

⑤

Int. Cl. 2:

A 63 H 19-16

⑱ BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



**Behördeneigentum**

# Offenlegungsschrift 23 34 952

①

②

③

④

Aktenzeichen: P 23 34 952.2-15

Anmeldetag: 10. 7. 73

Offenlegungstag: 6. 2. 75

⑩

Unionspriorität:

⑫ ⑬ ⑭

⑤

Bezeichnung: Fahrspannungsregler, insbes. für Modellbahnen

⑦

Anmelder: Trix Mangold GmbH & Co, 8510 Fürth

⑧

Erfinder: Wägner, Karlhorst, 8505 Röthenbach; Zorn, Helmut, Neutras

DI 23 34 952 AI

DT 23 34 952 AI

2334952

**Patentanwälte**

**Dr. Max Schneider**

**Dr. Alfred Eitel**

**Ernst Czowalla**

**Peter Matschkur**

Dipl.-Ing.

Dipl.-Ing.

Dipl.-Ldw.

Dipl.-Phys.

85 Nürnberg 6, den 9. Juli 1973  
Königstraße 1 (Museumsbrücke)  
Fernsprech-Sammel-Nr. 20 39 31

**P** Parkhaus Katharinenhof  
Parkhaus Adlerstraße

diess.Nr. 25 710/Ma/Sc

Firma Trix Mangold GmbH. & Co., 8510 Fürth/Bay.

"Fahrspannungsregler, insbes. für Modellbahnen"

Die Erfindung betrifft einen Fahrspannungsregler für elektrisch betriebene Spielfahrzeuge, insbes. Modellbahnen, mit vorzugsweise über einen Transformator aus dem Netz gewonnener Betriebsspannung in Form von Wechselspannung oder durch Vollweggleichrichtung gebildeter pulsierender Gleichspannung, der beim Hochregeln der Fahrspannung einen kontinuierlichen Übergang vom Impulsbetrieb zum normalen Wechsel- oder Vollwellenbetrieb bewirkt.

Die bei Spielfahrzeugen verwendeten Gleich- oder Wechselspannungsmotoren zeigen meist ein sprunghaftes Anfahrverhalten, wodurch ein langsames Anfahren oder Abbremsen, z.B. bei naturgetreuem Rangierbetrieb, praktisch unmöglich wird. Die Ursache liegt in der zur Überwindung der Haftreibung benötigten relativ hohen Anfahrspannung, die auch nach dem Losfahren des Fahrzeugs bestehen bleibt und durch den während des Fahrens wesentlich klei-

409886/0027

COPY

BAD ORIGINAL

neren Kraftbedarf das Fahrzeug sofort mit einer relativ hohen Geschwindigkeit antreibt.

Diese Erscheinung kann wesentlich verbessert werden, wenn der zum Anlaufen des Fahrzeuges benötigte Spitzenwert der Betriebsspannung relativ groß ist im Vergleich zu deren Mittelwert, von dem die Fahrgeschwindigkeit bestimmt wird. Dies kann z.B. durch einen impulsförmigen Spannungsverlauf bewirkt werden.

Ein derartiger impulsförmiger Spannungsverlauf bringt jedoch auf der anderen Seite beim Betrieb mit der vollen Fahrspannung eine hohe Spitzenbelastung des Motors mit sich, die in der Praxis nicht verkraftet werden kann. Man möchte daher für den Fahrbetrieb mit vollen Spannungen die übliche bewährte Halb-Sinus oder Sinusform der Betriebsspannung beibehalten.

Zu diesem Zweck ist es bereits bekannt geworden, im sogenannten Halbwellenbetrieb zu arbeiten, bei dem an Stelle der in den Fahrpulten allgemein üblichen Vollweggleichrichtung eine Einweggleichrichtung verwendet wird, durch die der Fahrstrom eine größere Welligkeit erhält. Der deutlichen Verbesserung der Langsamfahreigenschaften steht bei dieser Betriebsart allerdings die wesentlich geringere Maximal-Fahrgeschwindigkeit gegenüber.

Zur Erhöhung der Maximal-Fahrgeschwindigkeit ist es auch bereits bekannt geworden entweder einen Schalter oder einen regelbaren Widerstand vorzusehen, um die Halbwellenschaltung nach einem ge-

eigneten Zeitpunkt, d.h. bei Überschreiten einer bestimmten Fahrspannung und damit Fahrgeschwindigkeit, in eine Vollweg-Gleichrichtung überführen zu können. Bei der Verwendung eines Schalters erfolgt der Übergang jedoch sprunghaft, wodurch die Fahrgeschwindigkeit ruckartig größer wird. Dies ist schon deshalb unerwünscht, da es nicht dem Vorbild-Fahrverhalten entspricht.

Verwendet man dagegen einen Regler, so müssen entweder zwei getrennte Bedienungselemente betätigt werden (Hauptfahrregler und Zusatzregler) oder beide Regler müssen mit einem erhöhten mechanischen Aufwand über eine gemeinsame Bedienungsschleife gekoppelt werden. Ein weiterer Nachteil dieser mit Hilfe von Widerstandsreglern von Halbwellenbetrieb zur Vollweg-Gleichrichtung überleitenden Fahrspannungsregler liegt darin, daß die Widerstandsregler für den maximalen Fahrstrom, bzw. sogar für den Kurzschlußstrom, ausgelegt sein müssen, was mit kleinen und billigen Schichtpotentiometern nicht mehr möglich ist.

Bekannt ist auch ein Verfahren bei dem die Betriebsspannung aus rechteckigen Impulsen besteht, die bei gleichbleibender Spitzenspannung durch Variation des Puls-Pausen-Verhältnisses den Mittelwert der Spannung ändern. Auch diese Schaltung hat sich aber wegen des hohen Aufwandes bis heute kaum durchsetzen können.

Schließlich ist auch bereits ein Fahrspannungsregler bekannt geworden, bei dem durch Einfügen eines Thyristors in den Gleichrichterzweig des Fahrstromgleichrichters ein stetiger Übergang

von Halbwellen- auf Vollwellenbetrieb erzielt werden kann und zwar mit Hilfe einer sogenannten Phasen-Anschnittschaltung. Eine derartige Phasen-Anschnittschaltung, hat jedoch den Nachteil, daß sie infolge ihrer Kurvenform verhältnismäßig starke Funkstörungen hervorrufft, die nicht einfach zu unterdrücken sind. Darüberhinaus bereiten die physikalisch bedingten Unlinearitäten der Regelcharakteristik und die hohe Anfälligkeit des Systems gegen Störimpulse gewisse Schwierigkeiten. Desweiteren hat eine derartige Phasen-Anschnittschaltung noch den zusätzlichen Nachteil, daß bei Verwendung der üblichen Vollwellenspannung zwischen den einzelnen Halbwellen künstliche Zwangspausen eingefügt werden müssen, um eine ungewollte Selbstzündung des Thyristors beim Anstieg der folgenden Halbwelle innerhalb seiner Freiwerdezeit sicher zu vermeiden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Fahrspannungsregler für handelsübliche gleich- oder wechselstrombetriebene Modellbahnen zu entwickeln, der die Nachteile der obengenannten Systeme vermeidet und bei geringem Kostenaufwand günstige Fahreigenschaften sowohl beim langsamen Betrieb, als auch bei Schnellfahrt gewährleistet.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei einem Fahrspannungsregler der eingangs genannten Art gemäß der Erfindung vorgesehen, daß in einer Ausgangsleitung des Fahrpultes ein elektronisches Bau-

element angeordnet ist, das nur leitend ist, solange die vom Transformator, bzw. Gleichrichter, kommende Betriebsspannung eine intern vorgegebene und stetig veränderbare Spannungsschwelle übersteigt.

Bei Verwendung von Wechselspannung als Betriebsspannung und unipolaren Bauelementen kann die Forderung, daß am elektronischen Bauelement eine pulsierende Gleichspannung anliegt in besonders einfacher Weise dadurch erfüllt werden, daß das elektronische Bauelement die Brückendiagonale eines, in einer Ausgangsleitung des Fahrpultes liegenden, Doppelweggleichrichters bildet.

Die Regelung der Spannungsschwelle kann über ein Potentiometer erfolgen, wobei bei "zugedrehtem" Potentiometer, d.h. in der Endstellung des Potentiometers in welcher die Betriebsspannung die vorgegebene Spannungsschwelle nicht überschreiten kann, das elektronische Bauelement ständig gesperrt ist und somit keine Spannung an die Ausgangsklemmen des Fahrspannungsreglers gelangen kann.

Bei teilweise aufgedrehtem Potentiometer wird das elektronische Bauelement in jeder Halbwelle erst leitend, wenn die Betriebsspannung eine mit dem genannten Potentiometer einstellbare, intern vorgegebene Spannungsschwelle übersteigt, wobei umgekehrt das elektronische Bauelement wieder gesperrt wird, wenn die Betriebsspannung (bzw. ein entsprechender Bruchteil davon) die

Spannungsschwelle wieder unterscheidet. Auf diese Weise gelangen an den Ausgang des Fahrspannungsreglers mehr oder weniger breite und/oder hohe Spannungsimpulse, die einen naturgetreuen Rangierbetrieb ermöglichen.

Bei vollkommen aufgedrehtem Potentiometer wird schließlich die Spannungsschwelle zu Null, d.h. die im Transformator bzw. Gleichrichter erzeugte Betriebsspannung gelangt praktisch unvermindert an den Ausgang des Fahrspannungsreglers, wodurch die gewohnten guten Schnellfahreigenschaften handelsüblicher Spielfahrzeuge, insbes. Modellbahnen, voll erhalten bleiben.

Indem bei einem erfindungsgemäßen Fahrspannungsregler während aller Halbwellen der Betriebsspannung gleiche Impulse erzeugt werden, unterscheidet sie sich beträchtlich von einem ebenfalls bereits vorgeschlagenen Fahrspannungsregler, bei dem jeweils aufeinanderfolgende Halbwellen unterschiedlich durch ein elektronisches Bauelement beeinflusst werden, so daß beim Hochregeln die einen (geraden) Halbwellen kontinuierlich anwachsen, während die anderen (ungeraden) Halbwellen erst mit einer gewissen Verzögerung allmählich durchgelassen werden, um nach einer gewissen Verzögerung dann rascher anzuwachsen, so daß sich beim weiteren Hochregeln die Unterschiede in der Höhe der verschiedenen Halbwellen allmählich ausgleichen.

Eine besonders einfache Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Fahrspannungsreglers läßt sich dadurch erzielen, daß das elek-

tronische Bauelement einen Transistor enthält, dessen Basis an einen zwischen Kollektor und Emitter eingeschalteten, stetig veränderbaren Spannungsteiler angeschlossen ist, wobei z.B. bei Verwendung eines NPN-Transistors dessen Kollektor am Ausgang des Fahrspannungsreglers liegt, vorzugsweise der kollektorseitige Teilwiderstand des Spannungsteilers als Potentiometer ausgebildet ist. Da die zum Durchschalten benötigte Basis-Emitter-Spannung eines Siliziumtransistors ca. 0,5 V beträgt und ziemlich unabhängig von Exemplarstreuungen, Temperatur und Strombelastung ist, kann sie als annähernd konstante Spannungsschwelle betrachtet werden. Der Transistor wird also erst leitend, wenn seine Kollektor-Emitter-Spannung ein dem jeweiligen eingestellten Teilverhältnis des Spannungsteilers entsprechendes Vielfaches dieses Spannungsschwellwertes übersteigt. Da beim Durchschalten des Transistors der Teil der Betriebsspannung, der am Transistor abfällt, kleiner wird und demzufolge auch der über den Spannungsteiler an die Basis angelegte Bruchteil dieser Spannung, ergibt sich dabei eine Regelschaltung, bei der der Transistor ähnlich wirkt wie eine veränderbare Zehnerdiode, welche einen Teil der Spannungshalbwelle unterdrückt und sozusagen nur die Spitze jeder Halbwelle oberhalb der vorgegebenen über das Potentiometer einstellbaren Schwelle durchläßt.

An Stelle der vorstehend beschriebenen als Regler aufgebauten Verwirklichung eines erfindungsgemäßen Fahrspannungsreglers kann auch eine als eine Steuerschaltung arbeitende Schaltung

anordnung treten, indem das elektronische Bauelement einen Transistor enthält, dessen Emitter an dem einen Anschluß der Betriebsspannung liegt und dessen Basis an einen zwischen den Anschlüssen der Betriebsspannung liegenden stetig veränderbaren Spannungsteiler angeschlossen ist. Bei dieser Anordnung wird der Transistor in jeder Halbwelle erst leitend, wenn die Betriebsspannung ein dem jeweils eingestellten Teilverhältnis entsprechendes Vielfaches der Basis-Emitter-Spannung übersteigt. Umgekehrt wird der Transistor wieder gesperrt, wenn die Basis-Spannung während der zweiten Hälfte jeder Halbwelle wieder unter diesen Wert absinkt. Durch diese Schaltung wird bereits bei kleinen Impulsbreiten die volle Impulshöhe erreicht, wodurch die Langsamfahreigenschaften vor allem bei schwergängigen Triebfahrzeugen noch weiter verbessert werden.

Bei den beiden vorstehend beschriebenen Schaltungsanordnungen lassen sich noch geringfügige Änderungen der Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Temperatur und der Strombelastung feststellen, da eine völlige Unabhängigkeit der Basis-Emitter-Schwellschwelle von den genannten Parametern nicht gegeben ist. Diese Abhängigkeit läßt sich jedoch durch eine Schaltungsanordnung vermeiden, bei der das elektronische Bauelement einen Transistor enthält, dessen Basis gegenüber dem Kollektor über einen stetig veränderbaren Spannungsteiler ein Teil der über einen Spitzenwert-Gleichrichter aus der Betriebsspannung gewonnenen Gleich-

spannung zugeführt wird. Bei Verwendung z.B. eines NPN-Transistors mit am Ausgang des Fahrspannungsreglers liegendem Emitter ist dann beispielsweise der Transistor nur dann leitend, wenn die Spannung zwischen Emitter und Kollektor die zwischen Basis und Kollektor liegende Spannung übersteigt, d.h. es ist nicht mehr wie bei den vorgenannten Schaltungsanordnungen die Basis-Emitter-Schwellspannung für das Zustandekommen der Spannungsschwelle und damit das Durchschalten des Transistors maßgebend. Wegen der Abhängigkeit der Emitter-Spannung vom Verhältnis des Kollektor-Emitter-Widerstandes zum Lastwiderstand und damit vom Ausmaß des Durchschaltens des Transistors, ergibt sich bei dieser Anordnung wieder der bei der erstgenannten Schaltungsanordnung beschriebene Regeleffekt, d.h. es werden wiederum nur die Spitzen jeder Halbwelle, die oberhalb der - über den stetig veränderbaren Spannungsteiler einstellbaren - Schwelle liegen, durchgelassen. Die Ausgangsimpulse entsprechen somit völlig der mit der erstgenannten Schaltungsanordnung erzielbaren Impulsfolge, wobei jedoch im vorliegenden Fall die Temperatur- und Stromabhängigkeit wegfällt, da nicht mehr die von diesen Parametern abhängige Basis-Emitter-Schwellspannung als Kriterium für das Durchschalten des Transistors verwendet wird. Die auf die Fahrspannung einwirkenden Störeinflüsse sind somit außerordentlich gering, so daß auch höchste Modellbahnansprüche befriedigt werden.

Für relativ schwergängige Triebfahrzeuge und höchste Ansprüche

409886/0027

COPY

BAD ORIGINAL

kann schließlich eine weitere Schaltungsvariante Verwendung finden, bei der das elektronische Bauelement einen Transistor enthält, dessen Kollektor mit dem Ausgang und dessen Emitter mit der Betriebsspannung verbunden ist und dessen Basis an einem stetig veränderbaren Spannungsteiler liegt, der zwischen dem Kollektor des Transistors und einer durch Spitzenwert-Gleichrichtung aus der Betriebsspannung gewonnenen Gleichspannung angeordnet ist. Diese Schaltung bildet eine Art umgekehrten Spannungsteiler, wobei die als Ausgangsspannung an der Last liegende Oberspannung von der aufgeprägten am Mittelabgriff liegenden Betriebsspannung und der durch die feste Gleichspannung gebildeten Unterspannung bestimmt ist. Damit ergibt sich im Gegensatz zu der als Ausführungsbeispiel 2 beschriebenen Steuerschaltung kein schlagartiges Einschalten der Betriebsspannung ähnlich einer Phasenanschnittsteuerung (Schwierigkeiten mit der Funkentstörung), sondern es wird ein annähernd halbsinusförmiger Impuls erzeugt, der bereits bei kleinen Pulsbreiten seine volle Amplitude erreicht und praktisch unabhängig ist von Exemplarstreuungen, Temperatur- und Lasteinflüssen.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einiger Ausführungsbeispiele sowie an Hand der Zeichnung. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Blockbilddarstellung eines erfindungsgemäßen Fahrspannungsreglers für eine Anlage die mit pulsierender Gleichspannung arbeitet,

409886/0027

Fig. 2 ein der Fig. 1 entsprechendes Blockschaltbild für eine Wechselstrom betriebene Anlage,

Fig. 3 bis 10 vier verschiedene Schaltungsvarianten zum Aufbau eines erfindungsgemäßen Fahrspannungsreglers mit den entsprechenden Kurvenformen der Ausgangsspannung jeweils im Langsamfahrbetrieb, bei mittlerer Fahrspannung und bei Schnellfahrt,

Fig. 11 ein Ersatzschaltbild des durch die Schaltungsanordnung nach Fig. 9 gebildeten "umgekehrten Spannungsteilers" und

Fig. 12 eine vergrößerte Darstellung des Spannungsverlaufs bei der Anordnung nach Fig. 9, zur Verdeutlichung der Abhängigkeit der Ausgangsspannung von der Betriebsspannung und der Gleichspannung.

Bei der Anordnung nach Fig. 1 wird die Netzwechselspannung über einen Transformator Tr einem Vollweggleichrichter G zugeführt und an den Diagonalen-Punkten 1 und 2 die Betriebsspannung als pulsierende Gleichspannung abgenommen. In der einen Ausgangsleitung ist ein erfindungsgemäßes elektronisches Bauteil E angeordnet, welches jeweils nur dann durchlässig ist, wenn die Betriebsspannung einen durch den Regelknopf des Fahrspannungsreglers einstellbaren Schwellenwert übersteigt.

Um auch bei mit Wechselspannung betriebenen Spielfahrzeugen die erfindungsgemäße Fahrspannungsregelung verwenden zu können, ist gem. Fig. 2 in einer der Ausgangsleitungen zur Anlage ein Doppel-

weggleichrichter G' angeordnet, wobei das mit B bezeichnete elektronische Bauelement nach Fig. 1 in diesem Fall im Diagnosen-Zweig dieses Doppelweggleichrichters G' angeordnet ist. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß trotz der Verwendung einer positiven und negativen Halbwellen umfassenden Wechselspannung, am elektronischen Bauelement B eine pulsierende Gleichspannung ansteht.

Bei der ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Fahrspannungsreglers nach Fig. 3 liegt in einer der Ausgangsleitungen die Mittel-Kollektorstrecke eines Transistors  $T_1$ , dessen Basis am Mittelabgriff eines zwischen Emitter und Kollektor liegenden Spannungsteilers liegt, der aus einem festen Widerstand  $R_1$  und einem regelbaren Potentiometer  $P_1$  gebildet ist. Mit L ist schematisch die Last angedeutet, d.h. z.B. der Antriebsmotor eines Spielfahrzeuges. Bei zugekehrtem Potentiometer ist die über den Spannungsteiler  $R_1 - P_1$  zwischen Emitter und Basis angelegte Spannung auch im Maximum der vom Gleichrichter G abgegebenen Betriebsspannung noch kleiner als 0,5 V, so daß der Transistor  $T_1$  niemals öffnet und somit keine Spannung an die Ausgangsklemmen  $K_1$  und  $K_2$  des Fahrspannungsreglers gelangen kann. Wird nun das Potentiometer  $P_1$  aufgedreht, so daß über den Spannungsteiler  $R_1 - P_1$  beispielsweise ein Drittel der zwischen Emitter und Kollektor liegenden Betriebsspannung an die Basis angelegt wird, so erreicht die Basisspannung den Wert 0,5 V in dem Zeitpunkt in dem die Betriebsspannung den Wert 1,5 V erreicht hat und öffnet den Transistor  $T_1$ . Da bei diesem Durchschalten des Transistors auto-

409886/0027

COPY

BAD ORIGINAL

matisch der Widerstand der Emitter-Kollektor-Strecke abnimmt und somit nicht mehr die volle Betriebsspannung zwischen Kollektor und Emitter des Transistors  $T_1$  anliegt, sondern nur noch ein Bruchteil entsprechend dem Verhältnis des Kollektor-Emitter-Widerstandes zum Lastwiderstand, erfolgt beim Durchschalten des Transistors eine Art Selbstregelung, d.h. der Transistor kann nicht voll durchschalten (Kollektor-Emitter-Widerstand = Null) da er sich dabei zwangsläufig wieder ausschalten würde. Innerhalb der Kennlinie des Transistors  $T_1$  stellt sich somit ein fester Spannungsabfall an der Emitter-Kollektor-Strecke des Transistors  $T_1$  ein und nur der darüberhinausgehende Anteil der Betriebsspannung gelangt an die Ausgangsklemmen  $K_1$  und  $K_2$ . Die Ausgangsspannung der Anordnung nach Fig. 1 entspricht somit dem Verlauf der Spitzen der pulsierenden Gleichspannung vom Transistor G die oberhalb eines bestimmten Gleichspannungswertes liegen, der durch die Einstellung des Potentiometers  $P_1$  vorgegeben wird. Die resultierenden Spannungskurvenformen für Langsamfahrbetrieb, für mittlere Fahrgeschwindigkeiten und für Schnellfahrt sind in Fig. 4 schematisch dargestellt.

Bei der Anordnung nach Fig. 5 liegt der durch den Widerstand  $R_2$  und ein Potentiometer  $P_2$  gebildete Spannungsteiler direkt an der Betriebsspannung während der Mittelabgriff mit der Basis des Transistors  $T_2$  verbunden ist. Nachdem somit die Spannung an den beiden Endpunkten des Spannungsteilers und damit auch die Mittelabgriffspannung abhängig vom Durchschalten oder Nichtdurchschalten des Transistors  $T_2$  jeweils den gleichen Wert aufweist

409886/0027

COPY

BAD ORIGINAL

erfolgt im Gegensatz zur Anordnung nach Fig. 1 eine echte Auf-Zu-Steuerung des Transistors ohne irgendwelche Regeleffekte. Sobald der durch das Teilverhältnis des Spannungsteilers sich ergebende Bruchteil der vollen Betriebsspannung am Mittelabgriff den Wert von 0,5 V übersteigt öffnet der Transistor  $T_2$  und läßt die gesamte Betriebsspannung solange durch, bis nach Absinken der Betriebsspannung unter einen Wert, bei dem die Mittelabgriffspannung an der Basis den Wert 0,5 V unterschreitet, der Transistor  $T_2$  wieder schließt. Die dabei an den Klemmen  $K_1$  und  $K_2$  des Fahrspannungsreglers auftretenden Signale sind in Fig. 6 dargestellt. Bereits bei Langsamfahrt wird die volle Impulshöhe erreicht, jedoch sind dort die Impulsbreiten (und damit auch der Spannungsmittelwert) kleiner, wodurch insbes. die Langsamfahreigenschaften von schwergängigen Triebfahrzeugen verbessert werden.

Bei der Schaltungsanordnung nach Fig. 7 wird über eine Diode  $D_3$  ein Kondensator  $C_3$  auf den Spitzenwert der Betriebsspannung aufgeladen. Ein Teil dieser gut gesiebten Gleichspannung wird über einen veränderbaren Spannungsteiler  $P_3$  der Basis des Transistors  $T_3$  zugeführt, dessen Kollektor mit dem kondensatorseitigen Pol der Betriebsspannung, d.h. den positiven Gleichrichteranschluß 1 verbunden ist. Am Emitter des Transistors  $T_3$  wird die Fahrspannung abgegriffen. Der Transistor  $T_3$  wird hierbei in jeder Halbwelle erst dann leitend, wenn seine Kollektor-Emitter-Spannung die am Potentiometer  $P_3$  abgegriffene Teil-Spannung übersteigt. Die Kurvenform ist in Fig. 8 dargestellt und praktisch gleich der Kurven-

form nach Fig. 4, doch sind bei der Schaltungsanordnung nach Fig. 7 die auf die Fahrspannung einwirkenden Störeinflüsse geringer, insbes. deshalb, weil Exemplarstreuungen, Temperatur- und Last-einflüsse, wie sie - wenn auch in geringem Ausmaß - hinsichtlich der Höhe der Basis-Emitter-Schwellspannung bestehen, hier keine Rolle spielen.

Bei der Schaltungsanordnung nach Fig. 9 wird wiederum über eine Diode  $D_1$  am Kondensator  $C_4$  eine Gleichspannung geringer Welligkeit erzeugt, deren Höhe dem Spitzenwert der Betriebsspannung  $U_B$  entspricht. Die Ausgangsspannung wird am Kollektor des Transistors  $T_4$  abgegriffen, dessen Emitter am diodenseitigen Betriebsspannungsanschluß liegt. Die Basis des Transistors ist an einen veränderbaren Spannungsteiler  $P_4$  angeschlossen, der zwischen der Gleichspannung am Kondensator C und dem Kollektor des Transistors liegt. Die Differenz zwischen der Ausgangsspannung  $U_A$ , d.h. der Fahrspannung, und der - unter Vernachlässigung des Spannungsabfalls im Transistor  $T_4$  der Schleifenspannung  $U_S$  praktisch gleichen - Betriebsspannung  $U_B$  ist dabei stets ein dem eingestellten Teiler-verhältnis entsprechendes Vielfaches der Differenz zwischen der halbsinusförmigen Betriebsspannung  $U_B$  und der Gleichspannung  $U_C$  am Kondensator C. Diese Verhältnisse ergeben sich am einfachsten aus der Betrachtung des Ersatzschaltbildes nach Fig. 11, aus der sich bei einem Spannungsteilerverhältnis

$$K = R''/R'$$

entnehmen läßt, daß

409886/0027

$$K = \frac{U_A - U_S}{U_S - U_C} \quad (\text{I})$$

Vernachlässigt man die Emitter-Basisspannung des Transistors  $T_4$ , was auch noch bei der bevorzugten Verwirklichung des Transistors  $T_4$  als Darlingtonschaltung oder Pseudo-Darlingtonschaltung zweier Transistoren ohne weiteres zulässig ist, so ergibt sich weiterhin, daß

$$U_B = U_S \quad (\text{II})$$

Daraus ergibt sich die Beziehung

$$U_A - U_B = K (U_B - U_C) \quad (\text{III})$$

Entsprechend der Beziehung III ist in Fig. 12 dargestellt, wie sich der Verlauf der Ausgangsspannung  $U_A$  aus der festen Kondensatorspannung  $U_C$  und der vom Gleichrichter G abgegebenen Betriebsspannung  $U_B$  ergibt. In jedem Punkt der Betriebsspannungskurve  $U_B$  wird der Abstand des zugehörigen Punktes der Betriebsspannungskurve  $U_B$  von der festen Gleichspannungsgeraden  $U_C$  multipliziert mit dem Teilverhältnis  $K$  nach unten abgetragen. Die sich dabei ergebenden positiven Teile einer neuen Spannungskurve  $U_A$  entsprechen den Ausgangssignalen des Fahrspannungsreglers, wobei die Unterdrückung der negativen Bereiche dadurch bedingt ist, daß die Betriebsspannung keine negativen Augenblickswerte liefert.

409886/0027

Der Vorteil dieser Schaltungsanordnung nach Fig. 9 liegt darin, daß kein schlagartiges Einschalten der Betriebsspannung ähnlich einer Phasenanschnittssteuerung wie bei der Anordnung nach Fig. 5 erfolgt (Schwierigkeiten mit der Funkentstörung) sondern die Ausgangsspannung des Fahrspannungsreglers annähernde halbsinusförmige Impulse darstellen.

Durch die Verwendung jeweils nur eines Transistors werden in den vorgenannten Schaltungen, vor allem bei größeren Betriebsströmen, unter Umständen sehr große Steuerleistungen notwendig, die ihrerseits aufwendige Bauelemente, (hochkapazitive Elektrolytkondensatoren, drahtgewickelte Leistungspotentiometer) erfordern. Es ist deshalb in solchen Fällen zweckmäßig, unter voller Beibehaltung der eben erwähnten Schaltungsprinzipien die Transistoren jeweils durch eine Zusammenschaltung von gleichartigen (Darlingtonschaltung) oder komplementären Transistoren (Pseudo-Darlingtonschaltung) oder durch einen geeigneten integrierten Schaltkreis gleicher Funktion (z.B. Operationsverstärker) zu ersetzen. Auf diese Weise ist es möglich kleinere und billigere handelsübliche Bauelemente zu verwenden.

Patentansprüche:

1. Fahrspannungsregler für elektrisch betriebene Spielfahrzeuge, insbes. Modellbahnen, mit vorzugsweise über einen Transformator aus dem Netz gewonnener Betriebsspannung in Form von Wechselspannung oder durch Vollweggleichrichtung gebildeter pulsierender Gleichspannung, der beim Hochregeln der Fahrspannung einen kontinuierlichen Übergang vom Impulsbetrieb zum normalen Wechsel- oder Vollwellenbetrieb bewirkt, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Ausgangsleitung des Fahrpultes ein elektronisches Bauelement (E) angeordnet ist, das nur leitend ist, solange die vom Transformator (Tr) bzw. Gleichrichter (G) kommende Betriebsspannung ( $U_B$ ) eine intern vorgegebene und stetig veränderbare Spannungsschwelle übersteigt.
2. Fahrspannungsregler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung von Wechselspannung als Betriebsspannung, sowie eines unipolaren Bauelements das elektronische Bauelement (E) in die Brückendiagonale eines, in einer Ausgangsleitung des Fahrpultes liegenden, Doppelweggleichrichters (G') derart geschaltet ist, daß die Betriebsspannung ( $U_B$ ) als pulsierende Gleichspannung am elektronischen Bauelement (E) liegt.
3. Fahrspannungsregler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das elektronische Bauelement (E) einen Transistor ( $T_1$ ) enthält, dessen Basis an einen zwischen Kollektor und Emitter eingeschalteten stetig veränderbaren Spannungsteiler

409886/0027

(R<sub>1</sub>-P<sub>1</sub>) angeschlossen ist.

4. Fahrspannungsregler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das elektronische Bauelement (E) einen Transistor (T<sub>2</sub>) enthält, dessen Emitter an dem einen Anschluß (1) der Betriebsspannung liegt und dessen Basis an einen zwischen den Anschlüssen (1, 2) der Betriebsspannung liegenden stetig veränderbaren Spannungsteiler (R<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>) angeschlossen ist.
5. Fahrspannungsregler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das elektronische Bauelement (E) einen Transistor (T<sub>3</sub>) enthält, dessen Basis gegenüber dem Kollektor über einen stetig veränderbaren Spannungsteiler (P<sub>3</sub>) ein Teil der über einen Spitzenwertgleichrichter (D<sub>3</sub>, C<sub>3</sub>) aus der Betriebsspannung (U<sub>B</sub>) gewonnenen Gleichspannung (U) zugeführt wird.
6. Fahrspannungsregler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das elektronische Bauelement (E) einen Transistor (T<sub>4</sub>) enthält, dessen Kollektor mit dem Ausgang und dessen Emitter mit der Betriebsspannung verbunden ist, und dessen Basis an einem stetig veränderbaren Spannungsteiler (P<sub>4</sub>) liegt, der zwischen dem Kollektor des Transistors (T<sub>4</sub>) und einer durch Spitzenwertgleichrichtung (C<sub>4</sub>, D<sub>4</sub>) aus der Betriebsspannung (U<sub>B</sub>) gewonnenen Gleichspannung (U<sub>C</sub>) angeordnet ist.
7. Fahrspannungsregler nach Anspruch 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß der Transistor ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ) durch eine geeignete Zusammenschaltung mehrerer Transistoren, insbes. eine sogen. Darlingtonschaltung, oder durch einen integrierten Schaltkreis ähnlicher Funktion gebildet ist.

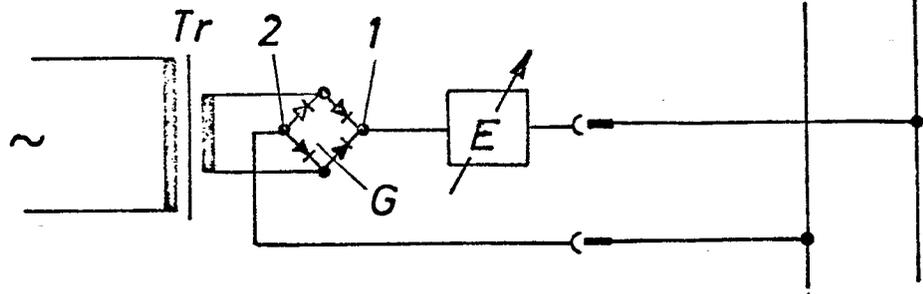


Fig.1

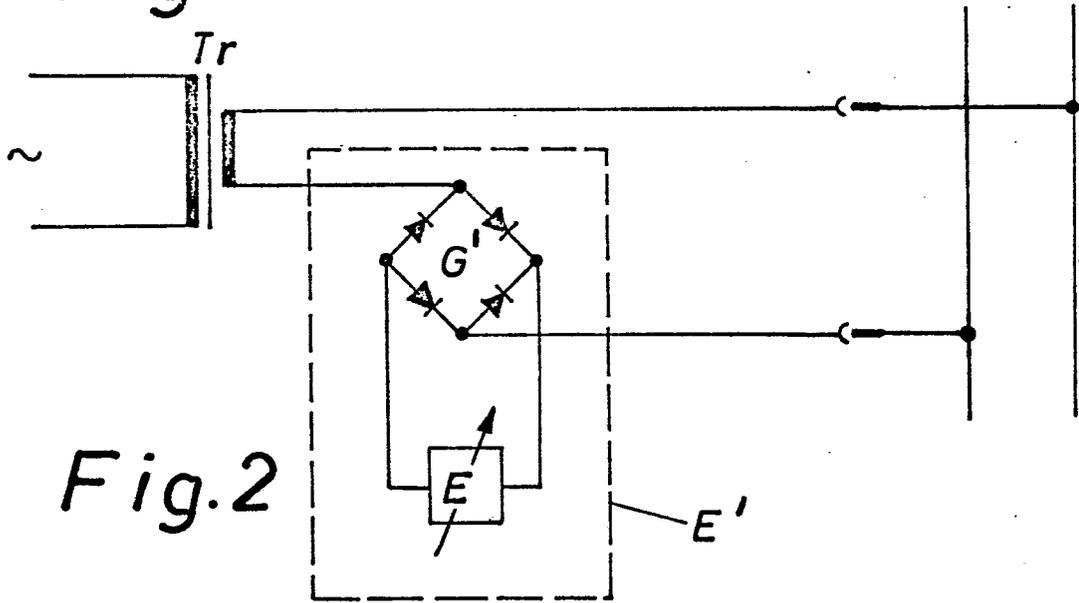


Fig.2

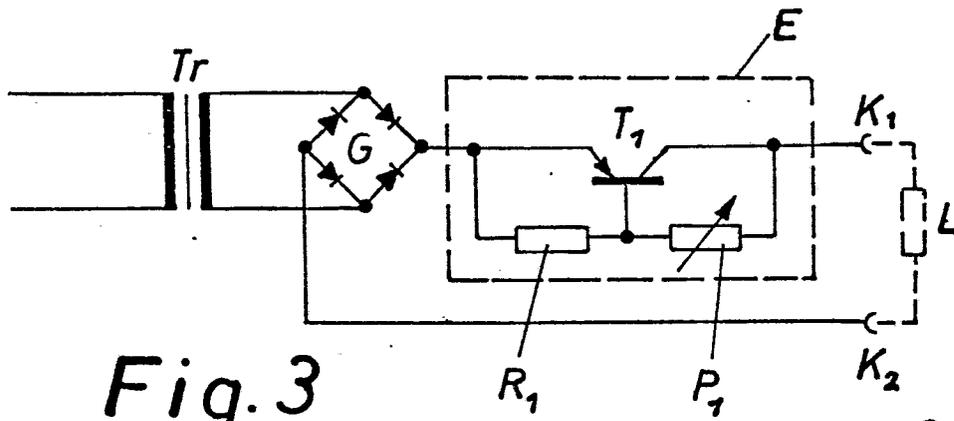


Fig.3

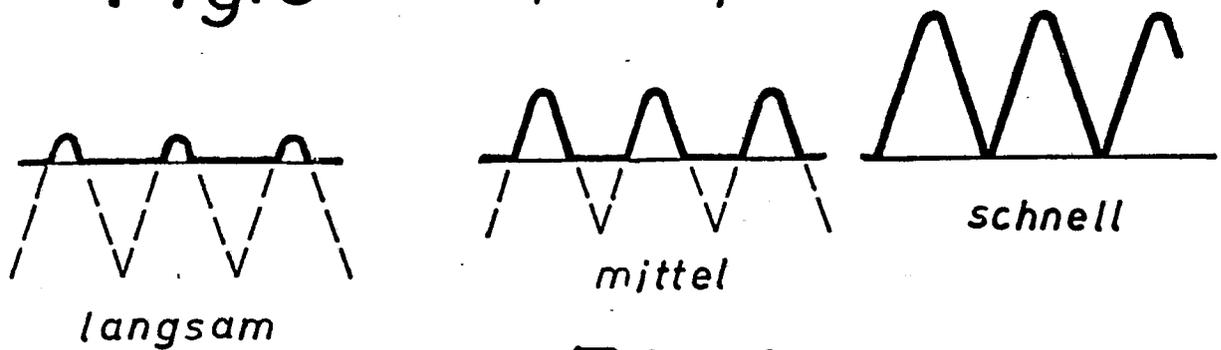


Fig.4

409886/0027

dt.

2334952

Fig. 5

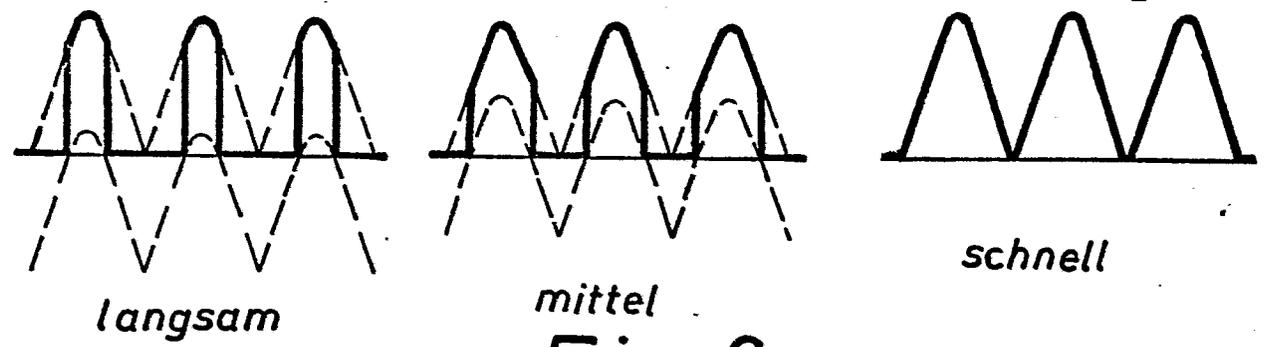
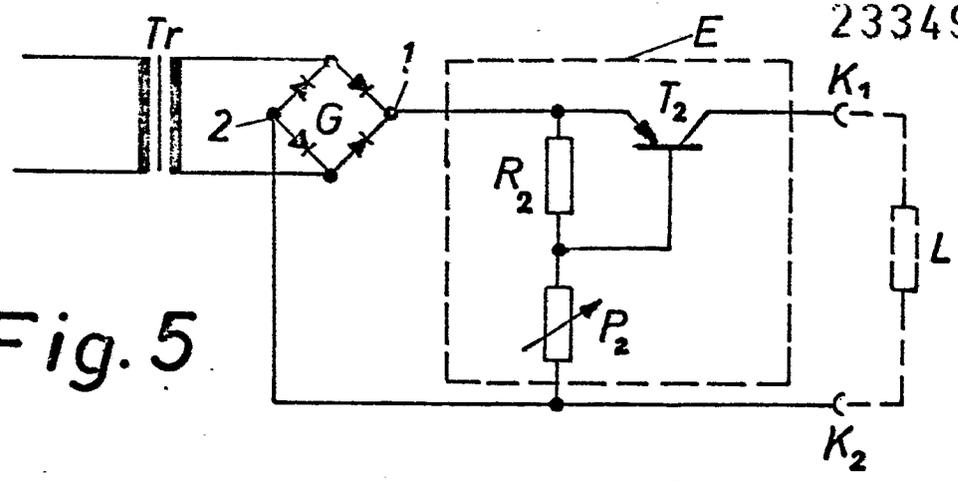


Fig. 6

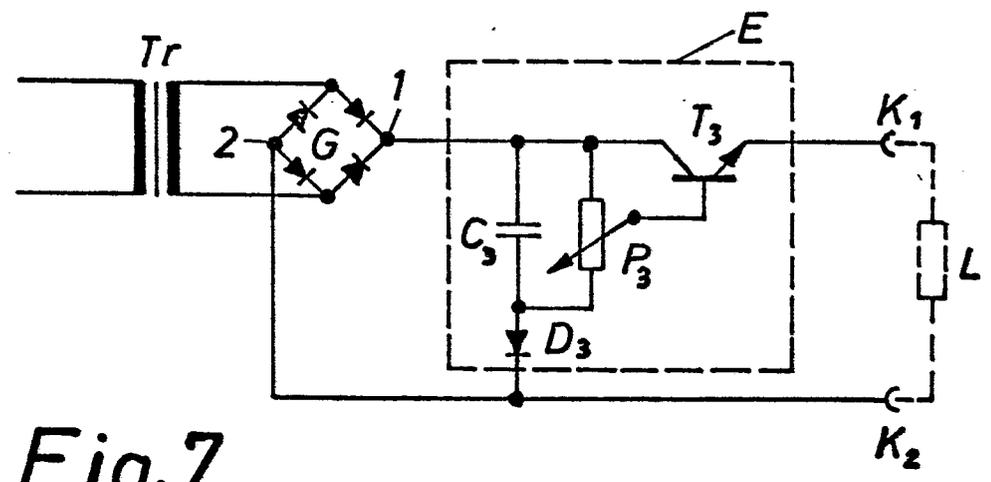


Fig. 7

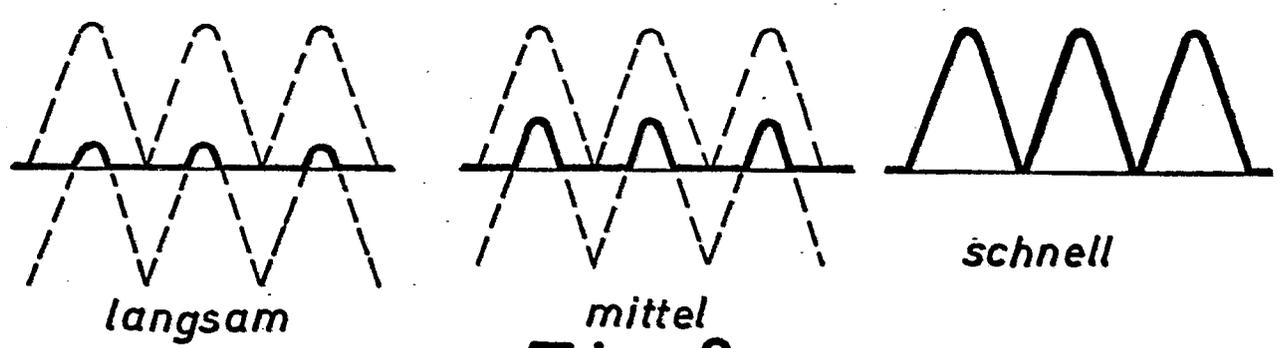


Fig. 8

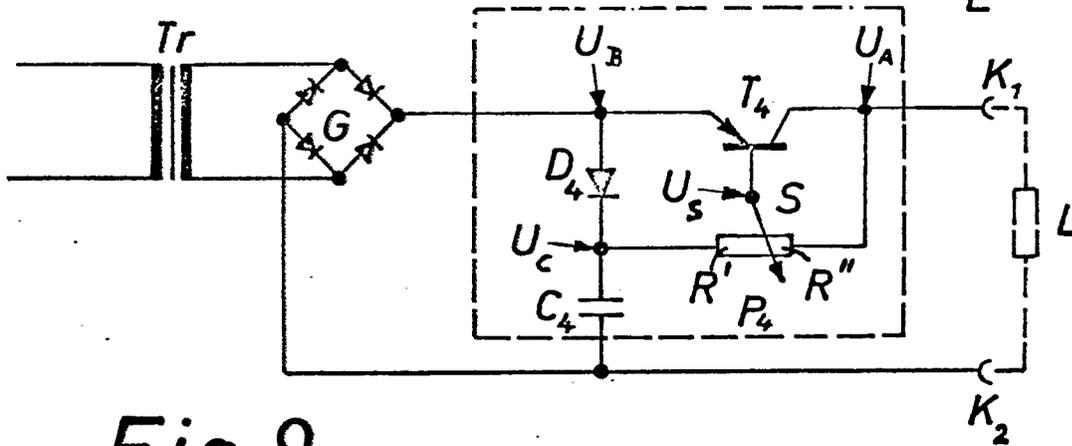


Fig.9

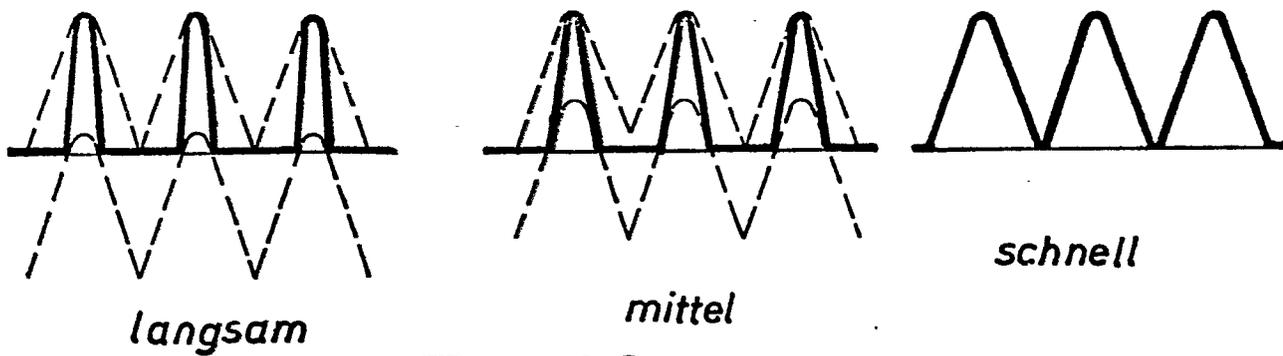


Fig.10

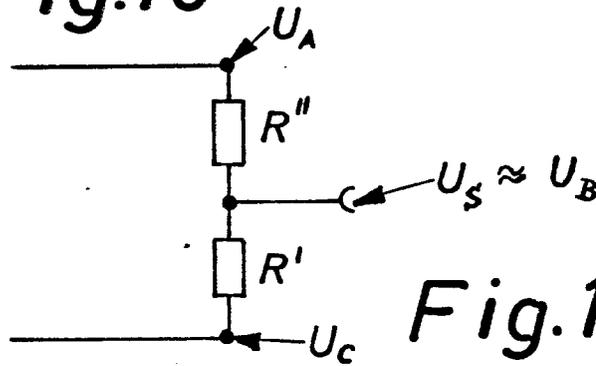


Fig.11

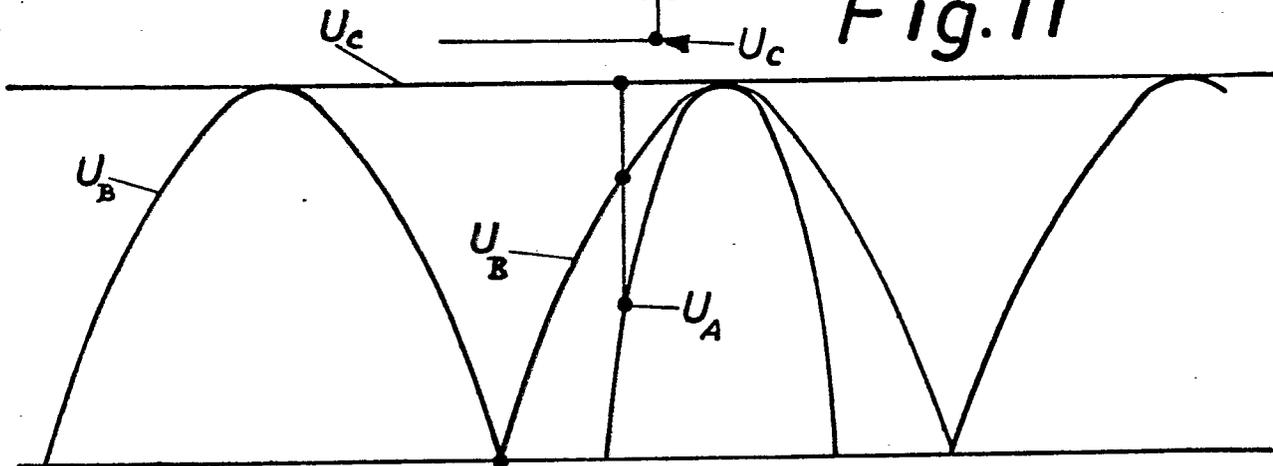


Fig.12