2 regelaar; 3 beschermingsapparatuur; 4 contactschakelaar; 5 dynamo.

is. De beveiligingsapparatuur is opnieuw gereed voor gebruik.

Een andere automatisch werkende beschermingsschakeling, die geschikt is voor de dynamotypen T1 en T2 wordt los van de dynamo en regelaar geschakeld (afb. 38). Hij bezit twee ingangsaansluitingen D+ en B+ die op verschillende spanningsgrootten en vertragingstijden reageren. De D+ ingang werkt zoals reeds eerder is beschreven als een snelle bescherming tegen te hoge spanning. De tweede ingang B+ reageert alleen wanneer de regelaar defect is. De dynamospanning zal dan kunnen oplopen tot de ingestelde spanning van ongeveer 31V bereikt is en de be-

schermingsapparatuur in werking treedt. De dynamo blijft kortgesloten totdat de motor wordt afgezet. De B+ ingang dient dus om schade ten gevolge van een defecte regelaar te voorkomen. Met deze beschermingsapparatuur tegen te hoge spanning kan (binnen bepaalde grenzen) de dynamo ook zonder batterij functioneren. Wanneer de beschermingsschakeling in werking treedt zal echter gedurende korte tijd de spanning in elkaar zakken en bij grote belasting kan de dynamo zichzelf niet meer bekrachtigen. Spanningspieken die door het uitschakelen van de belastingsstroom door de dynamo zelf worden opgewekt, kunnen door het



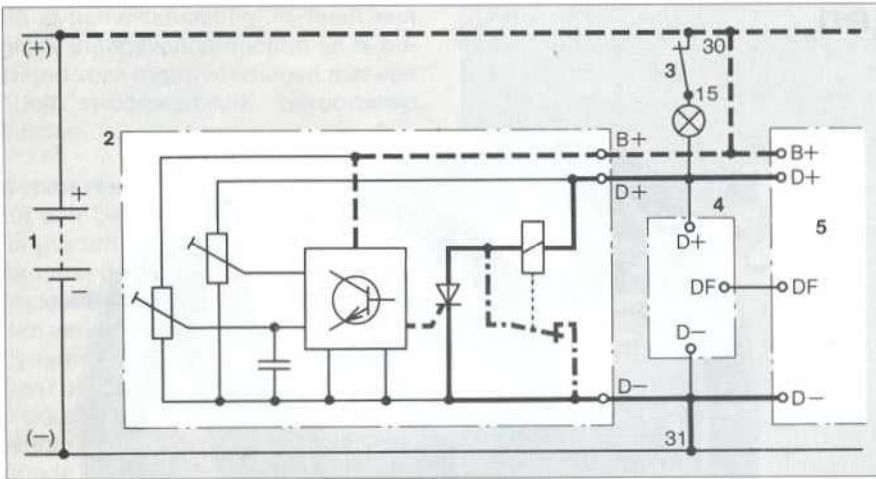


Fig. 38 Vereenvoudigde schakeling van een aparte beschermingseenheid tegen te hoge spanning met inschakelautomaat voor de dynamotypen T₁ en T₂.
1 Batterij; 2 beschermingsapparaat; 3 contactschakelaar; 4 regelaar; 5 dynamo.

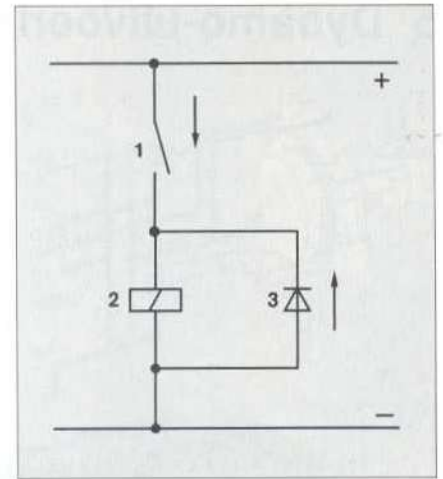


Fig. 40 De begrenzing van spanningspieken door toepassing van een vrijloopdiode.
1 schakelaar; 2 schakelrelais (inductief); 3 vrijloopdiode.

kortsluiten van de dynamo ver van de andere verbruikers in de installatie worden gehouden. Bovendien wordt een uitgebreide bescherming van de installatie verkregen wanneer de regelaar zou uitvallen (dynamo wordt kortgesloten, dynamocontrolelampje gaat branden).

De vrijloopdiode

De 'vrijloop' of 'afvloei'-diode kwam reeds ter sprake bij de beschrijving van de werking van de elektronische

regelaar. Tijdens het schakelen in de regeltoestand 'uit' ontstaat bij het onderbreken van de rotorstroom ten gevolge van de zelfinductie een spanningspiek in de rotorwikkeling. Wanneer we daar geen maatregelen tegen nemen kunnen de gevoelige halfgeleider-elementen defect raken. Om dit te voorkomen is in de regelaar, parallel aan de rotorwikkeling, een vrijloopdiode geschakeld die het 'uitlopen' of 'afvloeiën' van deze reststroom zonder negatieve gevolgen

voor de halfgeleider-elementen mogelijk maakt. Bij autobussen en andere voertuigen die behalve de dynamo en regelaar ook met andere inductieve verbruikers (apparaten met spoelen) zijn uitgerust, kan een soortgelijk effect optreden. Zo ontstaan bij het uitschakelen van elektro-magnetische deursluiters, magneetschakelaars, magnetische koppelingen, relais, elektromotoren, ventilatoren etc. ten gevolge van de zelfinductie, in de wikkelingen van deze apparatuur grote spanningspieken, die gevaarlijk zijn voor dioden en andere halfgeleider-elementen.

Deze inductiespanningen kunnen met behulp van een apart aangebrachte vrijloopdiode onschadelijk worden gemaakt (afb. 40).

39

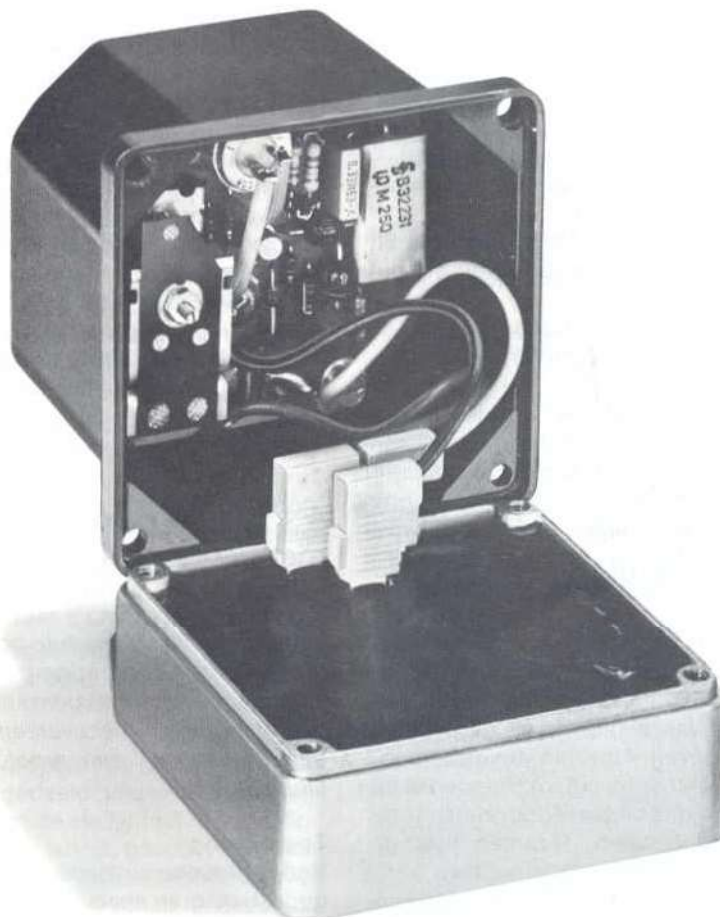
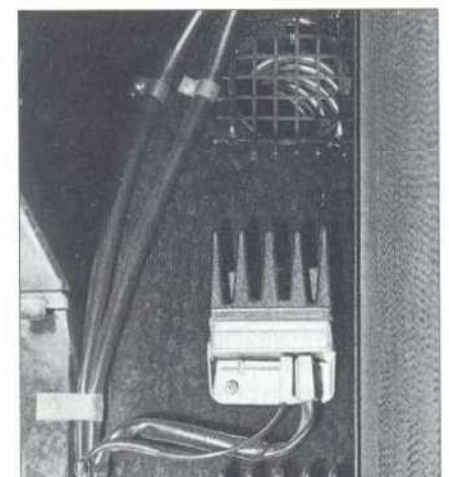
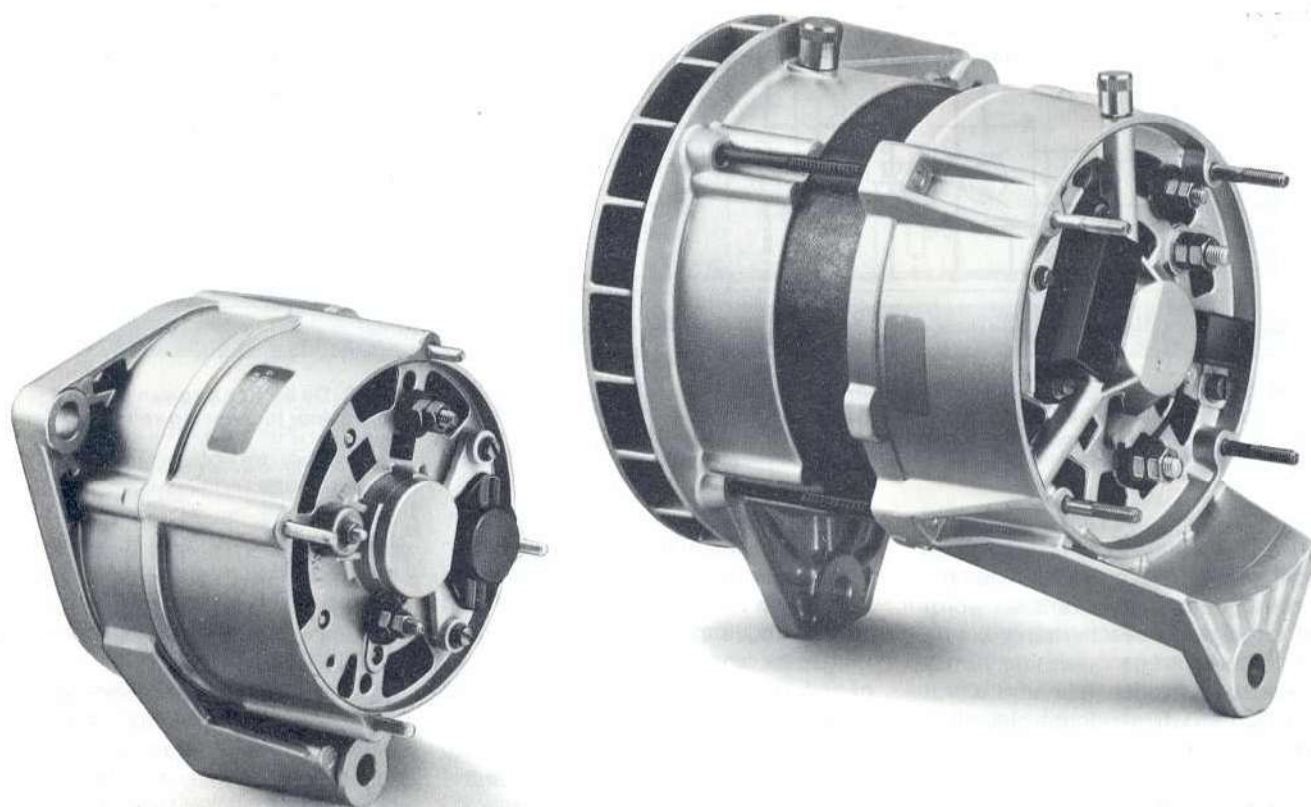


Fig. 39 Afgebeeld het beschermingsapparaat tegen te hoge spanning met inschakelautomaat, gecombineerd met een ED regelaar (losse eenheid).

Fig. 41 De beschermingsapparaat dient op een veilige plaats tegen de carrosseriewand te worden bevestigd.



5 Dynamo-uitvoeringen



5.1 Inleiding

Waarom zijn er zo veel verschillende dynamo-typen?

De volgende criteria zijn bepalend voor de constructie van de dynamo:

- Het type voertuig en de daarmee verbonden bedrijfsomstandigheden.
- De grootte, bouwwijze en het toerenbereik van de verbrandingsmotor waaraan de dynamo moet worden bevestigd.
- De installatiespanning.
- Het stroomverbruik van de aangesloten verbruikers.
- De invloed van de omgeving op de dynamo (temperatuur, vuil, vochtigheid, trillingen etc.).
- De te verwachten levensduur.
- De inbouwomstandigheden.

Afhankelijk van het gebruik kunnen de eisen die we aan een dynamo stellen aanzienlijk van elkaar verschillen. Ook de criteria voor het economisch gebruik veranderen met het gebruiksgebied. Derhalve kan men ook geen universele dynamo construeren die aan alle eisen voldoet.

Uit deze overwegingen werden dynamoseries ontwikkeld die door hun veelvoud aan typen een juiste keuze voor de betreffende omstandigheden mogelijk maken.

5.2 Elektrische gegevens en de dynamo-afmetingen

Voor de keuze van een bepaalde dynamo zijn in de eerste plaats maatgevend:

- De dynamospanning (14 V, 28 V).
- De nominale respectievelijk maximale stroomsterkte en
- de vermogensafgifte, die volgt uit de vermenigvuldiging van stroom en spanning.

Uit deze elektrische gegevens kan de grootte van de dynamo worden bepaald.

De grootte (diameter) van de dynamo wordt weergegeven door middel van hoofdletters, die door hun alfabetische volgorde de stijgende grootte van de dynamo weergeven. Behalve de afmetingen van de dynamo kan als een ander belangrijk kenmerk het rotorsysteem worden genoemd (klauwenpoolrotor, rotor met uitspringende of zelfstandige polen, sleepringloze rotor). Dit rotorsysteem wordt door middel van een cijfer op de dynamo aangegeven. Afgezien van de belangrijke elektrische eigenschappen is de dynamo dus bepaald door zijn grootte en rotorsysteem, tezamen met de meer specifieke constructieve kenmerken als diameter, lengte etc. Hieruit volgt dan bijvoorbeeld de hoofdletter-cijfercombinatie als G1, K1, N3,

T2, U3 enzovoort. Andere variaties zijn nog aanwezig door de bevestigingswijze, de uitvoering van de ventilator, de poelie, de lagering, de elektrische aansluitingen van de regelaar en dergelijke.

Standaarduitvoeringen

Rekening houdend met de gebruiksvoorwaarden en het vermogensbereik van de op het ogenblik aanwezige motorvoertuigen en hun motoren zijn er verschillende standaard uitvoeringen van driefasendynamo's ontwikkeld, waarvan de belangrijkste in de volgende hoofdstukken zullen worden besproken.

5.3 Klauwenpooldynamo's met sleepringen

Klauwenpooldynamo's met sleepringen maken een compacte bouwwijze tezamen met een gering gewicht en een gunstige vermogenskarakteristiek mogelijk. Dienovereenkomstig bezitten ze ook een groot toepassingsgebied.

Toepassing

Voor personenwagens, bedrijfswagens, tractoren enzovoort zijn klauwenpooldynamo's met sleepringen in de meeste gevallen bijzonder geschikt.