

Octrooiraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **7908691**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Inrichting met PTC-elementen ter bescherming van schakelingen.**
- ⑤1 Int.Cl³: H01C7/02, H02H9/02.
- ⑦1 Aanvrager: Raychem Corporation te Menlo Park, Californië, Ver. St. v. Am.
- ⑦4 Gem.: Ir. G.F. van der Beek c.s.
NEDERLANDSCH OCTROOIBUREAU
Joh. de Wittlaan 15
2517 JR 's-Gravenhage.

- ②1 Aanvraag Nr. 7908691.
- ②2 Ingediend 30 november 1979.
- ③2 Voorrang vanaf 1 december 1978.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US):
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 965344 .
- ②3 --
- ⑥1 --
- ⑥2 --

- ④3 Ter inzage gelegd 3 juni 1980.

De aan dit blad gehechte afdruk van de beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en) bevat afwijkingen ten opzichte van de oorspronkelijk ingediende stukken; deze laatste kunnen bij de Octrooiraad op verzoek worden ingezien.

Inrichting met PTC-elementen ter bescherming van schakelingen.

Het is bekend dat de soortelijke weerstand van vele geleidende materialen met de temperatuur verandert en die materialen die een sterke toename van de soortelijke weerstand vertonen over een speciaal temperatuurtraject worden dikwijls aangeduid als materialen met een positieve temperatuurscoëfficiënt (PTC). Voorbeelden van PTC-materialen zijn bepaalde gedoopte keramische materialen, zoals bari-umtitanaat, en bepaalde geleidende polymeren, dat wil zeggen polymeren met vulmateriaal dat uit kleine deeltjes bestaat en in de polymer is gedispergeerd. De keramische PTC-materialen die normaal verkrijgbaar zijn bezitten zeer stabiele elektrische eigenschappen. Daarentegen vertoont hun specifieke weerstand bij betrekkelijk hoge spanningsgradiënten, bijvoorbeeld boven 80 volt/mm, de neiging op ongewenste wijze zeer snel af te nemen na een piekwaarde te hebben bereikt. Nog belangrijker is, dat hun kleinste soortelijke weerstand bij 25°C betrekkelijk groot is, in het algemeen groter dan 40 ohm.cm, zodat zij niet kunnen worden gebruikt in situaties waarin een combinatie wordt vereist van lage weerstand en kleine afmeting. Bovendien zijn zij bros en is het moeilijk ze in de gewenste vorm te brengen. Geleidende polymere PTC-materialen zijn in het algemeen betrekkelijk flexibel en gemakkelijk te vormen, en alhoewel tot voor kort het traject van de beschikbare fysische en elektrische eigenschappen beperkt was, hebben recente onderzoeken aangetoond hoe geleidende polymeren met een veel breder traject van eigenschappen (en meer in het bijzonder met lage specifieke weerstanden bij lage temperaturen gecombineerd met grote specifieke weerstanden bij hogere temperaturen) kunnen worden bereid, en hoe verbeterde inrichtingen die zulke geleidende polymeren bevatten, kunnen worden vervaardigd.

Men wordt bijvoorbeeld verwezen naar het Amerikaanse octrooi-schrift 3.858.144, de Duitse ter inzage gelegde octrooiaanvragen P 2,543,314.1, P 2,755,077.2, P 2,755,076.1, P 2,821,799.4 en P 2,903,442.2 en de aanvragen overeenkomende met de Amerikaanse octrooiaanvragen 965.343 en 965.345. Keramische PTC-materialen worden toegepast in verhitters en in inrichtingen voor de bescherming van schakelingen (zie bijvoorbeeld het artikel getiteld "The PTC Resistor" van de hand van R.F. Blaha in "Proceedings of the Electronic Components Conference, 1971"). Voor schakelingen waar voortdurend een betrekkelijk grote stroom, bijvoorbeeld 0,5 A of meer, doorheen gaat, zijn de schakeling beschermende inrichtingen gebaseerd op keramische

7908691

PTC-materialen tengevolge van de grote soortelijke weerstand van zulke materialen onaanvaardbaar groot wat de afmeting betreft. Geleiden- de polymere PTC-materialen vinden een uitgebreide toepassing in ver- hitters. Bovendien heeft men hun toepassing in schakelingen bescher-
5 mende inrichtingen voorgesteld in de literatuur, bijvoorbeeld in de Amerikaanse octrooischriften 2.978.665 (Vernet en anderen) en 3.243.753 (Kohler). In het algemeen vindt men echter in de litera- tuur geen vermelding van speciale inrichtingen voor de bescherming van schakelingen, die een geleidend polymeer PTC-element bevatten, waar-
10 van zelfs maar wordt beweerd dat zij bevredigende resultaten geven en onze onderzoeken hebben aangetoond dat waarin de literatuur wordt aangegeven dat speciale inrichtingen voor de bescherming van schakelingen van deze soort in feite zijn vervaardigd, de aanwijzin- gen onvoldoende en misleidend zijn.

15 De uitvinding verschaft verbeterde inrichtingen voor de bescher- ming van schakelingen, die een PTC-element bevatten (dat wil zeggen een element dat bestaat uit een PTC-materiaal) en die bestand zijn tegen betrekkelijk grote stromen, zelfs als zij kleine afmetingen be- zitten.

20 Volgens een aspect van de uitvinding wordt een elektrische scha- keling verschaft die bestaat uit

(1) een bron van elektrische energie;

(2) een inrichting voor het beschermen van de schakeling bestaande uit ten minste twee elektroden en een PTC-element vervaardigd uit

25 een PTC-materiaal met een schakeltemperatuur T_s ; en

(3) andere schakelelementen die in serie zijn geschakeld met het PTC- element en die een impedantie van R_L ohm bezitten;

welke elektrische schakeling normaliter werkt onder omstandigheden waarbij

30 (A) stroom door het PTC-element vloeit over een oppervlak met een equivalente diameter d met een gemiddelde weglengte t , zodat d/t ten minste 2 is,

(B) de inrichting een temperatuur T_{dn} bezit waarbij de inrichting een soortelijke weerstand R_{dn} heeft die

35 (a) kleiner is dan 1 ohm; en

(b) kleiner is dan $0,5 \times R_L$ ohm, bij voorkeur
kleiner dan $0,1 \times R_L$ ohm,

en welk PTC-materiaal een soortelijke weerstand bezit kleiner dan 10 ohm.cm;

40 (C) welke inrichting in aanraking is met een medium met een tempera-

7908691

tuur T_n ; en

(D) waarbij een stabiel evenwicht bestaat tussen de snelheid waarmee de inrichting warmte opwekt door I^2R -verhitting en de snelheid waarmee warmte van de inrichting wordt afgevoerd;

5 en welke inrichting een bepaald verband bezit tussen elektrisch vermogen en temperatuur en in staat is warmte af te voeren naar het medium met een zodanige snelheid dat

(a) als (i) het medium langzaam wordt verhit van T_n , terwijl R_L en de spanning van de bron van elektrische energie constant worden
10 gehouden, of (ii) elementen van de schakeling zodanig worden veranderd dat de door de inrichting vloeiende stroom langzaam toeneemt van i_n terwijl T_n hoofdzakelijk constant wordt gehouden, de temperatuur van de inrichting langzaam toeneemt totdat de schakeling een kritische werktoestand bereikt waarbij het even-
15 wicht tussen de snelheid waarmee de inrichting warmte opwekt door I^2R -verhitting en de snelheid waarmee warmte wordt afgevoerd uit de inrichting instabiel is, de inrichting een temperatuur bezit van $T_{d \text{ trip}}$ en een weerstand $R_{d \text{ trip}}$, en de snelheid waarmee de weerstand van de inrichting met de temperatuur ver-
20 andert, $\frac{dR_{d \text{ trip}}}{dT_{d \text{ trip}}}$, positief is en of (i) het medium een temperatuur T_{crit} bezit, of (ii) de stroom een waarde i_{crit} bezit, en

(b) als of (i) het medium verder wordt verhit tot juist boven T_{crit} terwijl R_L en de spanning van de bron hoofdzakelijk constant wor-
25 den gehouden, of (ii) elementen van de schakeling verder worden veranderd, zodat de stroom die door de inrichting vloeit toeneemt tot tweemaal i_{crit} , terwijl T_n hoofdzakelijk constant wordt ge-
houden, de snelheid waarmee de inrichting warmte opwekt door I^2R -verhitting groter is dan de snelheid waarmee warmte uit de
30 inrichting kan worden afgevoerd en derhalve de temperatuur en de weerstand van de inrichting snel toenemen en de stroom door de schakeling afneemt totdat de schakeling een bij hoge temperatuur gelegen, stabiele werktoestand bereikt waarbij de snelheid waar-
mede de inrichting warmte opwekt door I^2R -verhitting gelijk is
35 aan de snelheid waarmee warmte uit de inrichting wordt afgevoerd en de inrichting een temperatuur $T_{d \text{ latch}}$ en een weerstand $R_{d \text{ latch}}$ bezit die zodanig zijn dat de verhouding tussen het ver-
mogen in de schakeling bij normale werkomstandigheden en het ver-
mogen in de schakeling bij de bij hoge temperatuur stabiele werk-
40 omstandigheid (welke verhouding hier de schakelverhouding wordt

genoemd) ten minste 8 en bij voorkeur 10 bedraagt.

Bij het bepalen van de hierboven aangegeven schakelingen volgens de uitvinding wordt verwezen naar de wijze waarop de schakeling reageert op een snelle toeneming van de stroom die vloeit door de
5 inrichting, of op een langzame toeneming van de temperatuur van het medium dat de inrichting omgeeft. Men dient echter te begrijpen, dat de schakelingen volgens de uitvinding zullen overgaan naar een kritische werksituatie en derhalve naar een werksituatie bij hoge temperatuur, door een tegelijkertijd optredende toeneming van de stroom
10 en de temperatuur, en dat de toeneming van de temperatuur en/of de stroom geen langzame toeneming behoeft te zijn (en dit inderdaad gewoonlijk ook niet is als de verwachte ongewenste toestand een toeneming van de stroom is, bijvoorbeeld veroorzaakt door een korte of een tijdelijke spanningstoename).

15 Men merke op, dat bij de hierboven bepaalde schakelingen de inrichting voor het beschermen van de schakeling wordt bepaald door te verwijzen naar de andere schakelementen, het medium om de inrichting en de snelheid waarmede warmte kan worden afgevoerd uit de inrichting naar dat medium. Een inrichting voor het beschermen van
20 schakelingen die voor veel doeleinden kan worden gebruikt, kan echter worden bepaald door een verwijzing naar de wijze waarop deze inrichting zich zal gedragen als zij wordt geplaatst in een standaard-schakeling en een standaard thermische omgeving. Volgens een ander aspect verschaft de uitvinding derhalve een inrichting voor het be-
25 schermen van schakelingen, bestaande uit een PTC-element vervaardigd uit een PTC-materiaal met een schakeltemperatuur T_s en ten minste twee elektroden die kunnen worden verbonden met een bron van elektrische energie en die, indien zij zo worden geschakeld, een stroom laten vloeien door het PTC-element, welke inrichting zodanig is dat
30 als zij zich in stilstaande lucht bevindt en deel uitmaakt van een beproevingsschakeling bestaande uit de inrichting, een energiebron met een spanning die gelijk is aan 10 of 100 volt en een weerstand met een uitgekozen weerstandswaarde in serie met de inrichting, de weerstand zodanig wordt gekozen dat als de stilstaande lucht een tem-
35 peratuur bezit van 25°C de beproevingsschakeling zich in een kritische werksituatie bevindt, waarbij de beproevingsschakeling een normale werksituatie bezit waarin

(A) stroom vloeit door het PTC-element over een oppervlak met een
equivalente diameter d met een gemiddelde weglengte t , zodat d/t
40 ten minste 2 is;

- (B) de inrichting een temperatuur bezit van T_{dn} waarbij de inrichting een weerstand R_{dn} bezit kleiner dan 1 ohm en waarbij het PTC-materiaal een soortelijke weerstand bezit kleiner dan 10 ohm. cm;
- 5 (C) de luchttemperatuur 0°C bedraagt; en
- (D) er een stabiel evenwicht bestaat tussen de snelheid waarmee de inrichting warmte opwekt door I^2R -verhitting en de snelheid waarmee warmte uit de inrichting wordt afgevoerd;
- en de inrichting in de beproevingsschakeling een verband tussen elek-
10 trisch vermogen en temperatuur bezit en warmte aan de lucht kan afstaan met een zodanige snelheid dat
- (a) als de lucht langzaam van 0°C af wordt verhit terwijl de weerstand en de energiebron noodzakelijk constant worden gehouden, de temperatuur van de inrichting langzaam toeneemt totdat de
15 schakeling een kritische werksituatie bereikt waarbij het evenwicht tussen de snelheid waarmee de inrichting warmte opwekt door I^2R verhitting en de snelheid waarmee warmte wordt afgevoerd uit de inrichting, instabiel is, en de luchttemperatuur 25°C bedraagt, de inrichting een temperatuur bezit van $T_d \text{ trip}$
20 en een weerstand van $R_d \text{ trip}$, en de snelheid waarmee de weerstand van de inrichting met de temperatuur verandert, $\frac{dR_d \text{ trip}}{dT_d \text{ trip}}$, positief is; en
- (b) als de lucht dan wordt verhit tot juist boven 25°C , de snelheid waarmee de inrichting warmte opwekt door I^2R -verhitting groter
25 is dan de snelheid waarmee warmte uit de inrichting wordt afgevoerd en derhalve de temperatuur en de weerstand van de inrichting snel stijgen en de stroom door de schakeling afneemt totdat de schakeling een bij hoge temperatuur gelegen stabiele werksituatie bereikt waarbij de snelheid waarmee de inrichting warmte
30 opwekt door I^2R -verhitting gelijk is aan de snelheid waarmee warmte wordt afgevoerd uit de inrichting en de inrichting een temperatuur $T_d \text{ latch}$ en een weerstand $R_d \text{ latch}$ bezit die zodanig zijn, dat de verhouding tussen het vermogen in de schakeling bij de normale werksituatie en het vermogen in de schakeling bij de
35 bij hoge temperatuur gelegen stabiele werksituatie (de schakelverhouding) ten minste 8 en bij voorkeur ten minste 10 is.

De keuze van de waarde van de weerstand die wordt gebruikt in de beproevingsschakeling kan het gemakkelijkst worden gemaakt door de inrichting in stilstaande lucht van 25°C te plaatsen, de inrichting
40 met een variabele spanningsbron te verbinden en de evenwichtsstroom

in een grafiek tegen de spanning van de inrichting uit te zetten. De grafiek vertoont een piek die de maximale stroom bepaalt die in een stabiele toestand door de inrichting kan vloeien ($I_{\max}$); de uitgekozen weerstandswaarde zal dan gelijk zijn aan de spanning van de energieg bron in de proefschakeling (dat wil zeggen 10 volt of 100 volt) gedeeld door $I_{\max}$. Vele inrichtingen zullen aan de hierboven beschreven beproevingskriteria voldoen als de spanning in de beproevingschakeling 10 volt bedraagt en als deze 100 volt bedraagt, maar de uitvinding heeft mede betrekking op inrichtingen die dit slechts 10 doen bij één van deze spanningen en niet bij de andere.

De uitvinding wordt toegelicht door de bijgevoegde tekeningen, waarin

- fig. 1 het verband tussen de weerstand en de temperatuur weergeeft van een PTC-element;
- 15 fig. 2 een schakeling volgens de uitvinding weergeeft;
- de fig. 3 en 4 verbanden weergeven tussen vermogen en temperatuur voor een beschermingsinrichting volgens de uitvinding;
- de fig. 5 en 6 inrichtingen volgens de uitvinding weergeven;
- fig. 7 een verhitter voor een aquarium weergeeft waarin de schakeling een beschermingsinrichting volgens fig. 5 bevat; en
- 20 fig. 8 een schakeldiagram is voor de aquariumverhitter van fig. 7.

De uitvinding wordt voornamelijk beschreven aan de hand van schakelingen die een enkele PTC-inrichting voor het beschermen van schakelingen bevatten, maar men diene te begrijpen dat de uitvinding 25 schakelingen omvat die twee of meer van zulke inrichting bevatten die in werking kunnen worden gesteld door verschillende verkeerde omstandigheden en voorts, dat de term inrichting voor het beschermen van schakelingen mede omvat twee of meer parallel en/of in serie 30 geschakelde elektrische inrichtingen die tezamen het gewenste beschermende effect geven. Men merke ook op, dat de uitvinding betrekking heeft op hierboven gedefinieerde schakelingen en inrichtingen, zelfs als een schakeling of een inrichting niet altijd aan de gespecificeerde vereisten voldoet, bijvoorbeeld als de elektrische karakteristieken van de inrichting in het begin onbevredigend zijn, maar 35 een daarna uitgevoerde verouderingsbewerking de inrichting aan de boven gegeven definitie laat voldoen.

Bij de nieuwe inrichtingen voor het beschermen van schakelingen zijn de elektroden en het PTC-element zodanig opgesteld, dat de 40 stroom door het element vloeit over een oppervlak met een equivalent

7903691

te diameter d en met een gemiddelde weglengte t , zodat d/t ten minste 2, bij voorkeur ten minste 10 en meer in het bijzonder ten minste 20 is. De term "equivalente diameter" betekent de diameter van een cirkel met hetzelfde oppervlak als het oppervlak waarover de stroom vloeit; dit oppervlak kan elke willekeurige vorm hebben, maar teneinde de fabricage van de inrichting te vergemakkelijken is de vorm gewoonlijk die van een cirkel of van een rechthoek. In het algemeen verdient het de voorkeur twee planaire elektroden te gebruiken met hetzelfde oppervlak, die tegenover elkaar worden aangebracht en ieder aan een kant van een vlak PTC-element met constante dikte. Andere opstellingen zijn echter mogelijk teneinde aan speciale ruimtelijke of elektrische vereisten te voldoen, bijvoorbeeld meer dan twee elektroden, meer dan één PTC-element, een wigvormig PTC-element of gekromde laminaire elektroden met een gekromd laminair PTC-element met constante dikte ertussen. Bij zulke andere opstellingen zal de wijze waarop de verhouding d/t moet worden berekend voor de vakman duidelijk zijn.

Het PTC-element zal in het algemeen een uniforme samenstelling bezitten, maar kan bijvoorbeeld twee of meer lagen bevatten met verschillende soortelijke weerstanden en/of verschillende schakeltemperaturen. De elektroden kunnen direkt in aanraking zijn met het PTC-element, of één of meer van de elektroden kan er elektrisch mee zijn verbonden via een ander geleidend materiaal, bijvoorbeeld een laag van een geleidende polymere samenstelling met een betrekkelijk constant wattage. Bij de vervaardiging van de inrichting moet men ervoor zorgen dat er geen buitengewoon grote contactweerstand ontstaat.

De elektroden bestaan als regel uit materiaal met een zeer lage specifieke weerstand, bijvoorbeeld minder dan 10^{-4} ohm.cm, en bezitten een zodanige dikte, dat zij geen noemenswaardige hoeveelheid warmte opwekken tijdens het in werking zijn van de inrichting. De elektroden zijn meestal van metaal, waarbij nikkelelektroden, of met nikkel beklede elektroden de voorkeur verdienen. Teneinde de adhesie te vergroten en de contactweerstand te verkleinen zijn de elektroden bij voorkeur voorzien van openingen, welke openingen echter zo klein zijn, dat de elektroden toch een hoofdzakelijk equipotentiaal vlak over hun gehele oppervlak vormen. Elektroden van geëxpandeerd metaal of van gelast gaas verdienen de voorkeur, waarbij het gaas bij voorkeur een open oppervlak bezit van 50 - 80% en elke opening kleiner is dan 0,13, en bij voorkeur kleiner dan 0,06 - 0,013 cm² is, in welk geval het oppervlak waarover de stroom in het PTC-element vloeit

7908691

in het algemeen kan worden gelijkgesteld aan het totale oppervlak van de elektrode en de daarin aanwezige openingen kunnen worden ver-
waarloosd.

Het PTC-element bestaat uit een materiaal dat bij de normale
5 werkomstandigheden van de schakeling een soortelijke weerstand bezit
kleiner dan 10 ohm.cm, waarbij soortelijke weerstanden kleiner
dan 7 ohm.cm, bij voorkeur kleiner dan 5 ohm.cm en meer in het bij-
zonder kleiner dan 3 ohm.cm of 1 ohm.cm, de voorkeur verdienen. Onder
normale werkomstandigheden ligt bij de meeste schakelingen de tempe-
10 ratuur van de inrichting T_{dn} boven 25°C en de soortelijke weerstand
van het PTC-element bij 25°C is kleiner dan 10, in het algemeen klei-
ner dan 7, bij voorkeur kleiner dan 5 en meer in het bijzonder klei-
ner dan 3 en in bijzondere gevallen kleiner dan 1 ohm.cm. De voorkeur
verdienen de PTC-materialen zijn geleidende polymeren waarvan de ge-
15 leidende vulstof erin bij voorkeur bestaat uit geleidend roet. Bij-
zonder nuttige PTC-materialen zijn beschreven in de hierboven geci-
teerde Amerikaanse octrooiaanvraag 965.343. Naarmate het PTC-element
dunner is, is de spanningsbelasting waaraan het onderworpen wordt gro-
ter. Het verdient daarom de voorkeur dat het PTC-materiaal een span-
20 ningsbelasting kan weerstaan van ten minste 50 volt/mm, meer in het
bijzonder ten minste 200 volt/mm in de stabiele evenwichtstoestand
bij hoge temperatuur, en dat het PTC-element ten minste 0,05 cm dik
is.

De weerstand van de inrichting onder normale werkomstandigheden
25 van de schakeling, aangeduid met R_{dn} , wordt in het eenvoudige geval van
een inrichting bestaande uit twee metalen elektroden in aanraking met
het PTC-element, in eerste instantie bepaald door de weerstand
van het PTC-element en is kleiner dan 1 ohm, bij voorkeur kleiner dan
0,2 ohm, meer in het bijzonder kleiner dan 0,1 ohm. Naarmate de span-
30 ning van de energiebron in de schakeling lager is, als deze bijvoor-
beeld 50 volt of minder bedraagt, meer in het bijzonder 30 volt of
minder en meer speciaal 12 volt of minder, is het meer gewenst dat de
inrichting een lage weerstand bezit. Met het oog hierop zal het PTC-
element in het algemeen een dikte bezitten van 0,05 - 1 cm, bij voor-
35 keur 0,1 - 0,5 cm, en een equivalente diameter van 0,6 - 5 cm, bij
voorkeur 1,5 - 3,3 cm, alhoewel aanzienlijk grotere dikten en/of
equivalente diameters kunnen worden toegepast. Het is ook noodzake-
lijk dat in de schakeling waarbij de inrichting wordt toegepast, R_{dn}
kleiner is dan $0,5 \times R_L$ ohm, waarin R_L de impedantie is van de rest
40 van de schakeling die in serie is geschakeld met de inrichting; R_{dn}

7908691

is bij voorkeur kleiner dan $0,1 \times R_L$ ohm, meer in het bijzonder kleiner dan $0,04 \times R_L$, en meer speciaal kleiner dan $0,001 \times R_L$. R_L is bij voorkeur hoofdzakelijk constant, dat wil zeggen dat R_L niet meer varieert dan met $\pm 25\%$ in het temperatuurstrajekt waarin de schakeling werkt. R_L is in het algemeen een weerstandsbelasting, maar kan geheel of gedeeltelijk capacitief of inductief zijn. Als R_L echter aanzienlijk verandert over het temperatuurs-werktrajekt, kan de inrichting de schakeling beschermen tegen buitengewoon grote veranderingen van R_L , door bescherming te bieden tegen een zeer grote stroom die het gevolg is van een afnemning van R_L en/of tegen een zeer grote warmte-ontwikkeling die het gevolg is van een toeneming van R_L .

Zoals men uit het bovenstaande zal begrijpen, is het vermogen in de inrichting onder normale werkomstandigheden van de schakeling zeer klein en zal gemakkelijk naar de omgeving worden gedissipeerd. Als daarentegen een ongewenste situatie ontstaat, moet het elektrische vermogen van de inrichting eerst sterk toenemen, zodat het vermogen niet naar de omgeving kan worden gedissipeerd en vervolgens afnemen, totdat een stabiele werkomstandigheid bij een hogere temperatuur is bereikt, waarbij het vermogen kan worden gedissipeerd en de weerstand van de inrichting voldoende hoog is om er zeker van te kunnen zijn dat de schakeling is "afgesloten", dat wil zeggen dat de stroom in de schakeling is verminderd tot een geschikt laag niveau. Aangezien het elektrische vermogen van de inrichting zowel afhangt van de weerstand van de inrichting (die weer afhangt van de temperatuur) als van de er door vloeiende stroom, zal de inrichting de schakeling afsluiten tengevolge van een bijzonder hoge temperatuur om de inrichting of een bijzonder grote stroom in de schakeling (of natuurlijk een combinatie van beide). Wij hebben gevonden, dat voor het verlagen van de stroom tot niveau's die bij praktische toepassingen noodzakelijk zijn, de schakelverhouding, dat wil zeggen de verhouding tussen het vermogen in de schakeling onder normale werkomstandigheden en het vermogen van de schakeling bij een stabiele werkomstandigheid bij hoge temperatuur, ten minste 8 moet bedragen en in het algemeen ten minste 10, en bij voorkeur nog aanzienlijk hoger, bijvoorbeeld ten minste 20, ten minste 40 en in bijzondere gevallen ten minste 100.

Vele inrichtingen volgens de uitvinding kunnen worden gebruikt voor het beschermen van schakelingen tegen zowel buitengewoon hoge omgevingstemperaturen als buitengewoon grote stromen. Voor een opti-

7908691

male werking moeten daarentegen de details van de inrichting en van de thermische omgeving ervan worden gekozen met het oog op de te verwachten ongunstige omstandigheid, en er zijn sommige schakelingen en omgevingen waarbij een bepaalde inrichting zal werken volgens de uit-
5 vinding en reageren op een grote toeneming van de stroom, maar niet zal reageren op een ongewenste toeneming van de omgevingstemperatuur, en omgekeerd. De inrichtingen zijn bijzonder nuttig bij schakelingen waarbij de stroom groter is dan 0,5 A, bijvoorbeeld 0,5 - 4 A, bij voorkeur 0,5 - 2,5 A bij normale werkomstandigheden en de inrichtin-
10 gen kunnen worden ontworpen voor het in de stabiele toestand doorlaten van stromen tot 15 A of zelfs meer.

De werking van de inrichting kan het gemakkelijkst worden verklaard aan de hand van de fig. 1 - 4 van de bijgevoegde tekening. Fig. 1 geeft het verband weer tussen de weerstand en de temperatuur
15 van een inrichting. Fig. 2 geeft een schakeling volgens de uitvinding weer met een elektrische energiebron, een weerstandsbelasting R_L en een PTC-beschermingsinrichting R_d . Fig. 3 geeft het verband weer tussen het vermogen en de temperatuur van de inrichting als de elektrische schakeling niet verandert, behalve veranderingen van de weer-
20 stand van de inrichting tengevolge van veranderingen van de omgevingstemperatuur en I^2R -verhitting. Fig. 3 geeft ook representatieve belastingslijnen A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3 en B4 weer die het vermogen aangeven dat de inrichting kan dissiperen door normale thermische verliezen onder verschillende omstandigheden. De helling van de-
25 ze lijnen (die bij benadering recht zijn als het verschil tussen de temperatuur van de inrichting en de temperatuur van het de inrichting omgevende medium kleiner is dan 100°C , hetgeen normaliter het geval is) hangt af van het thermische geleidingsvermogen van het medium dat de inrichting omgeeft, de eventuele beweging van het medium
30 en het oppervlak van de inrichting en hun stand is afhankelijk van de temperatuur van het medium dat de inrichting omgeeft. De belastingslijnen A1, A2, A3 en A4 zijn alle representatief voor een eerste inrichting in een eerste medium bij toenemende temperaturen van het medium T_1 , T_2 , T_3 en T_4 , terwijl de belastingslijnen B1, B2, B3 en
35 B4 representatief zijn voor bijvoorbeeld (a) dezelfde inrichting in een tweede medium met een lager thermisch geleidingsvermogen dan het eerste medium, of (b) een tweede inrichting met dezelfde vermogens-temperatuurkromme als de eerste inrichting, maar met een kleiner oppervlak dan de eerste inrichting, en die zich in het eerste medium
40 bevindt.

7908631

Als de inrichting belastingslijnen A1, A2, A3 en A4 vertoont, zal de inrichting zolang de temperatuur van het medium beneden T_3 ligt, in stabiel evenwicht verkeren. Als echter de temperatuur van dit medium de kritische temperatuur T_3 bereikt (hetgeen de temperatuur is die is aangeduid als T_{crit}), bij welk punt de inrichting zich bevindt bij T_d trip A, wordt het evenwicht instabiel en een verdere toeneming van de temperatuur van het medium brengt het vermogen van de inrichting over de piek van de P/T-kromme totdat een punt is bereikt waarbij een stabiel evenwicht zich bij een hogere temperatuur instelt. Als bijvoorbeeld de temperatuur van het medium slechts zeer langzaam toeneemt zal een stabiel evenwicht worden bereikt bij het punt waarbij de belastingslijn A₃ de vermogens-temperatuurkromme snijdt voorbij de piek van de kromme, dat wil zeggen als de inrichting een temperatuur heeft T_d latch A. Als de temperatuur van het medium blijft toenemen tot T_4 , wordt een evenwicht bereikt als de temperatuur van de inrichting een hogere temperatuur T_d latch A4 bereikt. Men ziet dat als de inrichting gebracht is in een stabiele evenwichtstoestand bij een hogere weerstand en een hogere temperatuur, de inrichting niet zal terugkeren naar de toestand van lage weerstand (dat wil zeggen de inrichting zal voortgaan te verhinderen dat een aanzienlijke stroom door de schakeling vloeit), tenzij de temperatuur van het medium zakt tot beneden de temperatuur T_2 die aanzienlijk lager is dan de temperatuur van het medium T_{crit} , die ervoor zorgt dat de inrichting werkt in de eerste plaats. Men zegt dan dat de inrichting zich in de "gesloten" toestand bevindt. Men kan de inrichting ook dwingen zich terug te stellen, dat wil zeggen terug te gaan naar de toestand van lage weerstand, door zeer sterk de snelheid te vergroten waarmee de inrichting warmte aan haar omgeving afstaat. In het algemeen zijn de inrichtingen volgens de uitvinding echter zodanig ontworpen en werken zij zodanig, dat als afsluiting van de inrichting plaats vindt het terugstellen wordt verkregen door de stroom uit te schakelen en de inrichting te laten afkoelen.

De werking van een inrichting met belastingslijnen B1, B2, B3 en B4 kan op dezelfde wijze worden verklaard. Men ziet, dat voor deze belastingslijnen de inrichting in werking wordt gesteld als de temperatuur van het medium dat de inrichting omgeeft de temperatuur T_2 bereikt (die aanzienlijk lager is dan T_3), waarbij de temperatuur van de inrichting gelijk is aan T_d trip B (die aanzienlijk lager is dan $T_{trip A}$).

Fig. 4 geeft representatieve vermogens-temperatuurkrommen P en

998691

P^1 weer en belastingslijnen A en B, voor een inrichting volgens de uitvinding. P is de vermogens-temperatuurkromme van de inrichting als de elektrische schakeling onveranderd blijft, behalve wat betreft veranderingen in de weerstand van de inrichting tengevolge van veranderingen van de omgevingstemperatuur en/of I^2R -verwarming. Onder normale werkomstandigheden met een omgevingstemperatuur T, zal de temperatuur van de inrichting T_{dA} bedragen als de inrichting de belastingslijn A bezit en T_{dB} als de inrichting de belastingslijn B bezit. P^1 is de vermogens-temperatuurkromme van de inrichting bij een stroom die veel hoger is dan de stroom in de normale werktoestand. Als een elektrische storing, bijvoorbeeld een kortsluiting van R_L of een plotselinge toeneming van de spanning, een plotselinge toeneming van de stroom door de inrichting veroorzaakt, wordt het vermogen van de inrichting bijna onmiddellijk P_A als de inrichting de belastingslijn A bezit en P_B als de inrichting de belastingslijn B bezit. Het vermogen van de inrichting neemt dus toe tot een zeer hoog niveau en neemt dan af als de temperatuur (en hierdoor de weerstand) van de inrichting toeneemt, totdat een evenwicht is bereikt als de belastingslijn de vermogens-temperatuurskromme snijdt. Men merke op, dat als de inrichting de belastingslijn A bezit, opheffing van de kortsluiting tengevolge zal hebben dat de schakeling terugkeert naar haar vorige normale werktoestand waarbij de inrichting de temperatuur T_{dA} bezit. Als daarentegen de inrichting de belastingslijn B bezit is de inrichting gesloten, dat wil zeggen dat opheffing van de kortsluiting slechts een kleine verlaging van de temperatuur van de inrichting tengevolge zal hebben tot T_{dB} en een daarmee overeenkomende kleine vermindering van het vermogen van de inrichting, en dat de voorafgaande normale werktoestand niet wordt hersteld.

Bij vele van de belangrijke toepassingen van de inrichtingen volgens de uitvinding is het belangrijk dat de inrichting gedurende kortere of langere perioden voortgaat op ongeveer dezelfde wijze te werken, zelfs als veroudering van de inrichting plaatsvindt bij de toestand van hoge weerstand en hoge temperatuur. Bij de voorkeur verdienende schakelingen volgens de uitvinding vertoont de inrichting, nadat de schakeling onderworpen is geweest aan een verouderingsbehandeling, die bestaat uit het gedurende 10 uur laten werken van de schakeling met de inrichting bij het evenwichtspunt bij hoge temperatuur, het uitschakelen van de stroom, het laten afkoelen van de inrichting tot een belangrijk lagere temperatuur dan T_{dn} en het afkoelen van het medium tot een temperatuur aanzienlijk lager dan T_n , een

zodanig verband tussen elektrisch vermogen en temperatuur, dat de schakeling de hierboven gedefinieerde, normale werktoestand vertoont, een gedefinieerd punt van instabiel evenwicht bereikt als het medium langzaam wordt verhit van T_n af, bij welk punt van instabiel evenwicht het medium een temperatuur bezit van $T_{crit}/10$ liggende tussen $(T_{crit}-20)^{\circ}C$ en $(T_{crit}+10)^{\circ}C$, bij voorkeur $(T_{crit}-5)^{\circ}C$ en $(T_{crit}+5)^{\circ}C$, en een gedefinieerd stabiel evenwichtspunt bij hoge temperatuur bereikt als het medium wordt verhit boven $T_{crit}/10$. Het verdient ook de voorkeur dat de inrichting, na de genoemde verouderingsbewerking, een weerstand bezit bij de normale werktoestand van de verouderde schakeling van $R_{dn}/10$ tussen $0,5 \times R_{dn}$ en $3 \times R_{dn}$, bij voorkeur tussen $0,7 \times R_{dn}$ en $1,5 \times R_{dn}$. Als wordt verwacht dat de inrichting lang in de aangeslagen toestand zal verkeren, verdient het de voorkeur dat de eigenschappen van de inrichting op dezelfde wijze constant blijven na een verouderingsbewerking van 100 uur, zoals hierboven beschreven.

We hebben ook gevonden dat de inrichtingen een verbeterde uniformiteit van de werking vertonen als de inrichtingen zodanig zijn, dat bij elke temperatuur tussen T_n en T_d trip de waarde van de grootheid

$$\frac{1}{R} \times \frac{dR}{dT}$$

waarin R de weerstand van de inrichting is in ohm en T de temperatuur van de inrichting, niet meer dan met $\pm 50\%$ en bij voorkeur niet meer dan met $\pm 25\%$ verandert als de inrichting wordt onderworpen aan een verouderingsbehandeling bestaande uit het laten werken van de schakeling gedurende 10 uur, bij voorkeur 100 uur, waarbij de inrichting zich in het evenwichtspunt bij hoge temperatuur bevindt, de stroom wordt uitgeschakeld en men de inrichting laat afkoelen tot een temperatuur die aanzienlijk lager ligt dan T_{dn} .

De wijze waarop de inrichting werkt hangt gedeeltelijk af van de snelheid waarmede warmte eruit kan worden afgevoerd. Deze snelheid hangt af van de warmte-overdrachtscoëfficiënt van de inrichting en we hebben gevonden dat in het algemeen de inrichting een warmte-overdrachtscoëfficiënt moet bezitten die gemeten in stilstaande lucht en gemiddeld over het totale oppervlak van de inrichting, $2,5 - 6$ milliwatt/ $^{\circ}C \text{ cm}^2$ moet bedragen, en bij voorkeur $2,5 - 5$ milliwatt/ $^{\circ}C \text{ cm}^2$. Het optimale ontwerp van de inrichting hangt af van de ongewenste omstandigheden waartegen bescherming moet worden verkregen. In de meeste gevallen dient de inrichting zo snel mogelijk op ongunstige

tige omstandigheden te reageren. Een inrichting die bedoeld is voor bescherming tegen thermische overbelasting moet derhalve bij voorkeur goed thermisch contact maken met het medium dat haar omringt, terwijl een inrichting die bedoeld is voor bescherming tegen te grote stromen bij voorkeur betrekkelijk goed thermisch moet zijn geïsoleerd. Voor bescherming tegen thermische overbelasting moet de inrichting thermisch zijn gekoppeld met de plaats waar de extra warmte zal worden opgewekt.

De inrichtingen volgens de uitvinding voor het beschermen van schakelingen bevatten in het algemeen een elektrisch geïsoleerd huis dat het PTC-element en de elektroden omgeeft en waardoor de leidingen naar de elektroden gaan. Dit huis beïnvloedt ook de thermische eigenschappen van de inrichting en de dikte ervan moet in overeenstemming hiermede worden gekozen. Bij voorkeur bevat de inrichting een zuurstof-barriërelaag zoals beschreven in de verwante, hierboven geciteerde Amerikaanse octrooiaanvraag ten name van Middleman en anderen.

De schakelingen volgens de uitvinding kunnen nog een de schakeling beschermende inrichting bevatten, bijvoorbeeld een conventionele thermostaat of een bimetaalschakelaar, die bedoeld is voor het beschermen van de inrichting tegen dezelfde ongewenste omstandigheden waartegen ook de PTC-inrichting bescherming moet geven, of tegen een andere. Als de conventionele inrichting en de PTC-inrichting bedoeld zijn tegen dezelfde ongewenste omstandigheid bescherming te geven, zal de PTC-inrichting zodanig zijn, dat deze slechts in werking treedt als de andere inrichting faalt. De energiebron kan een gelijkstroombron zijn, bijvoorbeeld één of meer batterijen van 12 volt, of een wisselstroombron, bijvoorbeeld van 110 volt of 220 volt.

Nu zullen worden besproken de fig. 5 en 6, die doorsneden zijn door inrichtingen volgens de uitvinding. De inrichting van fig. 5 bevat een PTC-element 1 in de vorm van een ronde schijf met ronde gazen elektroden 2 ingebed in tegenoverliggende vlakken ervan. Leidingen 4 zijn met de elektroden 2 verbonden en het PTC-element 1 en de elektroden 2 zijn ingekapseld door een zuurstof-barriërelaag 3 waar de leidingen 4 doorheen gaan. Tussen de barriërelaag 3 en het PTC-element 1 bevinden zich praktisch geen grote lege ruimten. De inrichting van fig. 6 is dezelfde als die van fig. 5, behalve dat elk van de elektroden is ingebed in een laag 5 van een geleidend polymeer materiaal met een betrekkelijk constant wattage.

De fig. 7 en 8 geven respectievelijk weer een aquariumverhitter

met een inrichting volgens de uitvinding voor het beschermen van de schakeling en een schakeldiagram voor deze aquariumverhitter. Een inrichting 11 voor het beschermen van een schakeling, zoals weergegeven in fig. 5, is in serie geschakeld met een verhitter 12 bestaande uit 5 weerstandsverhittingsdraden 121 die zijn gewonden om een holle keramische kern 122, en een bimetaalthermostaat 13 die door middel van een geribbelde knop 131 zodanig kan worden ingesteld dat hij open gaat als de temperatuur van de omgevingslucht hoger is dan een temperatuur die ligt in het gebied $25 - 45^{\circ}\text{C}$. De condensator 132 is 10 rallel geschakeld met de thermostaat 13. De stekker 15 maakt het mogelijk de verhitter 12 te verbinden met een (niet in de tekening weergegeven) wisselstroombron van 120 volt. De lamp 16 en de weerstand 17 (niet weergegeven in fig. 7) zijn parallel geschakeld met de verhitter 12 en de inrichting 11, zodat de lamp 16 wordt ontstoken als 15 wisselstroomenergie wordt toegevoerd via de stekker 15. De lamp 18 en de weerstand 19 zijn parallel geschakeld met de inrichting 11, zodat de lamp 18 wordt ontstoken als de inrichting zich bevindt in de evenwichtstoestand bij hoge temperatuur, maar niet als de aquariumverhitter zich in de normale werksituatie bevindt. De verschillende hierbo- 20 ven genoemde onderdelen zijn bevestigd aan een gegoten plastic kap 20 met een naar beneden uitstekend freemgedeelte 201, zodat deze onderdelen kunnen worden gestoken in een buisvormig glazen omhulsel 21, aan de bovenkant waarvan een gegoten plastic onderdeel 22 is bevestigd waarop de kap 20 past en in de bodem waarvan zich glaswol 14 bevindt. Ook is aan het glazen omhulsel 21 een beschermende gegoten 25 plastic ring 23 bevestigd.

De aquariumverhitter van de fig. 7 en 8 is dezelfde als een bekende aquariumverhitter, behalve dat eraan zijn toegevoegd de inrichting 11, de lamp 18 en de weerstand 19.

30 Als het onderste deel van de aquariumverhitter van de fig. 7 en 8 in het water wordt gestoken en de verhitter dan wordt verbonden met een wisselstroombron van 120 volt, wordt de door de verhitter 12 opgewekte warmte in het water gedissipeerd, zodat de thermostaat 13 afwisselend in de geopende en in de gesloten toestand verkeert tenge- 35 volge van de temperatuur van de omgevingslucht, en de inrichting 11 blijft in de toestand van lage weerstand. Als de verhitter uit het water wordt gehaald wordt de lucht in het glazen omhulsel snel verhit en als de thermostaat 13 op de juiste wijze werkt wordt deze geopend, zodat er niet langer stroom door de schakeling vloeit en de 40 inrichting 11 in de toestand van lage weerstand zal blijven verkeren.

Als echter de bimetalen thermostaat niet geheel betrouwbaar is en niet goed werkt, blijft hij meestal hangen in de gesloten stand. De bekende verhitters waarin zich geen inrichting 11 bevindt, kunnen dan, als de thermostaat niet goed werkt, het glazen omhulsel oververhitten, 5 zodat dit omhulsel barst als het weer in het water wordt gestoken en er zelfs brand kan ontstaan. Als echter bij de aquariumverhitter van de fig. 7 en 8 de bimetalen thermostaat niet goed werkt, zal de lucht in het omhulsel voortdurend in temperatuur toenemen, totdat de inrichting 11 in werking wordt gesteld, waardoor de stroom door de 10 schakeling afneemt tot een zeer laag niveau waarbij de verhitter 12 praktisch geen warmte opwekt.

De uitvinding zal nu worden toegelicht door de navolgende uitvoeringsvoorbeelden.

Voorbeeld I.

15 Een inrichting voor het beschermen van een schakeling, zoals weergegeven in fig. 5, werd vervaardigd onder gebruikmaking van de werkwijze beschreven in de hierboven genoemde Amerikaanse octrooi-aanvraag 965.345. De inrichting bevatte een PTC-element in de vorm van een schijf met een diameter (d) van 19 mm en een dikte van 2,03 20 mm, met een elektrode van met nikkel bekleed kopergaas ingebed in elk oppervlak, waardoor een effectieve dikte tussen de elektroden (t) werd verkregen van ongeveer 1,52 mm (dat wil zeggen d/t is ongeveer 12). Het PTC-element bestond uit een dispersie van roet in een mengsel van polyetheen met een grote dichtheid en een copolymeer 25 van etheen en acrylzuur. De weerstand van de inrichting bedroeg ongeveer 0,1 ohm bij 25°C en de inrichting bezat een maximale doorlaatstroom ($I_{\max}$) van ongeveer 2,5 A (als de inrichting zich in stilstaande lucht van 25°C bevond).

De inrichting werd aangebracht in een aquariumverhitter zoals 30 aangegeven in fig. 7, welke verhitter vervolgens in water werd geplaatst en verbonden met een wisselstroombron van 120 volt. De weerstand van de uit gewonden draad bestaande verhitter bedroeg 144 ohm. Als het onderste deel van de aquariumverhitter zich in het water bevond, dat wil zeggen onder normale werkomstandigheden, bedroeg de 35 stroom in de schakeling 0,83 A, de temperatuur van de inrichting (T_{dn})^{was} lager dan 50°C en de weerstand van de inrichting (R_{dn}) kleiner dan 0,2 ohm. De aquariumverhitter werd uit het water gehaald en in lucht geplaatst en de thermostaat werd voortdurend in de gesloten stand gehouden teneinde een foutieve werking ervan na te bootsen. De 40 warmte opgewekt door de uit gewonden draad bestaande verhitter deed

de temperatuur in het glazen omhulsel snel stijgen tot ongeveer 80°C (T_{crit}), bij welk punt de weerstand van de inrichting $R_d \text{ trip}$ ongeveer 0,3 ohm bedroeg, de temperatuur van de inrichting ($T_d \text{ trip}$) ongeveer 90°C en de snelheid waarmee de inrichting door I^2R -verhitting warmte opwekte was groter dan de snelheid waarmee de inrichting warmte kon dissiperen. De temperatuur van de inrichting steeg dan snel totdat het stabiele evenwichtspunt bij hoge temperatuur was bereikt, waarbij de inrichting de warmte opgewekt door I^2R -verhitting kon dissiperen. Bij dit punt bezat de inrichting een temperatuur ($T_d \text{ latch}$) van ongeveer 125°C en een weerstand ($R_d \text{ latch}$) van ongeveer 7.200 ohm, en de stroom door de schakeling bedroeg ongeveer 0,02 A, zodat de uit gewonden draad bestaande verhitte niet langer een enigszins belangrijke hoeveelheid warmte opwekte. De schakelverhouding bedroeg ongeveer 50. De inrichting verkeerde in de gesloten toestand, zodat de stroom in de schakeling buitengewoon laag bleef, zelfs hoewel de uit gewonden draad bestaande verhitte niet langer warmte opwekte. Door de stroom uit te schakelen en de inrichting tot kamertemperatuur te laten afkoelen keerde de aquariumverhitte terug tot de oorspronkelijke toestand.

20 Voorbeeld II.

Een inrichting zoals beschreven in voorbeeld I werd aangebracht in een schakeling bestaande uit de inrichting, een weerstand van 144 ohm in serie geschakeld met de inrichting en een wisselstroombron van 120 volt. Deze schakeling, die van een elektrisch standpunt gezien hoofdzakelijk dezelfde was als de schakeling toegepast bij voorbeeld I, had een zelfde normale werктоestand. Een kortsluiting werd om de weerstand heen aangebracht, zodat de belasting in serie met de inrichting werd verminderd tot 1 ohm, waardoor de stroom opliep tot ongeveer 120 A. Het vermogen van de inrichting nam bijna onmiddellijk toe tot 1500 watt en nam daarna af, doordat de inrichting heet werd en haar weerstand toenam, totdat het evenwichtspunt bij hoge temperatuur was bereikt. Evenals in voorbeeld I bedroeg de schakelverhouding ongeveer 50 en verkeerde de inrichting in de gesloten toestand.

C O N C L U S I E S

1. Elektrische schakeling die een bron van elektrische energie bevat, met een beschermingsinrichting bestaande uit ten minste twee elektroden en een PTC-element vervaardigd uit een PTC-materiaal met
 5 een schakeltemperatuur T_s , en andere schakelelementen die in serie zijn geschakeld met het PTC-element en die een impedantie bezitten van R_L ohm, welke schakeling (a) een normale werktoestand bezit waarin een stabiel evenwicht bestaat tussen de snelheid waarmee de inrichting warmte opwekt door I^2R -verhitting en de snelheid waarmee
 10 warmte wordt afgevoerd uit de inrichting en (b) een kritische werktoestand die wordt veroorzaakt door toeneming van de temperatuur van het medium dat de inrichting omgeeft of een toeneming van de stroom die door de inrichting vloeit, of door beide, in welke kritische werktoestand (i) er een instabiel evenwicht bestaat tussen de snel-
 15 heid waarmee de inrichting warmte opwekt door I^2R -verhitting en de snelheid waarmee warmte uit de inrichting wordt afgevoerd en (ii) de snelheid waarmee de weerstand van de inrichting met de temperatuur verandert positief is, doordat een verdere toeneming van de temperatuur van het medium dat de inrichting omgeeft of van de stroom
 20 die door de inrichting vloeit, de weerstand van de inrichting snel laat toenemen en de stroom door de schakeling laat afnemen, en (c) een stabiele werktoestand bij hoge temperatuur wordt ingesteld door de schakeling als de weerstand van de inrichting toeneemt vanaf die van de kritische werktoestand en waarin een stabiel evenwicht bestaat
 25 tussen de snelheid waarmee de inrichting warmte opwekt door I^2R -verhitting en de snelheid waarmee warmte uit de inrichting wordt afgevoerd, m e t h e t k e n m e r k , dat (1) in de normale werktoestand

(A) een stroom i_n vloeit door het PTC-element over een oppervlak met
 30 een equivalente diameter d met een gemiddelde weglengte t , zodat d/t ten minste 2 bedraagt; en

(B) de inrichting een temperatuur T_{dn} bezit waarbij het PTC-materiaal een soortelijke weerstand bezit kleiner dan 10 ohm.cm, en waarbij de inrichting een weerstand R_{dn} bezit die

35 (a) kleiner is dan 1 ohm; en

(b) kleiner is dan $0,5 \times R_L$ ohm;

en (2) bij de stabiele werktoestand bij hoge temperatuur de inrichting een zodanige weerstand heeft dat de verhouding tussen het vermogen in de schakeling bij de normale werktoestand en het vermogen

40 in de schakeling bij de stabiele werktoestand bij hoge temperatuur,

de schakelverhouding, ten minste 8 bedraagt.

2. Schakeling volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat R_{dn} kleiner is dan $0,1 \times R_L$, de schakelverhouding ten minste 10 bedraagt en het PTC-element bestaat uit een materiaal met een soortelijke weerstand bij T_{dn} van ten minste 5 ohm.cm, welk materiaal is verkregen door geleidend roet in een polymeer te dispergeren.

3. Schakeling volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat het PTC-materiaal een soortelijke weerstand bij T_{dn} bezit van minder dan 7 ohm.cm en R_{dn} kleiner is dan 0,2 ohm en kleiner 10 dan $0,01 R_L$ ohm.

4. Schakeling volgens één of meer van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de verhouding d/t ten minste 10 bedraagt.

5. Schakeling volgens één van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de schakelverhouding ten minste 40 bedraagt.

6. Schakeling volgens één van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in de stabiele werktoestand bij hoge temperatuur de inrichting een temperatuur bezit van $T_{d latch}$ en een weerstand $R_{d latch}$, en dat $R_{d latch}$ kleiner is dan de weerstand van de inrichting bij alle temperaturen tussen $T_{d latch}$ en $(T_{d latch} + 50)^{\circ}C$.

7. Inrichting volgens één van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in de stabiele werktoestand bij hoge temperatuur de inrichting een temperatuur bezit van $T_{d latch}$ en een weerstand $R_{d latch}$ en dat boven $T_{d latch}$ de inrichting een weerstand bezit die ten minste 10 maal $R_{d latch}$ bedraagt.

8. Inrichting volgens één van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de warmte-overdrachtscoëfficiënt van de inrichting, gemeten in stilstaande lucht, 2,5 - 6 milliwatt/ $^{\circ}C \text{ cm}^2$ bedraagt.

9. Inrichting volgens één van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat nadat de schakeling is verouderd door de schakeling gedurende 10 uur in de stabiele werktoestand bij hoge temperatuur te houden, de stroom wordt uitgeschakeld en men de inrichting laat afkoelen tot een temperatuur die aanzienlijk lager is dan T_{dn} , de schakeling nog steeds een normale, een kritische en een bij hoge temperatuur gelegen stabiele werktoestand bezit.

10. Schakeling volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat na de verouderingsbewerking de inrichting in de norma-

le werktoestand een weerstand $R_{dn}/10$ bezit gelegen tussen $0,5 \times R_{dn}$ en $3 \times R_{dn}$.

11. Schakeling volgens conclusie 9 of 10, met het kenmerk, dat als de verouderde schakeling uitsluitend door verhoging van de temperatuur van het de inrichting omringende medium in de kritische werktoestand wordt gebracht, de temperatuur van het medium in de kritische werktoestand $T_{crit}/10$ ligt tussen $(T_{crit}-20)^{\circ}C$ en $(T_{crit}+10)^{\circ}C$, waarbij T_{crit} de temperatuur van het medium is als de niet-verouderde schakeling uitsluitend door verhoging van de temperatuur van het medium in de kritische werktoestand wordt gebracht.

12. Schakeling volgens één van de voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat bij elke temperatuur tussen T_{dn} en de temperatuur van de inrichting in de kritische werktoestand, de waarde van de grootheid $\frac{1}{R} \times \frac{dR}{dT}$ (waarin R de weerstand in ohm en T de temperatuur van de inrichting is) niet verandert met meer dan $\pm 50\%$ als de inrichting wordt onderworpen aan een verouderingsbehandeling bestaande uit het gedurende 100 uur laten werken van de schakeling in de stabiele werktoestand bij hoge temperatuur, het uitschakelen van de stroom en het laten afkoelen van de inrichting tot een temperatuur aanzienlijk lager dan T_{dn} .

13. Inrichting voor het beschermen van een schakeling bestaande uit een PTC-element vervaardigd uit een PTC-materiaal met een schakeltemperatuur T_s en met ten minste twee elektroden die kunnen worden verbonden met een bron van elektrische energie en die, als ze zo zijn verbonden, een stroom laten vloeien door het PTC-element, welke inrichting geschikt is deel uit te maken van een beproevingsschakeling die bovendien bestaat uit een bron van elektrische energie en een ander schakelelement dat in serie is geschakeld met het PTC-element en daaraan een impedantie van R_L ohm bezit, en op deze wijze een schakeling wordt verkregen die (a) een normale werktoestand bezit waarin er een stabiel evenwicht bestaat tussen de snelheid waarmee de inrichting warmte door I^2R -verhitting opwekt en de snelheid waarmee warmte uit de inrichting wordt afgevoerd, (b) een kritische werktoestand die wordt veroorzaakt door een toeneming van de temperatuur van het medium dat de inrichting omgeeft of een toeneming van de stroom die door de inrichting vloeit, of door beide, in welke kritische werktoestand (i) er een instabiel evenwicht bestaat tussen de snelheid waarmee de inrichting warmte opwekt door I^2R -verhitting en de snelheid waarmee warmte wordt afgevoerd uit de inrichting en (ii) de snelheid waarmee de weerstand van de inrichting verandert posi-

tief is, zodat een verdere toeneming van de temperatuur van het medium dat de inrichting omgeeft of de stroom die door de inrichting vloeit, de weerstand van de inrichting snel laat toenemen en de stroom door de schakeling afnemen, en (c) een stabiele werktoestand
5 bij hoge temperatuur waarin de schakeling geraakt als de weerstand van de inrichting toeneemt vanaf de kritische werktoestand en waarin er een stabiel evenwicht bestaat tussen de snelheid waarmee de inrichting warmte opwekt door I^2R -verhitting en de snelheid waarmee warmte uit de inrichting wordt afgevoerd, m e t h e t k e n -
10 m e r k , dat als de energiebron in de beproevingsschakeling 10 of 100 volt bedraagt, de inrichting zich in stilstaande lucht bevindt en R_L zodanig wordt gekozen, dat in de kritische werktoestand van de beproevingsschakeling de stilstaande lucht ^{een}temperatuur van 25°C heeft en
15 bij een temperatuur van 0°C van de stilstaande lucht de schakeling in de normale werktoestand verkeert waarin

- (A) stroom vloeit door het PTC-element over een oppervlak met een equivalente diameter d met een gemiddelde weglengte t , zodat d/t ten minste 2 is; en
- (B) de inrichting een temperatuur T_{dn} bezit waarbij de inrichting
20 een weerstand R_{dn} heeft kleiner dan 1 ohm en waarbij het PTC-materiaal een soortelijke weerstand heeft kleiner dan 10 ohm.cm; en in de stabiele werktoestand van de schakeling bij hoge temperatuur de schakeling een temperatuur $T_{d latch}$ bezit en een weerstand $R_{d latch}$ die zodanig is dat de verhouding tussen het vermogen in de
25 schakeling in de normale werktoestand en het vermogen in de schakeling in de stabiele werktoestand bij hoge temperatuur, de schakelverhouding, ten minste 8 bedraagt.

14. Inrichting volgens conclusie 13, m e t h e t k e n -
m e r k , dat het PTC-element bestaat uit een materiaal verkregen
30 door geleidend roet in een polymeer te dispergeren.

15. Inrichting volgens conclusie 14, m e t h e t k e n -
m e r k , dat het materiaal een veldsterkte kan weerstaan van ten minste 200 volt/mm bij $T_{d latch}$.

16. Inrichting volgens één van de conclusies 13 - 15, m e t
35 h e t k e n m e r k , dat het materiaal bij T_{dn} een soortelijke weerstand bezit kleiner dan 7 ohm.cm en dat R_{dn} kleiner is dan 0,2 ohm.

17. Inrichting volgens één van de conclusies 13 - 16, m e t
h e t k e n m e r k , dat de verhouding d/t ten minste 10 bedraagt.

40 18. Inrichting volgens één van de conclusies 13 - 17, m e t

7908691

h e t k e n m e r k , dat R_{dn} maximaal $0,1 \times R_L$ is.

19. Inrichting volgens één van de conclusies 13 - 18, m e t h e t k e n m e r k , dat de schakelverhouding ten minste 10 bedraagt.

5 20. Inrichting volgens één van de conclusies 13 - 19, m e t h e t k e n m e r k , dat de energiebron een spanning van 100 volt bezit en de schakelverhouding ten minste 60 bedraagt.

21. Inrichting volgens één van de conclusies 13 - 20, m e t h e t k e n m e r k , dat $R_{d latch}$ kleiner is dan de weerstand van 10 de inrichting bij alle temperaturen tussen $T_{d latch}$ en $(T_{d latch} + 50)^{\circ}C$.

22. Inrichting volgens één van de conclusies 13 - 21, m e t h e t k e n m e r k , dat de inrichting bij een temperatuur boven $T_{d latch}$ een weerstand bezit die ten minste $10 \times R_{d latch}$ bedraagt.

15 23. Inrichting volgens één van de conclusies 13 - 22, m e t h e t k e n m e r k , dat de inrichting een warmte-overdrachtscoëfficiënt in stilstaande lucht bezit van $2,5 - 6 \text{ milliwatt}/^{\circ}C \text{ cm}^2$.

24. Inrichting volgens één van de conclusies 13 - 22, m e t h e t k e n m e r k , dat nadat de beproevingsschakeling is verouderd door de schakeling gedurende 10 uur in de stabiele werktoestand bij hoge temperatuur te houden, de stroom wordt uitgeschakeld en men de inrichting laat afkoelen tot een temperatuur aanzienlijk lager dan T_{dn} , waarna de schakeling nog steeds een normale, een kritische en een bij hoge temperatuur gelegen werktoestand bezit.

25 25. Inrichting volgens conclusie 24, m e t h e t k e n m e r k , dat na de verouderingsbewerking de inrichting in de normale werktoestand een weerstand bezit gelegen tussen $0,5 \times R_{dn}$ en $3 \times R_{dn}$.

26. Inrichting volgens één of meer van de conclusies 13 - 24, m e t h e t k e n m e r k , dat als de schakeling na de verouderingsbehandeling in de kritische werktoestand wordt gebracht uitsluitend door verhoging van de temperatuur van de stilstaande lucht, de temperatuur van de stilstaande lucht in de kritische werktoestand tussen $20^{\circ}C$ en $30^{\circ}C$ ligt.

27. Inrichting volgens één van de voorgaande conclusies, m e t h e t k e n m e r k , dat bij elke temperatuur tussen T_{dn} en de temperatuur van de inrichting in de kritische werktoestand de waarde van de grootheid $\frac{1}{R} \times \frac{dR}{dT}$ (waarin R de weerstand in ohm en T de temperatuur van de inrichting is) niet verandert met meer dan $\pm 50\%$ als de inrichting wordt onderworpen aan een verouderingsbewerking die be-
40 staat uit het gedurende 100 uur laten werken van de schakeling in de

7908691

stabiele werktoestand bij hoge temperatuur, het uitschakelen van de stroom en het laten afkoelen van de inrichting tot een temperatuur aanzienlijk lager dan T_{dn} .

Fig.1.

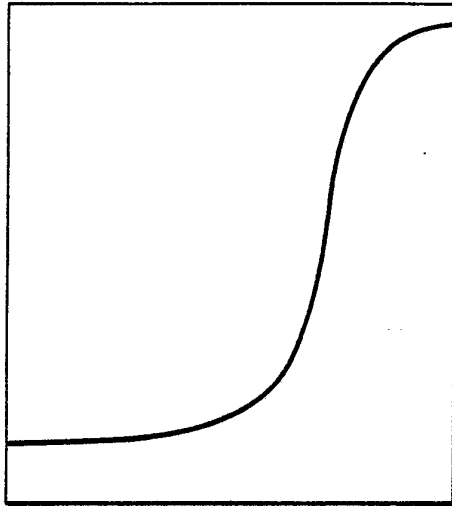


Fig.2.

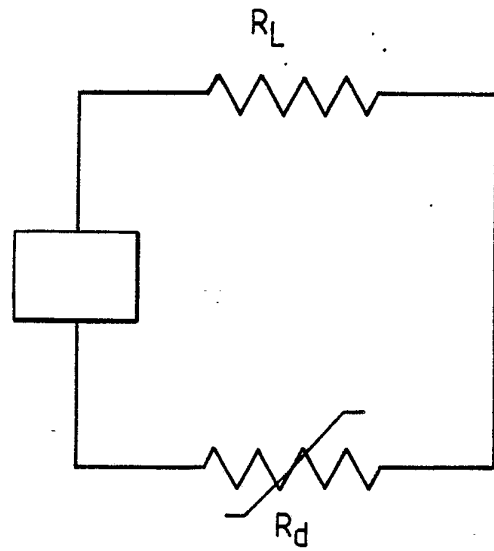


Fig.5.

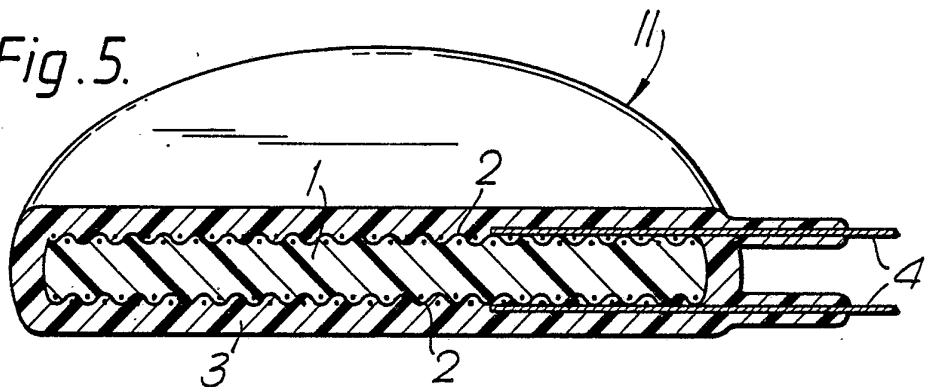


Fig.6.

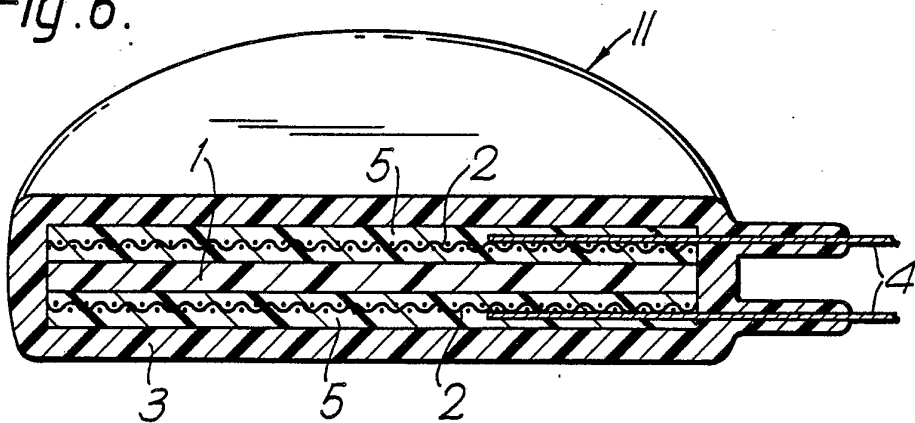


Fig.3.

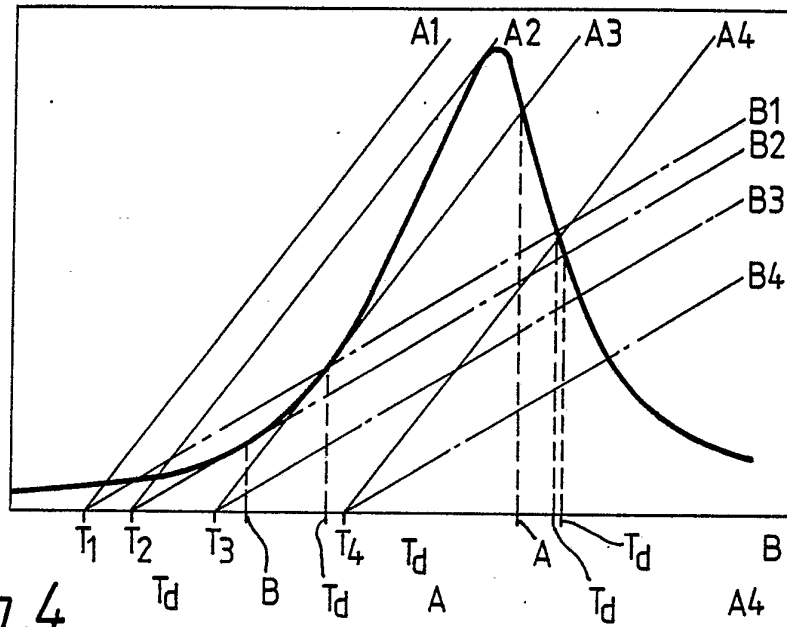


Fig.4.

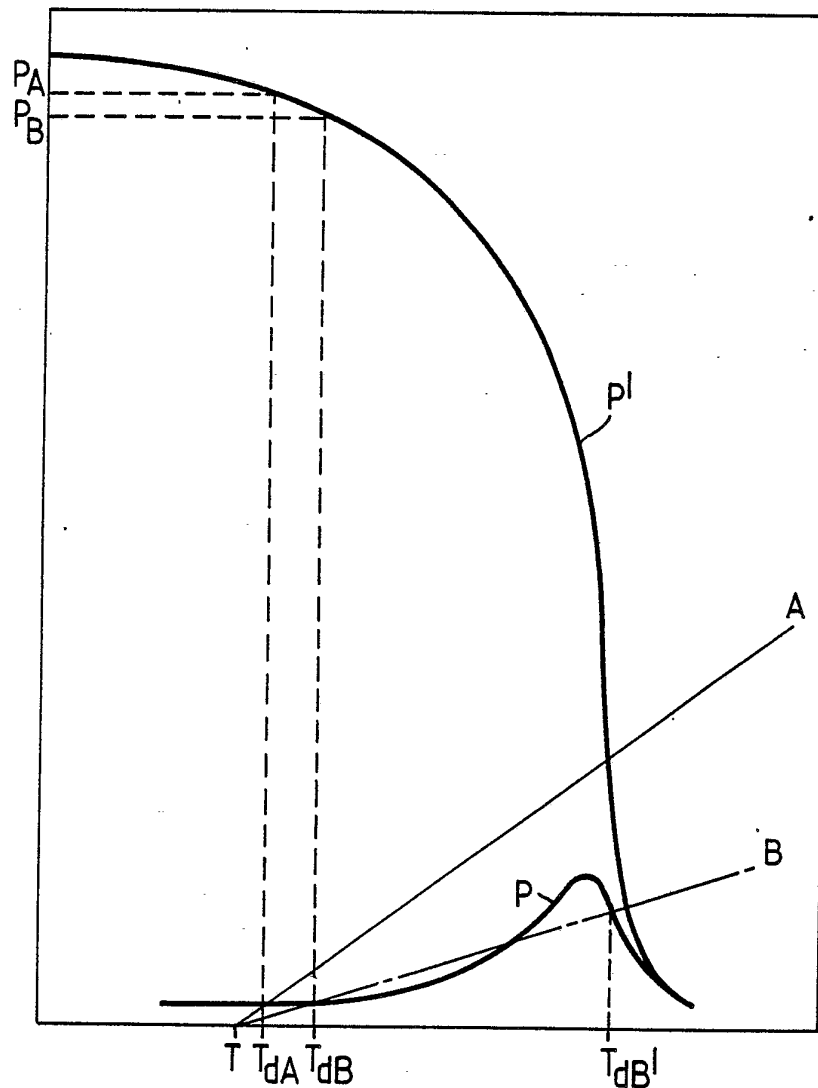


Fig. 7.

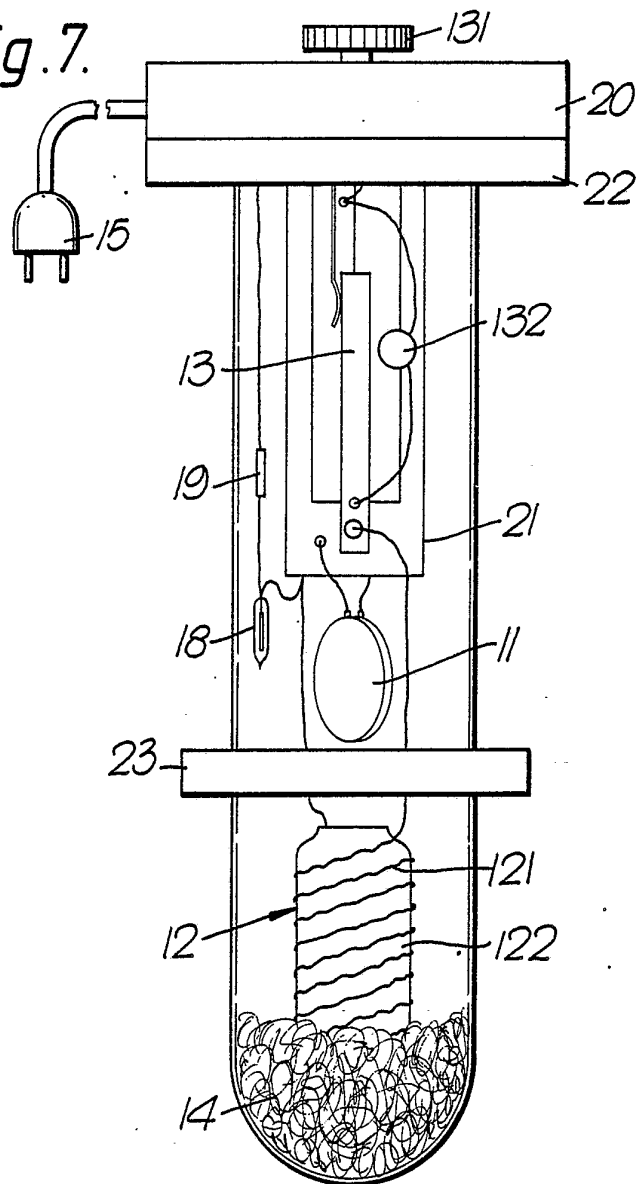


Fig. 8.

