Droom van een besturing

Hoe uw treinen heel vloeiend meer of minder energie krijgen toegevoerd

**

Het probleem is bekend. Modeltreinen worden aangedreven door motoren die wel graag snel willen rijden, maar langzaam, vergeet het maar. Dat zit de serieuze modelspoorders al lang dwars. Ze zouden wel graag zo natuurgetrouw mogelijk willen kunnen rangeren. Maar dan is het wel zaak, dat de loc's de gegeven commando's ook keurig uitvoeren. Zo iets kan eigenlijk alleen maar elektronisch.

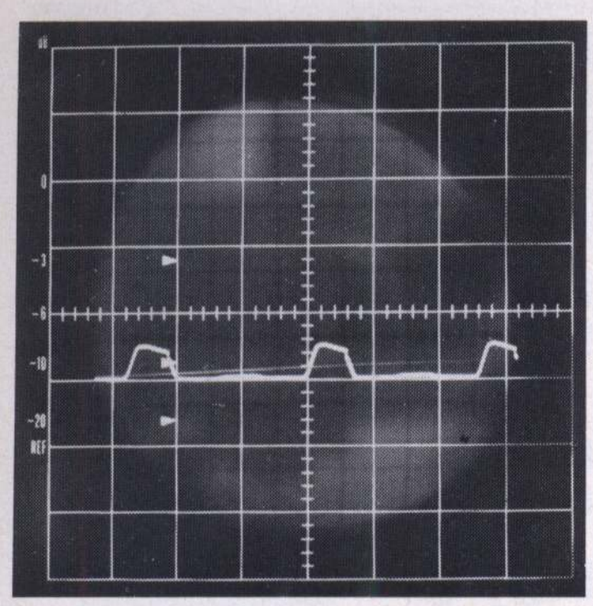
Aandachtige ELO-lezers weten het al, locomotieven rijden soepeler wanneer ze op stroomimpulsen rijden en dat ze heel langzaam kunnen rijden, wanneer ze alleen maar elke tweede halvegolfimpuls krijgen. Dit gaat zowel op voor gelijkstroom als voor wisselstroombanen. Omdat de eerst genoemde categorie het meest is verbreid, maar wisselstroombanen ook met gelijkstroom kunnen worden gevoed is het hier beschreven rijpaneel op gelijkstroomimpulsen gebaseerd en wel op impulsen van heel bijzondere aard (fig. 1 t/m 6).

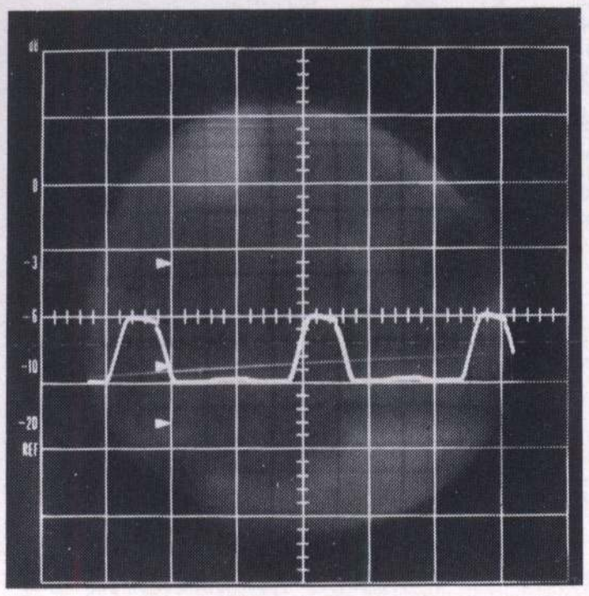
Om te beginnen neemt bij iedere hogere stand van de regeltransformator van de bruggelijkrichter, iedere tweede halvegolf eveneens toe. Dat gebeurt al bij een voedingsapparaat van heel eenvoudige opzet, dat voor langzaam rijden met enkelvoudige gelijkrichting werkt. In tegenstelling tot schakelpanelen waarbij voor vol bedrijf omschakelen of ompolen zelfs nodig is, doet ons elektronisch paneel iets heel verrassends. Zodra namelijk de amplitude van elke tweede halvegolf bijna zijn maximum heeft bereikt en de regelknop een stap verder wordt gedraaid, begint de eerste halvegolf als het ware uit het "niets" komend te groeien – parallel verlopend met de regelknopinstelling – zolang tot in de eindstand de amplituden van alle halvegolven even groot zijn.

Hieruit vloeien rijeigenschappen voort, die wij tot nu toe nog niet hebben ontmoet. Men moet het zelf eerst hebben beleefd om te kunnen weten hoe gewillig de treinen de stuurknuppel volgen. Maar dat is nog niet alles. Tot zover kon het geheel ook nog wel met behulp van een mechanische opzet en een tweevoudige enkelzijdige gelijkrichter worden bereikt. Maar wanneer we nu op het instrumentenbord de schakelaar vertraging "in"zetten en de snelheid wijzigen door verdraaien van de stuurknuppel,dan gebeurt er schijnbaar hetzelfde maar ... alles gaat veel langzamer en volledig automatisch. Hoeveel langzamer, dat kan worden ingesteld, de vertragingstijd kan dus korter of langer worden genomen. Een en ander betekent wel dat treinen, die zo worden bestuurd, voorbeeldig, net echt versnellen en vertragen, zonder dat we dit met moeizaam handwerk moeten ondersteunen. Hoe werkt het geheel?

Het principe is snel doorzien

Wanneer we aan een vermogentransistor via een voldoende laagohmige voorschakelweerstand een pulserende spanning toevoeren, dan gaat hij op het ritme en de vorm van de impuls open (en dicht). Gebeurt dit zoals in fig. 7 telkens alleen maar met een halvegolf, dan opent hij ook alleen maar voor de duur van de halvegolf. Daarom treffen we in fig. 7 ook twee transistoren aan, telkens voor elke halvegolf, de eerste en de tweede van iedere sinusperiode, één. De beide halvegolven kunnen heel eenvoudig worden afgenomen van de wisselspannings-aansluitingen van de bruggelijkrichter. En het zijn de positieve halvegolven, die wij voor NPN-vermogentransistoren gebruiken. Om nu deze halvegolven in hun intensiteit te beïnvloeden, zijn er van de basis van de transistoren naar massa instelweerstanden opgenomen. Hoe lager de ingestelde weerstandswaarde des te lager is de daarbij


1


2

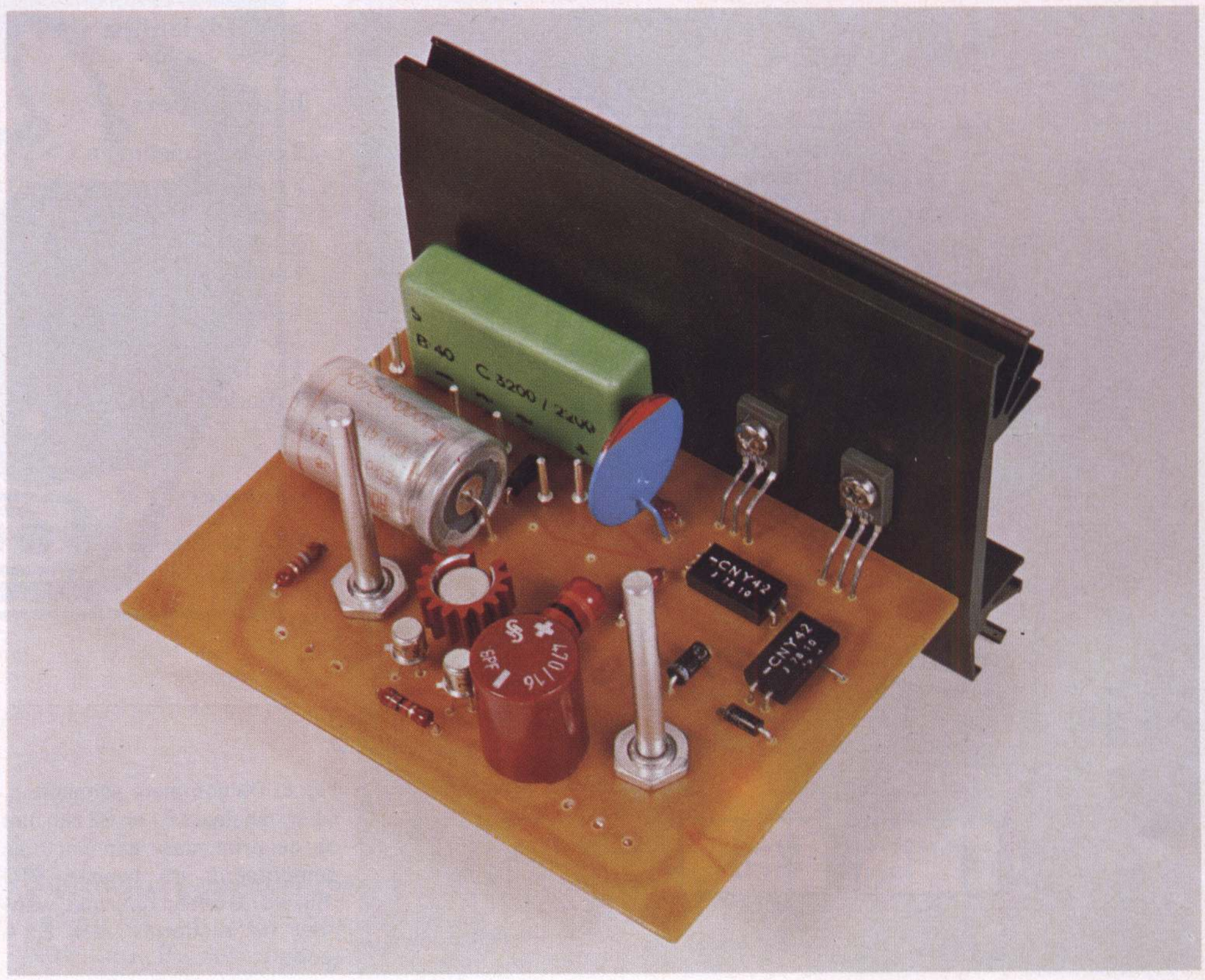
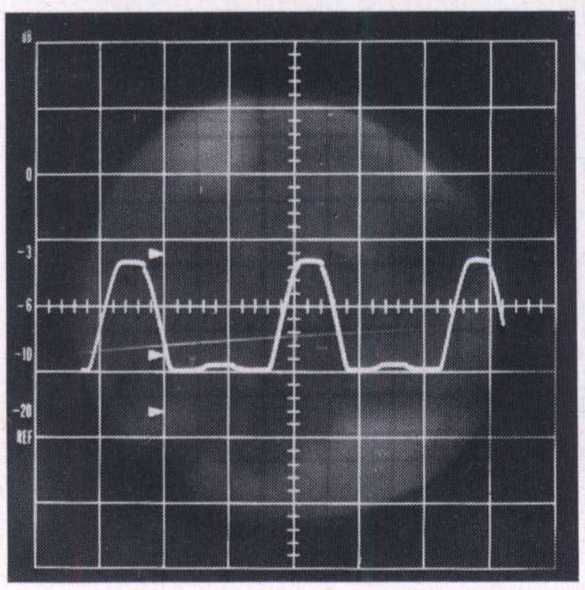
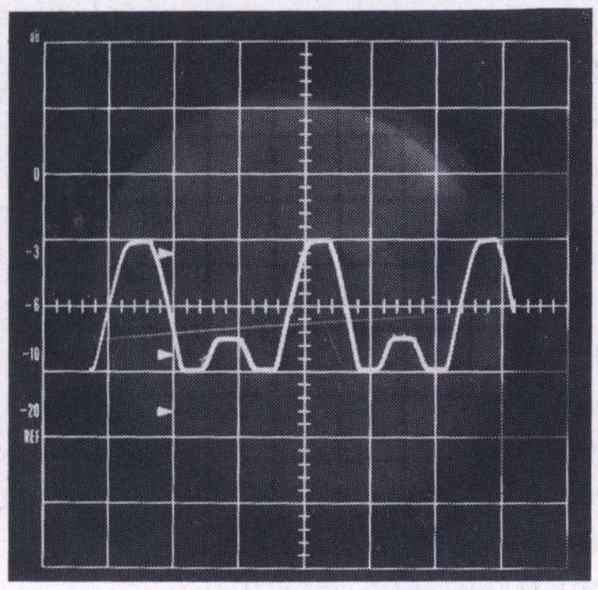
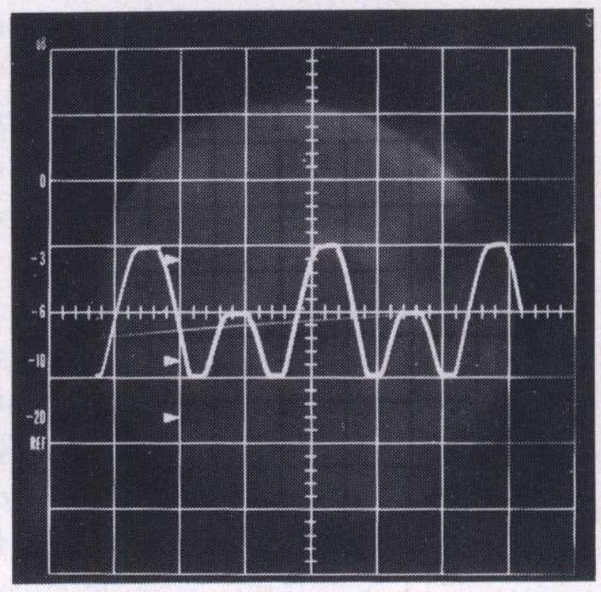
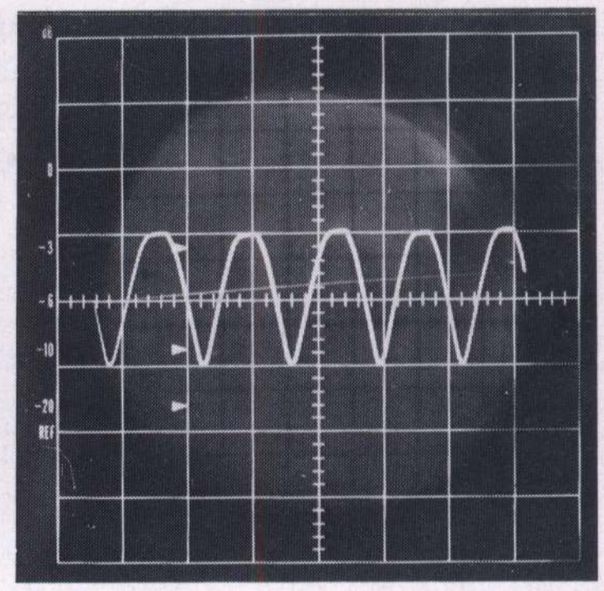


Fig. 1 t/m 6: Zo neemt de amplitude van de uitgangspanning toe, wanneer men de snelheidsregelaar langzaam opendraait of wanneer de vertragingsschakeling deze van ons overneemt.

3


4


5


6


behorende uitgangsamplitude aan de emitter van de bijbehorende transistor. Wanneer nu de beide instelweerstanden mechanisch konden worden gekoppeld, dan zou dat wellicht zo kunnen gebeuren dat ze na elkaar worden geopend, dus dat de tweede eerst bij nul begint, wanneer de eerste reeds zijn eindwaarde heeft bereikt en dan krijgen we de spanningen en stromen die in fig. 1 tot en met 6 zijn afgebeeld.
Willen we echter ook nog de vertraging bij openen en sluiten bereiken, dan moeten we de schakeling wat uitbreiden.

Optokoppeling en darlingtonschakeling bepalen de werking

We hebben nu een typisch geval van hoge stroomversterking. Dus nemen we meteen het beste daarvoor, de hoogversterkende darlington transistor, of zolang het niet om al te hoge stromen gaat (zoals in het sturingsdeel hier), stelt men zelf een combinatie samen. Dit laatste is erg goedkoop: de afzonderlijke transistoren zijn uiteindelijk massaprodukten. Maar laten we iets dieper op de schakeling ingaan (fig. 8).

De beide transistoren uit fig. 7 zijn echter darlington vermogentransistoren, zoals ze ook in grote aantallen in apparaten op het gebied van de amusementselektronica worden ingebouwd. Hun stuurspanningen – precies gezegd stuurstromen – krijgen ze via de 820 Ω weerstanden.
De rol van instelweerstand wordt nu gespeeld door de optokoppeling, die bestaat uit een lichtgevende diode en een fototransistor op een heel klein plekje samengebouwd. Zij hebben een zeer interessante eigenschap. Zij kunnen zonder dat ze met elkaar elektrisch geleidend zijn verbonden toch stromen overdragen in een

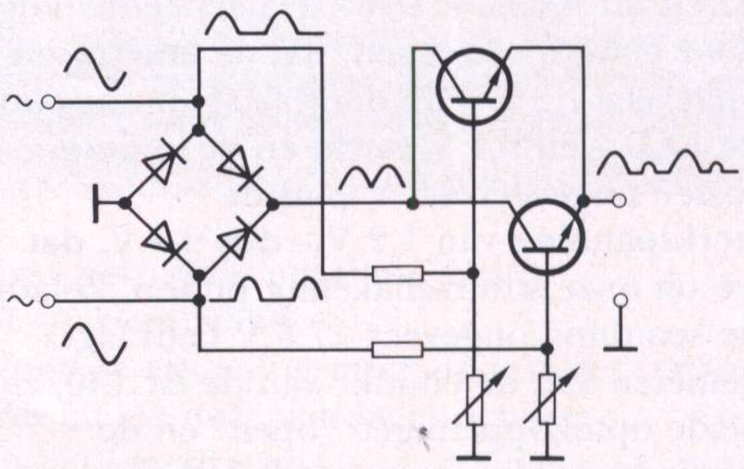


Fig. 7: Dit is het eenvoudige principe van onze modelbaanbesturing.

rechtevenredige verhouding en praktisch 1:1.
In- en uitgang van de stroomkring zijn van elkaar volledig gescheiden. De stromen moeten wel ergens vandaan komen, uit één of andere spanningsbron. Deze eigenschappen kunnen wij voor ons doel prachtig benutten. Wanneer namelijk de stroom door de transistor van de

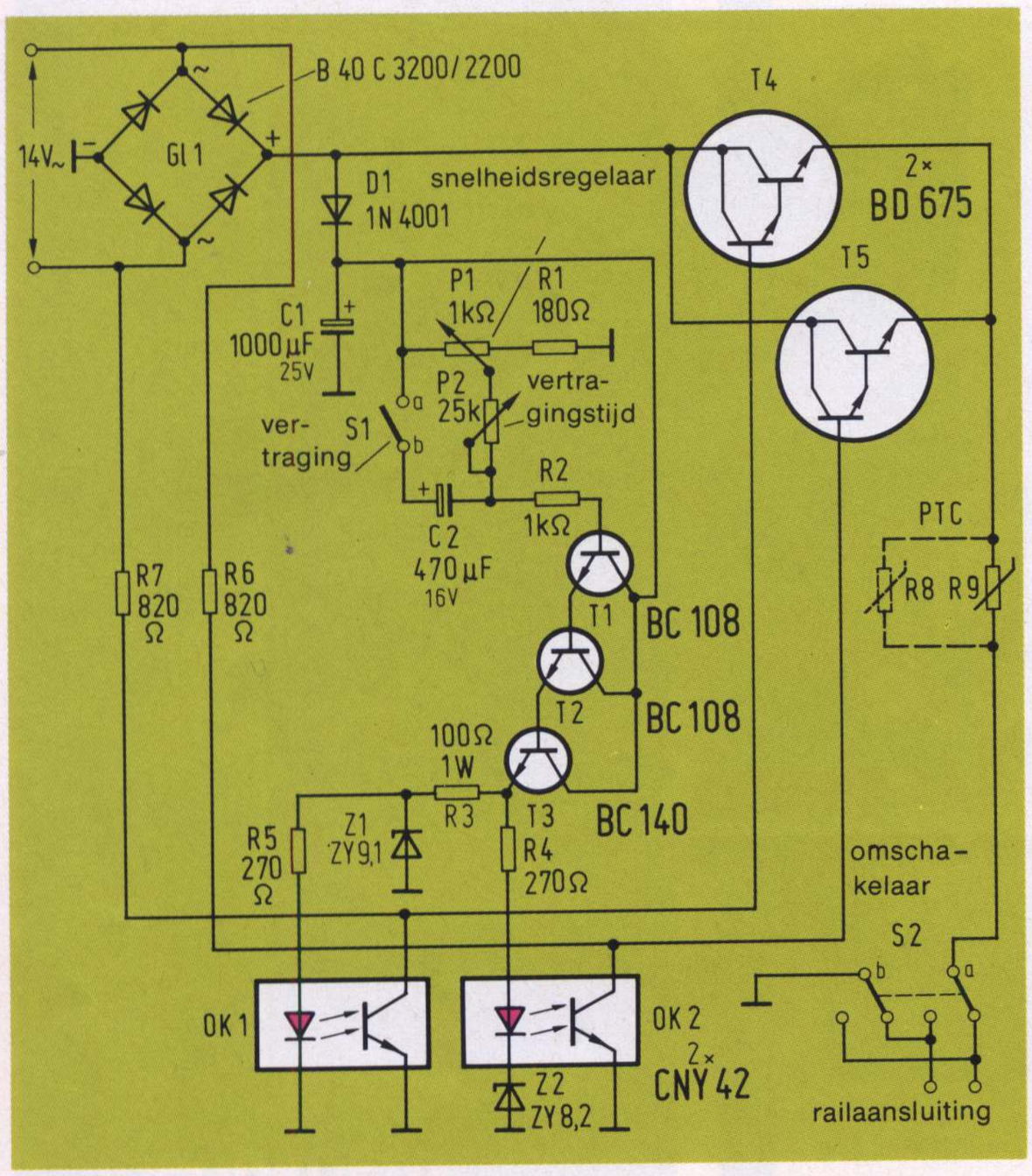


Fig. 8: De complete schakeling. De schakelaars S1 en S2 zijn niet op de print maar aan het huis gemonteerd; de tweede PTC (R8) wordt alleen gebruikt, wanneer de rijstroom naar 2,5 A loopt.

onderdelenlijst voor de stroombesturing

halfgeleiders

2 optokoppelingen CNY42
2 darlington vermogenstransistoren BD675 of BD677
2 NPN-transistoren BC108
1 NPN-laagvermogentransistor BC140
1 bruggelijkrichter B40 C3200/2200
1 Z-diode ZY9, 1
1 Z-diode ZY8,2
1 diode 1N4001

weerstanden

1 100 Ω, 1 W
1 180 Ω
2 270 Ω
2 820 Ω
1 1 k Ω

potmeters

1 1 k Ω, lin. 0,33 W
1 25 k Ω, lin. 0,33 W

elco's

1 470 µF, 16 V
1 1000 µF, 25 V

diversen

1 PTC-weerstand 2322 644 91086
(2 stuks van hetzelfde type bij stroomafname van 2,5 A)
1 print ELO 96
1 koellichaam 100 x 70 x 15 mm
1 schakelaar 2 x om (kruisschakelaar)
1 schakelaar 1 x aan (enkelpolig)
eventueel 1 transformator 220 V/14 V, 40 VA

optokoppeling ongeveer 26 mA bedraagt, dan krijgen de vermogens-darlington transistoren geen stuurstroom meer en zijn gesperd. Dat is het geval wanneer door de LED een stroom van ongeveer 30 mA loopt.

Bij lage stuurstroom daalt de geleidbaarheid van de fototransistor om tenslotte nul te worden, waardoor ook de LED-stroom tot nul daalt. De transistoren hebben dan een nagenoeg oneindig hoge inwendige weerstand en de darlingtons staan vol open. Nu moeten we er alleen nog voor zorgen, dat de optokoppelingen na elkaar openen. Dat kan heel eenvoudig door er voor te zorgen, dat de ene tussen ongeveer 1,2 V – de doorlaatspanning van de LED – en 9,1 V werkt en de andere tussen ongeveer 8,2 V plus de werkspanning van 1,2 V – dus 9,4 V, dat we uit onze stuurschakeling putten. Zolang de spanning ongeveer 17,3 V bedraagt, gemeten aan de emitter van de BC140, zijn beide optokoppelingen "open" en de darlingtons blijven gesperd. Zodra de spanning daalt, neemt de weerstand van de rechter optokoppeling toe, omdat de stroom door zijn LED afneemt. Aan de "voet" van zijn LED ligt een Z-diode, die 8,2 V vraagt. Iedere daling van de voedingsspanning heeft een afname van de stroom door de betreffende LED ten gevolge, waardoor de bijbehorende darlington begint open te gaan. Daalt de stuurspanning onder circa 9,4 V, dan is het punt bereikt, waarop de linker optokoppeling begint te werken. Daalt de stuurspanning onder 9,1 V, dan wordt de Z-diode-stabilisatie onwerkzaam en dan neemt de inwendige weerstand van zijn transistor toe. De bijbehorende darlington gaat langzamer open.

De rest is eenvoudig. De drievoudige darlingtonschakeling met 2 x BC108 en de BC140 zorgt ervoor, dat we met lage stuurstromen uitkomen. Daardoor kan in de stuurleiding een RC-combinatie worden opgenomen, waarmee we de vertraging van het commando-antwoord kunnen bereiken. Met behulp van schakelaar S1, kan het vertragingsmechanisme worden in- en uitgeschakeld. We hebben nog verzuimd mee te delen, dat we voor de sturing afgevlakte gelijkspanning nodig hebben. Deze kunnen we putten uit de pulserende gelijkspanning met inschakeling van een ontkoppeldiode en een 1000 µF condensator. Omdat nu de stuurspanning wel in orde is, maar ook de doorlaatspanning (=minimum brandspanning) van 1,2 V voor de linker LED aandacht moet hebben, ligt er nog een weerstand in serie met de rijspanningregelpotentiometer.

Wat ook niet mag worden vergeten

Nog een ding moet duidelijk worden gezegd. De optokoppelingen zijn tot hun uiterste grens belast. Dat betekent: de voedingsspanning van 14 V van de rijstroomtransformator moet binnen 10% constant worden gehouden. Ook de voorschakelweerstand voor de optokoppeling mag niet meer dan 10% van de opgegeven waarde afwijken.

Wat bij overbelasting? Bij verschijning van de stroomsterkte hebben PTC-weerstanden hun verdiensten bewezen. Zij verhogen hun weerstand zodra een stroom de grens van 1,2 A overschrijdt, zoals bijvoorbeeld bij kortsluiting kan voorkomen. Niet meer dan ongeveer 250 mA kan door de PTC en de darlingtons stromen.

Schakelen we twee PTC's parallel, dan kunnen stromen tot 2,5 A worden geschakeld. Dit is voor ons geval meer dan voldoende. Mochten PTC-weerstanden niet zijn te verkrijgen dan gaat het, zij het minder goed, met 12 V autolampen (12 W). Dit zijn óók "koude geleiders".

Dat de collector van de darlingtons op gelijk potentiaalniveau liggen, is een groot voordeel. Ze kunnen dan zonder meer rechtstreeks op het absoluut noodzakelijke koellichaam worden gemonteerd (100 mm x 70 mm x 15 mm). Het koellichaam voert dan uiteraard spanning en moet dan ook ten opzichte van de behuizing worden geïsoleerd.

Voor het omkeren van de rijrichting is een dubbelpolige (omzet)-schakelaar S2 gemonteerd. Daarmee sparen we een moeilijk verkrijgbare dubbelpotentiometer of zelfs een dubbele totale schakeling voor het omkeren van de rijrichting uit.

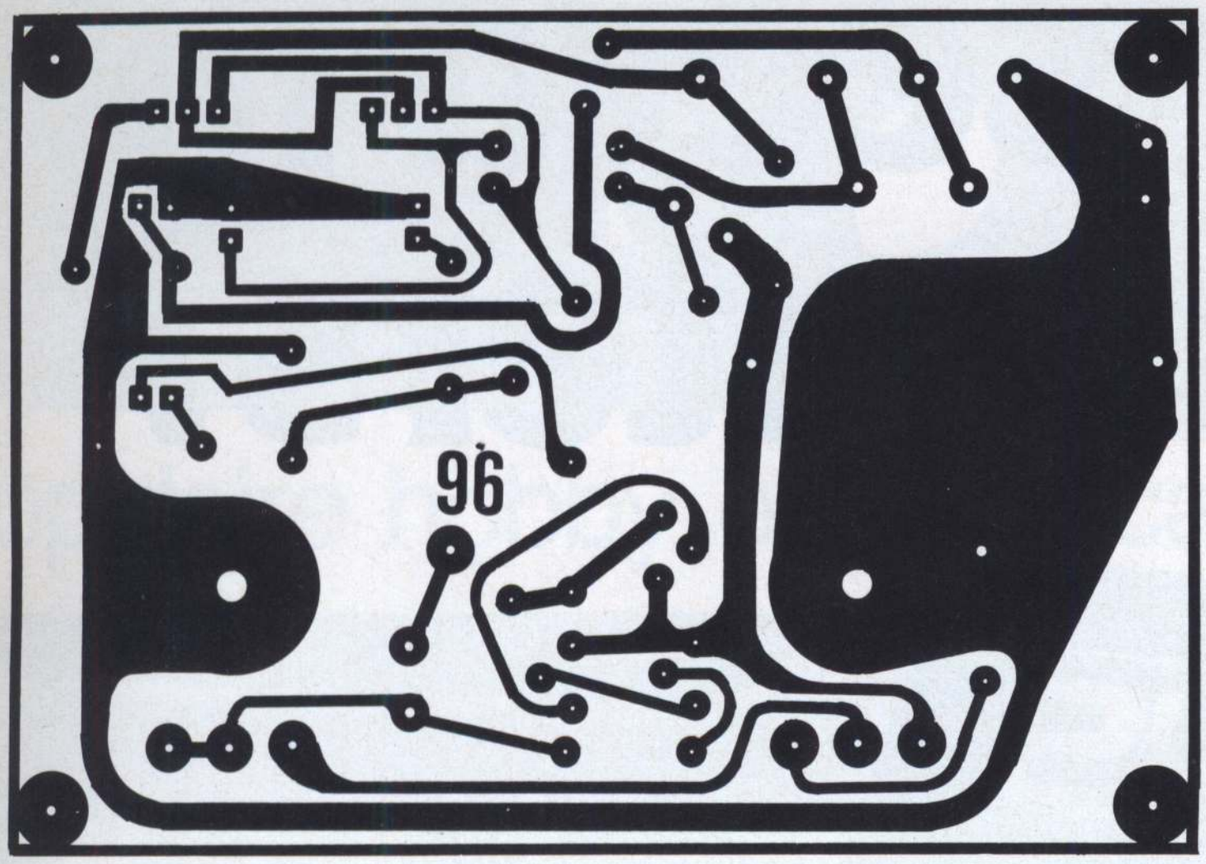


Fig. 9: De print, schaal 1:1.

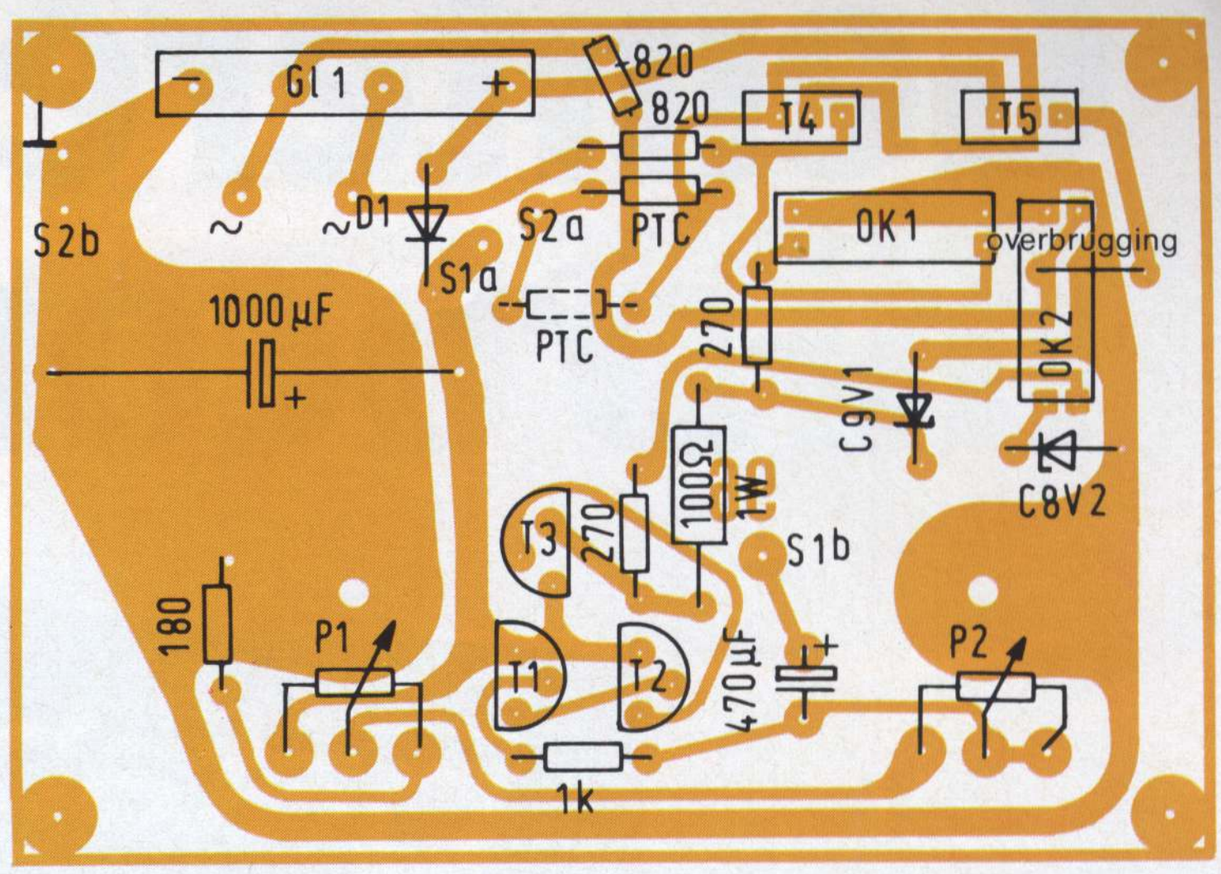


Fig. 10: De bezetting. R6 wordt staande gemonteerd, evenals C2, alle andere onderdelen liggen horizontaal. Het koellichaam moet, afhankelijk van het huis naar achteren worden gebogen, om te voorkomen dat de assen van de potentiometers moeten worden verlengd. De beide potmeters zijn op de print gesoldeerd.

De praktische opzet

De print en de opstelling van de onderdelen zien we in fig. 9 en 10. De opstelling is heel overzichtelijk en de vermogenstransistoren zijn door schroefverbindingen doorverbonden.

De uitvoering van de frontplaat moet ieder voor zich weten. Men kan natuurlijk ook een enigszins ruim bemeten netspanningstrafo van minstens 20 VA (of 40 VA) bij twee PTC's in de "rijstroomkast" inbouwen. En dan zou het niet eens onverstandig zijn om in de primaire-zijde van deze transformator een middelvlugge smeltveiligheid van 0,25 A op te nemen.

Laad kromme-regeling

Wanneer we een voldoende ruime RC-tijd nemen, dan kunnen we met behulp van een gewone draaispoelmeter zien, hoe de spanning aan de condensator oploopt of afvalt, wanneer we het laden en ontladen via een weerstand laten plaatsvinden. En ook kunnen we zien dat dit bij het begin van laden of ontladen sneller gaat dan aan het eind van het proces. Dit is heel begrijpelijk wanneer we eraan denken, dat bij het begin van het laden ook het potentiaalverschil het grootst is en dus volgens de wet van Ohm ook de laadstroom het grootst is, die door de weerstand vloeit. Bij een dalend potentiaalverschil wordt dit steeds kleiner om op nul te eindigen wanneer de potentialen van condensator en spanningsbron gelijk zijn.

Het geheel ziet er uit als fig. 11 aangeeft. Na aansluiten op de baan blijkt dat de treinen zo kunnen worden bestuurd, dat ze gelijkmatig optrekken, versnellen en geleidelijk hun maximum snelheid bereiken. Bij remmen gebeurt het tegenovergestelde en voor het stoppen rijden de treinen heel langzaam uit. Nu lijkt alles wel goed en natuurgetrouw, maar...! De treinen trekken op juist in de steile opgaande flank van de impuls. Dat is de reden waarom nogal wat locomotieven zo snel weg willen, wat kostte wat kost moet worden vermeden met het oog op het ontzien van mens en materiaal, nog afgezien van het vermogenverlies dat daarmee gepaard gaat.
We kunnen de op te laden condensator niet zo schakelen dat de kromme precies anders om gaat lopen, omdat de inschakeling een forse stroomstoot teweeg brengt bij elektronisch gestuurde treinen. Bovendien zou de afname dan abrupt zijn en dat had de uitvinder bepaald niet voor ogen. Maar dan is het toe te juichen dat zich met een transistorschakeling een constante laadstroom laat realiseren. Hoe dan de spanning aan de condensator stijgt laat fig. 12 zien. Deze kromme (eigenlijk een rechte), laat zien, dat we een volkomen gelijkmatige versnelling kunnen bereiken totdat de eindsnelheid is bereikt.

De praktische uitvoering is zoals fig. 13 laat zien heel eenvoudig. Essentieel is de instelling van het werkpunt met twee dioden en een voorschakelweerstand in de basiskring, die voor een basisspanning zorgen, die nagenoeg onafhankelijk is van de aangelegde spanning. De oplaadtijd van de condensator is afhankelijk van de emitterstroom, die met behulp van de 5 kΩ instelweerstand over een breed gebied kan worden geregeld.
In de gegeven opstelling duurt de oplaadtijd ongeveer 2...20 seconden, al

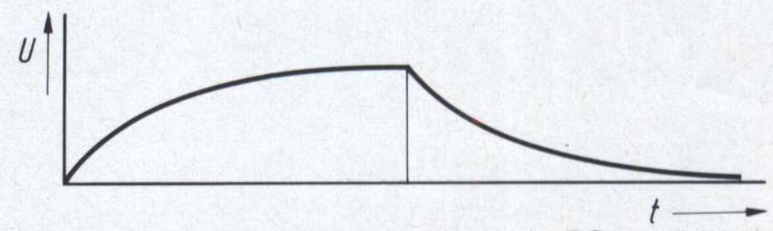


Fig. 11: Op- en ontlaadgrafiek van de RC combinatie.

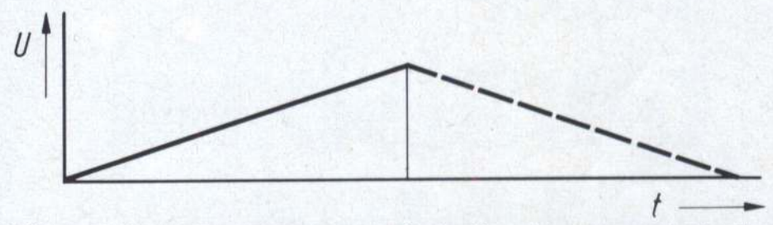


Fig. 12: Laadkromme; met behulp van een schakeling, waarmee de stroom constant wordt gehouden.

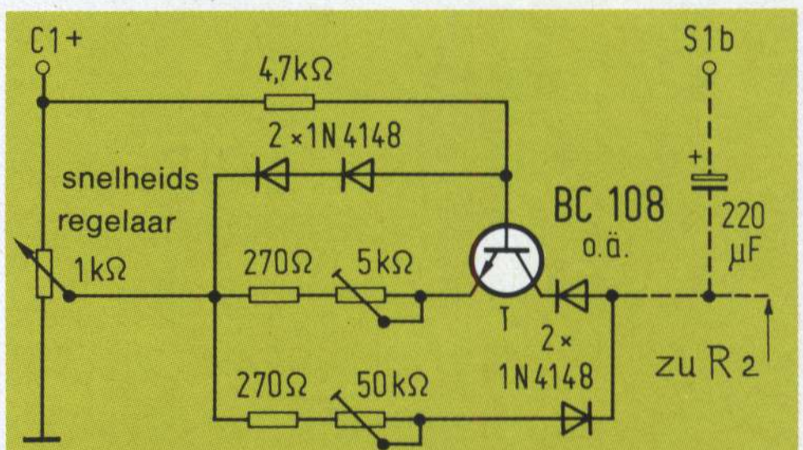


Fig. 13: Zo ziet de schakeling er uit, waarmee de regeling bij het opladen plaatsvindt. De ontlaadstroom loopt via de 50 kΩ-potmeters. Dioden scheiden de beide stroomwegen.

naar gelang de instelling van de emitterweerstand.
Voor de ontlading moet de instelweerstand van 50 kΩ onze aandacht hebben.
In het beschreven rijstroominstrumentenbord wordt de condensator voor de vertraging opgeladen met een negatieve spanning. Hoe de schakeling van de laad kromme-regelaar er uit ziet verraadt ons fig. 13.

Andere elektronische schakelingen zijn uiteraard ook mogelijk. Kijkt u maar eens in ELO 2/1978 blz. 30. In plaats van trimpotentiometers kunnen natuurlijk ook van buitenaf instelbare potentiometers worden toegepast.

W. Knobloch