



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8302197**

Nederland

⑲ NL

⑤4 **Beveiligingsschakeling.**

⑤1 Int.Cl³.: H03F 1/52.

⑦1 Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

⑦4 Gem.: Ir. R.A. Bijl c.s.
Internationaal Octrooibureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

②1 Aanvraag Nr. 8302197.

②2 Ingediend 21 juni 1983.

③2 --

③3 --

③1 --

⑥2 --

④3 Ter inzage gelegd 16 januari 1985.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

"Beveiligingsschakeling"

De uitvinding heeft betrekking op een beveiligingsschakeling voor het beveiligen van een transistor tegen overbelasting bevattende

- eerste middelen voor het opwekken van een eerste signaal, dat een maat is voor de kollektorstroom van de transistor,
- 5 - tweede middelen voor het opwekken van een tweede signaal, dat een maat is voor de kollektor-emitterspanning van de transistor, waarbij dit tweede signaal boven een zekere kollektor-emitter-spanning, de zogenaamde knikspanning, een constante waarde bezit, en
- derde middelen die de kollektorstroom van de transistor begrenzen in-
10 dien een combinatie van het eerste en tweede signaal een zeker drempelsignaal overschrijdt.

Een dergelijke beveiligingsschakeling kan bijvoorbeeld worden toegepast in geïntegreerde vermogensversterkers voor audio-apparatuur. De eindtransistoren van dergelijke vermogensversterkers moeten in het
15 Safe Operating Area Rating (SOAR) gebied bedreven worden om beschadiging van de transistoren door overbelasting te voorkomen.

Een dergelijke beveiligingsschakeling wordt bijvoorbeeld toegepast in de geïntegreerde audio-versterker TDA 1520, zoals beschreven in Philips Data-Handbook Integrated Circuits, January 1983. Daarbij
20 bevatten de eerste middelen een eerste weerstand, die in de kollektor-of emitterleiding van de transistor is opgenomen. Van de spanning over deze weerstand wordt een eerste signaal afgeleid, dat dus evenredig is met de stroom door de transistor. De tweede middelen bevatten een door een tweede en derde weerstand gevormde spanningsdeler, die tussen de
25 kollektor en emitter van de transistor is aangebracht. Van de spanning over de tweede weerstand wordt een tweede signaal afgeleid, dat dus evenredig is met de kollektor-emitterspanning van de transistor. Boven een zekere kollektor-emitterspanning, de zgn. knikspanning, wordt de spanning over de tweede weerstand begrensd door een hieraan parallel
30 geschakelde zenerdiode, zodat het tweede signaal boven de knikspanning een constante waarde bezit.

Het eerste en tweede signaal worden bij elkaar opgeteld, waarna dit somsignaal wordt vergeleken met een drempelsignaal. Wordt het somsignaal groter dan het drempelsignaal dan wordt een transistor in geleiding gestuurd, die basisstroom van de eindtransistor afvoert en daarmee de stroom door de eindtransistor beperkt.

Uit het gegeven dat bij het inwerking treden van de beveiliging de som van het eerste en tweede signaal zo wordt geregeld, dat deze som gelijk is aan het drempelsignaal, volgt dat de begrensde waarde van de stroom door de eindtransistor gelijk is aan het verschil van een vaste stroom, die evenredig is met het drempelsignaal en een variabele stroom, die evenredig is met de kollektor-emitterspanning van de transistor.

Bij zeer kleine kollektor-emitterspanningen is het tweede signaal verwaarloosbaar klein. De beveiliging treedt in dat geval in werking indien het met de kollektorstroom evenredige eerste signaal groter wordt dan het drempelsignaal. Dit houdt in dat de maximale stroom door de eindtransistor evenredig is met het drempelsignaal.

Doordat de spanning over de tweede weerstand wordt begrensd door de zenerdiode kan bij kollektor-emitterspanningen boven de knikspanning een kleine reststroom door de eindtransistor blijven vloeien. Deze reststroom is benodigd opdat de schakeling zich bij het aanleggen van de voedingsspanning kan instellen. De belasting, bijvoorbeeld een luidspreker, is immers via een condensator met de uitgang van de eindtransistor gekoppeld. Voor het laden van deze condensator is bij het inschakelen een zekere stroom benodigd. De reststroom is tevens nodig om vervorming van het uitgangssignaal bij grote uitsturing te voorkomen. Deze reststroom is gelijk aan het verschil van de maximale stroom door de transistor, die evenredig is met het drempelsignaal en een vaste stroom, die evenredig is met de knikspanning.

Nu is de reststroom veel kleiner, bijvoorbeeld een faktor 20, dan de maximale stroom door de eindtransistor. De reststroom wordt daardoor gevormd door het verschil van twee stromen, die elk veel groter, in het gegeven voorbeeld respectievelijk 20 en 19 keer, zijn dan de reststroom zelf. Hierdoor is de reststroom sterk afhankelijk van spreiding in deze stromen. Een spreiding van bijvoorbeeld 5% in één van de stromen veroorzaakt een spreiding van 100% in de reststroom. Juist in het gebied boven de knikspanning met hoge kollektor-emitterspanningen kan

door een te grote reststroom gemakkelijk beschadiging van de eindtransistor optreden. Een te kleine reststroom heeft tot gevolg dat het uitgangssignaal bij grote uitsturing vervormt of dat de schakeling zich niet instelt bij het aanleggen van de voedingsspanning.

5 Het is dan ook het doel van de uitvinding om een beveiligingsschakeling aan te geven, waarmee een betere beveiliging bij hoge kollektor-emitterspanningen wordt verkregen. Een schakeling van een in de aanhef genoemde soort wordt daartoe gekenmerkt, doordat

- het tweede signaal een maat is voor het verschil tussen de knikspanning en de kollektor-emitterspanning, en
- 10 - de combinatie van het eerste en tweede signaal wordt gevormd door het verschil van het eerste en tweede signaal.

De uitvinding is gebaseerd op het inzicht, dat bij het in werking treden van de beveiliging de stroom door de eindtransistoren niet gelijk
15 geregeld moet worden aan het verschil van een vaste en een van de kollektor-emitterspanning afhankelijke variabele stroom maar aan de som van een vaste en een van de kollektor-emitterspanning afhankelijke variabele stroom, waarbij deze variabele stroom boven de knikspanning gelijk aan nul dient te worden. De reststroom door de eindtransistor is
20 dan gelijk aan een vaste stroom, die veel minder afhankelijk is van spreiding. Door de maatregelen volgens de uitvinding wordt dit gerealiseerd. Het tweede signaal is gelijk aan nul boven de knikspanning. Bij het in werking treden van de beveiliging bij kollektor-emitterspanningen boven de knikspanning wordt het eerste signaal gelijk geregeld
25 aan het drempelsignaal, zodat de reststroom evenredig is met het drempelsignaal.

Een uitvoeringsvorm van een beveiligingsschakeling wordt gekenmerkt, doordat de eerste middelen zijn voorzien van een eerste weerstand, die in de kollektor- of emitterleiding van de transistor
30 is opgenomen en van een eerste spanningsstroomomzetter, die de spanning over de eerste weerstand omzet in een daarmee evenredige stroom, dat de tweede middelen zijn voorzien van een tweede spanningsstroomomzetter, die het verschil van de kollektor-emitterspanning en de knikspanning omzet in een daarmee evenredige stroom en dat de derde middelen een
35 regelversterker bevatten, welke de stroom door de transistor zo begrenst, dat het verschil van de uitgangsströmen van de eerste en tweede span-

ningsstroomomzetter gelijk is aan een drempelstroom van een stroombron.

De uitvinding wordt nader toegelicht aan de hand van bijgaande tekeningen, waarin

5 Figuur 1 het principe-schema van een beveiligingsschakeling volgens de uitvinding toont,

 Figuur 2 de kollektorstroom-kollektor-emitterspanningskarakteristiek van een beveiligingsschakeling volgens de uitvinding toont,

 Figuur 3 een uitvoeringsvorm van een beveiligingsschakeling
10 volgens de uitvinding toont,

 Figuur 4 de kollektorstroom-kollektor-emitterspanningskarakteristiek behorend bij de schakeling van fig. 3 toont, en

 Figuur 5 een versterkerschakeling voorzien van beveiligingsschakelingen volgens de uitvinding toont.

15 In figuur 1 is het principe-schema van een beveiligingsschakeling volgens de uitvinding weergegeven. De te beveiligen eindtransistor T_1 is met zijn kollektor verbonden met de uitgang 2 van de schakeling, waaraan via een condensator 3 een belastingsimpedantie 4 is gekoppeld. De emitter van transistor T_1 is via een weerstand R_1
20 met het negatieve voedingsaansluitpunt 5, in dit geval massa, verbonden. De weerstand R_1 bezit een zeer kleine weerstandswaarde van bijvoorbeeld 0,03 ohm, die gevormd kan worden door de draadverbinding van de emitter van transistor T_1 en het voedingsaansluitpunt 5. De transistor T_1 moet in het zogenaamde SOAR-gebied bedreven worden om beschadiging van de
25 transistor T_1 door overbelasting ten gevolge van een te hoge stroom al of niet in combinatie met een te hoge spanning te voorkomen. Om in het SOAR-gebied te blijven werken moet de schakeling worden beveiligd. Hiertoe wordt de emitterstroom I_E van transistor T_1 door weerstand R_1 omgezet in een spanning, welke wordt toegevoerd aan de niet-inverterende
30 ingang 7 van een spannings-stroomomzetter 6, waarvan de inverterende ingang 8 geaard is. De uitgangsstroom I_1 van de spanningsstroomomzetter 6 bedraagt dan $I_1 = aI_E$, waarbij a een constante is, die bepaald wordt door de transconductantie van de V/I-omzetter 6 en de weerstandswaarde van weerstand R_1 .

35 De kollektor-emitterspanning V_{CE} van transistor T_1 wordt toegevoerd aan de inverterende ingang 10 van een spanningsstroomomzetter 9. De niet-inverterende ingang 11 van deze V/I-omzetter 9 voert een

constante spanning V_{KN} , de zogenaamde knikspanning. De uitgangsstroom I_2 van de V/I-omzetter 9 is dan gelijk aan $I_2 = b(V_{KN} - V_{CE})$, waarbij b een constante is, die bepaald wordt door de transconductantie van de V/I-omzetter 9. In de uitgangsleding van de V/I-omzetter 9 is

5 een diode 12 opgenomen, die spert op het moment dat de uitgangsstroom van richting omkeert, dat wil zeggen op het moment dat de kollektor-emitterspanning V_{CE} groter wordt dan de knikspanning V_{KN} . De V/I omzetter 9 levert dan ook geen uitgangsstroom voor kollektor-emitterspanningen V_{CE} groter dan de knikspanning V_{KN} .

10 De uitgangsledingen van de V/I-omzetters 6 en 9 zijn verbonden met een gemeenschappelijk punt 13, dat is gekoppeld met een stroombron 14 met stroomsterkte I_D en verder via een diode 15 met de inverterende ingang 17 van een regelversterker 16, waarvan de niet-inverterende ingang 18 een stuursignaal voor de eindtransistor T_1 voert.

15 De uitgang van de versterker 16 is gekoppeld met de basis van de eindtransistor T_1 . De richting van de uitgangsstroom I_2 van de V/I-omzetter 9 is tegengesteld aan die van I_1 van de V/I-omzetter 6, zodat aan het punt 13 het verschil $I_M = I_1 - I_2$ van deze uitgangsströmen ter beschikking staat. Deze stroom I_M wordt nu vergeleken met de stroom I_D van de

20 stroombron 14. Is de stroom I_M kleiner dan de stroom I_D dan werkt de beveiliging niet. Het verschil van de stromen I_M en I_D wordt dan geleverd door om wille van de eenvoud niet weergegeven stroomlevermiddelen, die worden afgeschakeld zodra de beveiligingsschakeling in werking treedt. De beveiligingsschakeling treedt in werking als de stroom I_M groter

25 wordt dan de stroom I_D . Het verschil van deze stromen vloeit dan naar de inverterende ingang 17 van de regelversterker 16. Deze regelversterker 16 stuurt de eindtransistor T_1 nu zodanig, dat de stroom I_M gelijk wordt aan de stroom I_D . In dat geval geldt:

$$30 \quad I_D = aI_E - b(V_{KN} - V_{CE}) \text{ voor } V_{CE} < V_{KN} \quad (1a)$$

$$I_D = aI_E \quad \text{voor } V_{CE} \geq V_{KN} \quad (1b)$$

Hieruit volgt voor de stroom I_E als functie van de kollektor-emitter

35 spanning V_{CE} :

$$I_E = \frac{I_D}{a} + \frac{b}{a} (V_{KN} - V_{CE}) \quad \text{voor } V_{CE} < V_{KN} \quad (2a)$$

$$I_E = \frac{I_D}{a} \quad \text{voor } V_{CE} \geq V_{KN} \quad (2b)$$

5

In figuur 2 is de door formules 2a en 2b bepaalde I_E/V_{CE} -karakteristiek weergegeven. Voor zeer kleine V_{CE} wordt de stroom begrensd op de maximale stroom

$$I_E \text{ max} = \frac{I_D}{a} + \frac{b}{a} V_{KN}. \quad 10$$

Bij toenemende V_{CE} neemt de grenswaarde van de stroom I_E lineair af. Boven de knikspanning V_{KN} blijft er een kleine reststroom door transistor T_1 vloeien, die gegeven wordt door formule 2b. Deze reststroom zorgt ervoor dat de schakeling in staat is om de benodigde stroom te leveren voor de rustinstelling wanneer de voeding wordt ingeschakeld. Hiertoe is het onder meer nodig, dat bij het inschakelen van de voedingsspanning een kleine stroom vloeit om de condensator 3 (zie fig. 1) te laden. Een kleine reststroom dient tevens te vloeien om bij grote uitsturing vervorming te voorkomen, die anders op zou treden door het stroomloos worden van de transistor T_1 . De reststroom wordt niet meer zoals bij de bekende beveiligingsschakeling gevormd uit het verschil van twee relatief grote stromen maar wordt direkt door de drempelstroom I_D bepaald. De grootte van de reststroom is daarom veel minder afhankelijk van spreiding, waardoor de kans op beschadiging van de eindtransistor T_1 door overbelasting bij hoge kollektor-emitterspanningen sterk is verminderd. 25

Een uitvoeringsvorm van een beveiligingsschakeling wordt toegelicht aan de hand van figuur 3. Hierin is T_1 weer de te beveiligen transistor, waarvan de kollektor met de uitgang 2 en de emitter via een weerstand R_1 aan massa is gelegd. De weerstand R_1 maakt deel uit van een stroomspiegelschakeling, die de eerste spanningsstroomomzetter vormt. 30 De stroomspiegelschakeling bevat een eerste keten met een stroombron 20, een als diode geschakelde transistor T_2 , een transistor T_3 en weerstand R_1 en een tweede keten met transistoren T_4 en T_5 en weerstand R_2 . De transistoren T_2 en T_4 bezitten een gemeenschappelijke basis, terwijl de basis van transistor T_3 met de kollektor van transistor T_5 en de basis van transistor T_5 met de kollektor van transistor T_3 is verbonden. 35

Doordat de kollektorstroom van transistor T_4 nagenoeg gelijk is aan die van transistor T_5 en doordat de kollektorstroom van transistor T_2 nagenoeg gelijk is aan die van transistor T_3 , is de som van de basisemitterspanning van transistoren T_3 en T_4 gelijk aan die van transistoren T_2 en T_5 . De kollektorstroom van transistor T_4 is dan zodanig, dat de spanning over de weerstanden R_1 en R_2 nagenoeg gelijk is. Ten gevolge van de emitterstroom I_E van transistor T_1 zou in de kollektorketen van transistor T_4 afgezien van een instelgelijkstroomterm ten gevolge van stroombron 20 en afgezien van de kollektorstroom van transistor T_9 een stroom vloeien, die gelijk is aan

$$\frac{R_1}{R_2} \cdot I_E.$$

De gelijkstroomterm wordt gekompenseerd door een even grote term in de sterkte van stroombron 25, die voor de werking van de beveiliging echter geen rol speelt en in de verdere berekeningen dan ook is weggelaten.

De kollektor van transistor T_1 is door middel van een weerstand R_3 en een diode 21 gekoppeld met de ingang van een stroomspiegel, die wordt gevormd door de transistoren T_7 , T_8 en T_9 . Met de ingang van de stroomspiegel is verder een stroombron 22 met stroomsterkte kI_D gekoppeld. De gemeenschappelijke emitter van de transistoren T_7 , T_8 is verbonden met de emitter van een transistor T_{10} , waarvan de basis een referentiespanning V_Z voert. De uitgangsstroom van de stroomspiegel T_7 , T_8 , T_9 wordt toegevoerd aan de weerstand R_2 .

De spanning op de kathode van diode 21 bedraagt nagenoeg $V_Z - 3V_{BE}$, waarbij de V_{BE} 's de basis-emitterspanningen van transistoren T_8 , T_9 en T_{10} zijn. Voor spanningen op de uitgang 2 kleiner $V_Z - 2V_{BE}$ is de diode 21 dan gesperd. In dat geval wordt de stroom kI_D van stroombron 22 volledig gespiegeld naar weerstand R_2 . De totale kollektorstroom I_M van transistor T_4 is dan gelijk aan

$$I_M = \frac{R_1}{R_2} \cdot I_E - kI_D.$$

Deze stroom wordt nu eerst met behulp van een stroomspiegel met transistoren T_{11} en T_{12} gespiegeld en vervolgens vergeleken met de stroom I_D van een stroombron 25, die verder in dit voorbeeld voor de eenvoud schematisch via een diode 26 met een regelversterker 27 is gekoppeld.

Wordt de meetstroom I_M nu groter dan de stroom I_D dan treedt de beveiliging in werking en regelt de regelversterker de stroom I_E door de eindtransistor T_1 zo, dat de stroom I_M gelijk wordt aan de stroom I_D . De stroom I_E wordt daardoor begrensd op de maximale waarde

5

$$I_E \text{ max} = \frac{R_2}{R_1} (1+k) I_D$$

Voor spanningen op de uitgang 2 hoger dan $V_Z - 2V_{BE}$ gaat diode 21 geleiden, zodat bij toenemende kollektor-emitter-spanning een gedeelte van de stroom kI_D door de weerstand R_3 zal vloeien. De grenswaarde van de emitterstroom I_E zal daardoor lineair afnemen met toenemende kollektor-emitterspanningen V_{CE} .

Bereikt de spanning op de uitgang 2 de waarde van de knikspanning $V_k = V_Z - 2V_{BE} + kI_D R_3$ dan vloeit de stroom kI_D van stroombron 22 volledig door weerstand R_3 en wordt de stroomspiegel T_7, T_8, T_9 stroomloos. De stroom I_M wordt dan gelijk aan

$$I_M = \frac{R_1}{R_2} I_E,$$

zodat de stroom I_E begrensd wordt op een restwaarde, die gelijk is aan

$$I_E = \frac{R_2}{R_1} \cdot I_D.$$

In figuur 4 is voor de volledigheid de bijbehorende $I_E - V_{CE}$ -karakteristiek weergegeven met daarbij de karakteristieke waarden vermeld.

In figuur 5 is een versterkerschakeling voorzien van beveiligingsschakelingen volgens de uitvinding weergegeven. De versterker omvat een eerste trap 30, welke het karakter van een spanningsstroomomzetter vertoont met een als verschilversterker geschakeld paar transistoren T_{15} en T_{16} waarvan de basis-elektroden de inverterende en niet-inverterende ingang vormen. De emitters van de transistoren T_{15} en T_{16} zijn via een stroombron 31 met het positieve voedingsaansluitpunt 32 verbonden. De kollektoren van de transistoren T_{15}, T_{16} zijn via een stroomspiegel T_{17}, T_{18}, T_{19} met weerstanden 33 en 34 en stroombron 35 verbonden met de uitgang 36 van deze trap 30. De uitgang 36 vormt tevens de ingang 36 van een Millertrap 40, die het karakter van een stroomspanningsomzetter vertoont.

De ingang 36 is verder door middel van een compensatie-capaciteit 46 met uitgang 2 verbonden. Deze trap 40 bevat een stuurtransistor T_{20} met emitterweerstand 42, die door middel van de emittervolgerconfiguratie bestaande uit transistor T_{21} en stroombron 41 wordt aangestuurd en waar-
5 van de kollektor via de dioden 42, 43 en 44 en stroombron 45 met het positieve voedingsaansluitpunt 32 is verbonden. De eindtrap is uitgevoerd als een quasi-complementaire eindtrap met NPN-eindtransistoren T_1 en T_{25} , die met NPN-transistoren T_{26} respektievelijk T_{27} als Darlington tran-
10 sistoren zijn uitgevoerd. Het quasi-complementaire gedrag wordt verkregen door toevoeging vna de PNP-transistoren T_{28} en T_{29} zoals in de figuur is aangegeven. Eindtransistor T_1 wordt beveiligd met een schakeling 50 die bijna volledig gelijk is aan de beveiligingsschakeling van fig. 3 en waarvan gelijke onderdelen gelijk genummerd zijn.

Alvorens met de stroom I_D van stroombron 25 te worden verge-
15 leken wordt de stroom I_M gespiegeld met behulp van een stroomspiegel met transistoren T_{30} , T_{31} met weerstanden 51 en 52. Het verschil van de stromen I_M en I_D vloeit over de serieschakeling van een weerstand 53 en condensator 54. De spanning over deze serieschakeling wordt via de als emittervolger geschakelde versterker T_{32} aangelegd over weerstand
20 55. In verband met de aansturing van transistor T_1 moet de emitterstroom van transistor T_{32} vanuit de ingang 36 van de stuurtrap nog geïnverteerd worden. Dit geschiedt door de weerstand 55 te verbinden met de ingang van de stroomspiegel T_{17} , T_{18} , T_{19} , waardoor die stroomspiegel de emitter-
25 stroom van transistor T_{32} invertteert naar uitgang 36.

In de beveiligingsschakeling 50 is de basis van transistor T_{32} met behulp van een transistor T_{33} geklemd op een punt dat referentie-
spanning V_R voert. Deze maatregel dient om te voorkomen, dat de beveiligingsschakeling 50 actief wordt terwijl de beveiliging niet behoeft
te werken. De stroom I_M is dan kleiner dan de stroom I_D van stroombron
30 25. De transistor T_{33} wordt dan in geleiding gehouden door de overtoollige stroom van stroombron 25. De spanning V_R is daarbij zodanig, dat transistor T_{32} niet geleidt wanneer de beveiliging niet actief is. Transistor T_{33} spert op het moment dat de beveiliging in werking treedt en transistor T_{32} gaat geleiden.

35 Eindtransistor T_{25} wordt op soortgelijke wijze beveiligd met een schakeling 50A, die in grote mate overeenkomt met schakeling 50 en

waarvan overeenkomstige delen onder toevoeging van de index a overeen-
komstig zijn genummerd. De schakeling 50A werkt hetzelfde als schakeling
50, waarbij echter de transistoren van de stroomspiegels T_{3A} t/m T_{5A}
en T_{7A} t/m T_{10A} complementair zijn uitgevoerd. Als gevolg hiervan heeft
5 de stroom I_M niet eerst met een stroomspiegel te worden geïnverteerd
alvorens deze aan de basis van transistor T_{32A} toe te voeren. In ver-
band met de complementaire aansturing van transistor T_{25} is, de weer-
stand 55A rechtstreeks met de ingang 36 van de stuurversterker T_{20} ,
 T_{21} verbonden.

10 Het zal duidelijk zijn, dat de uitvinding niet is beperkt
tot de gegeven uitvoeringsvormen, maar dat binnen het kader van de
uitvinding vele uitvoeringsvormen mogelijk zijn waarmee de gewenste
functies gerealiseerd kunnen worden. Zo zijn er voor een vakman vele
varianties te bedenken voor de eerste en tweede spanningsstroomomzetter
15 en de regelversterker.

20

25

30

35

CONCLUSIES

1. Beveiligingsschakeling voor het beveiligen van een transistor tegen overbelasting bevattende
 - eerste middelen voor het opwekken van een eerste signaal, dat een maat is voor de kollektorstroom van de transistor,
 - 5 - tweede middelen voor het opwekken van een tweede signaal, dat een maat is voor de kollektor-emitterspanning van de transistor, waarbij dit tweede signaal boven een zekere kollektor-emitterspanning, de zogenaamde knikspanningen, een constant waarde bezit, en
 - 10 - derde middelen die de kollektroostroom van de transistor begrenzen indien een combinatie van het eerste en tweede signaal een zeker drempelsignaal overschrijdt, met het kenmerk
 - dat het tweede signaal een maat is voor het verschil tussen de knikspanning en de kollektor-emitterspanning, en
 - 15 - dat de combinatie van het eerste en tweede signaal wordt gevormd door het verschil van het eerste en tweede signaal.
2. Beveiligingsschakeling volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de eerste middelen zijn voorzien van een eerste weerstand, die in de kollektor- of emitterleiding van de transistor is opgenomen en van
 - 20 een eerste spanningsstroomomzetter, die de spanning over de eerste weerstand omzet in een daarmee evenredige stroom, dat de tweede middelen zijn voorzien van een tweede spanningsstroomomzetter, die het verschil van de kollektor-emitterspanning en de knikspanning omzet in een daarmee evenredige stroom en dat de derde middelen een regelversterker bevatten
 - 25 welke de stroom door de transistor zo begrenst, dat het verschil van de uitgangsströmen van de eerste en tweede spanningsstroomomzetter gelijk is aan een drempelstroom van een stroombron.
3. Beveiligingsschakeling volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat de eerste spanningsstroom-omzetter wordt gevormd door een eerste
 - 30 stroomspiegelschakeling met een ingangsketen, die ten minste de serieschakeling van een stroombron, een tweede transistor en de eerste weerstand bevat en met een uitgangsketen, die ten minste de seriescha-

keling van een derde transistor en een tweede weerstand bevat, dat de tweede spanningsstroom-omzetter wordt gevormd door een tweede stroomspiegelschakeling met een ingangsketen, die ten minste de serieschakeling van een stroombron en een derde transistor bevat en met een uitgangsketen, die ten minste een vierde transistor bevat, waarbij de in- en uitgangsketen een gemeenschappelijke vijfde transistor bevatten, waarvan de stuuerelektrode een referentiespanning voert, dat de ingangsketen van de tweede stroomspiegelschakeling verder via de serieschakeling van een diode en een derde weerstand met de kollektor of de emitter van de te beveiligen transistor is gekoppeld en dat de uitgangsketen van de tweede stroomspiegelschakeling verder met de tweede weerstand in de uitgangsketen van de eerste stroomspiegelschakeling is gekoppeld.

15

20

25

30

35

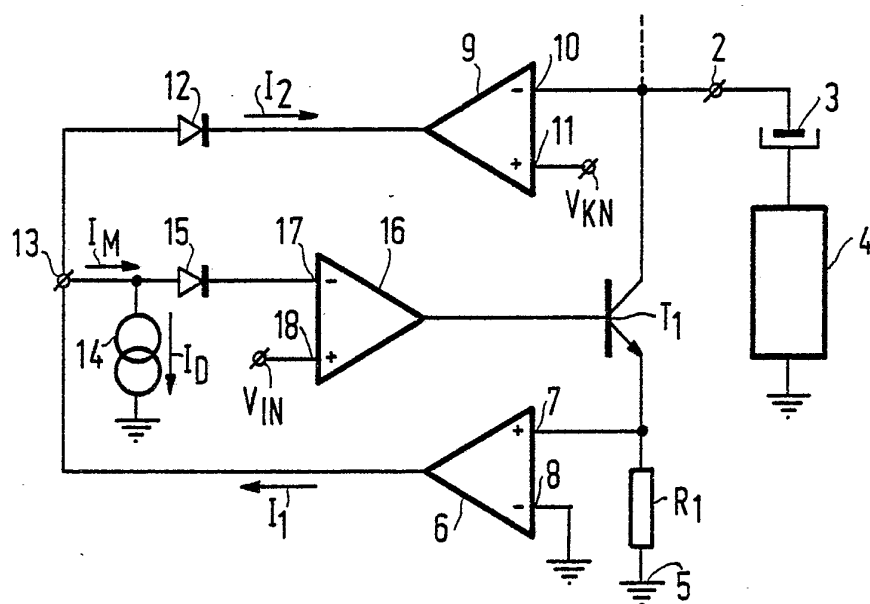


FIG. 1

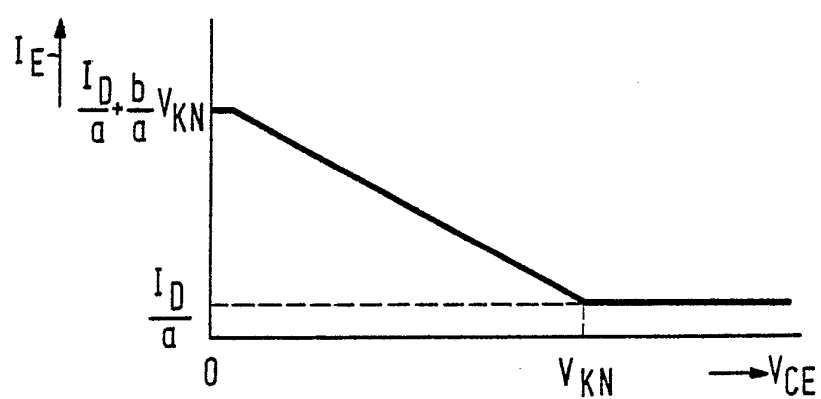


FIG. 2

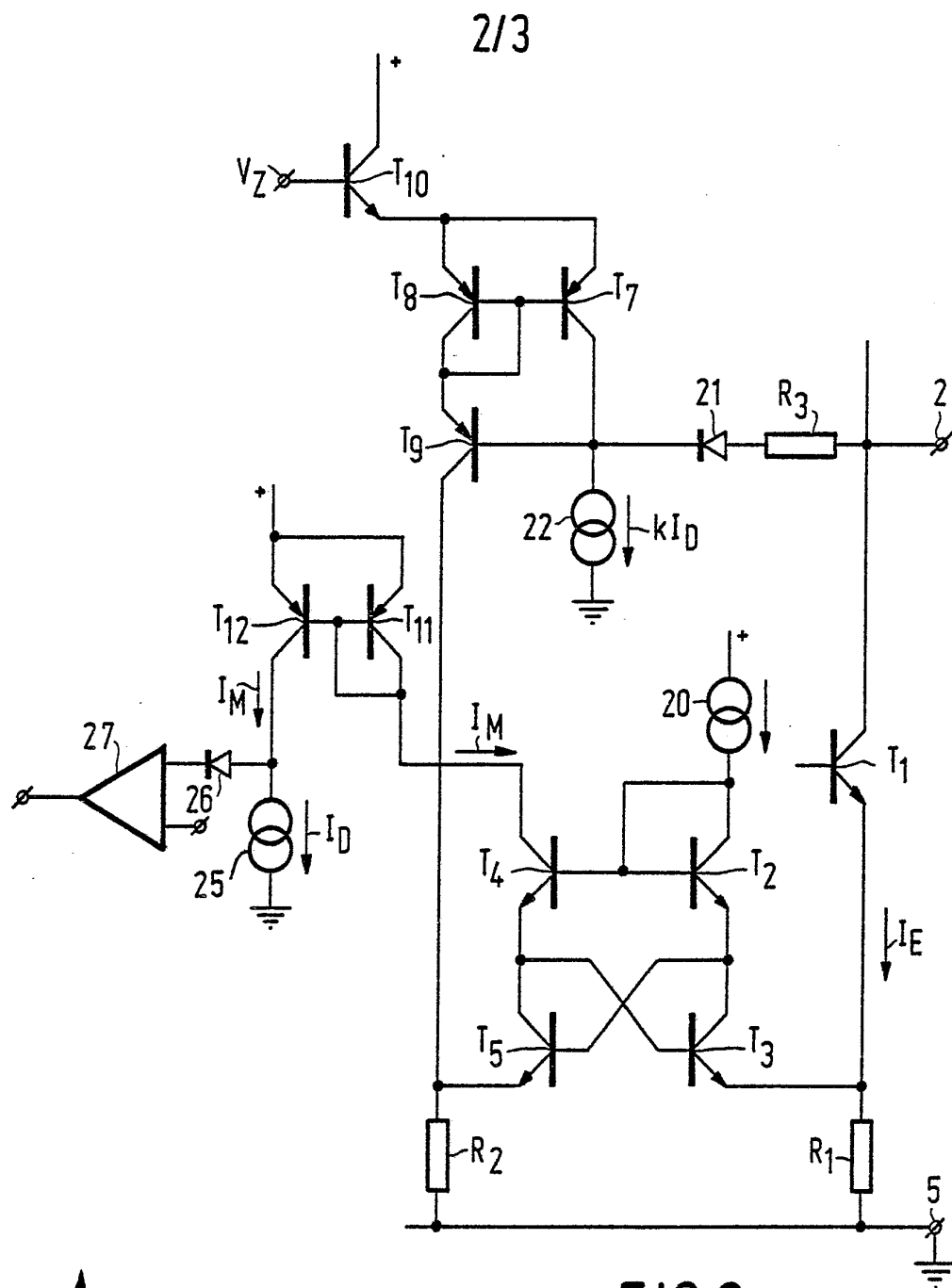


FIG.3

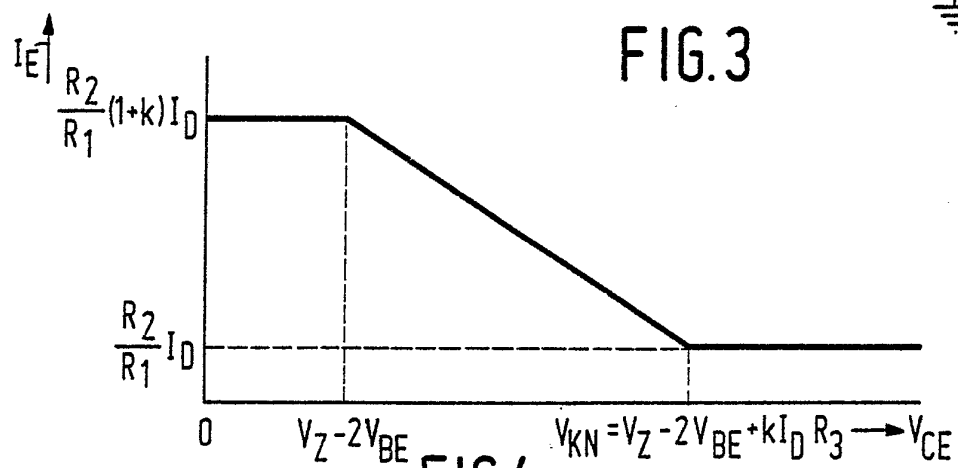


FIG.4

