



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 648 782 A5

⑤① Int. Cl. 4: B 23 K 11/10

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 8927/80

⑫② Anmeldungsdatum: 03.12.1980

⑫③ Priorität(en): 10.12.1979 CS 8561-79

⑫④ Patent erteilt: 15.04.1985

⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.04.1985

⑦③ Inhaber:
Vyskumny ustav zvaracky, Bratislava (CS)

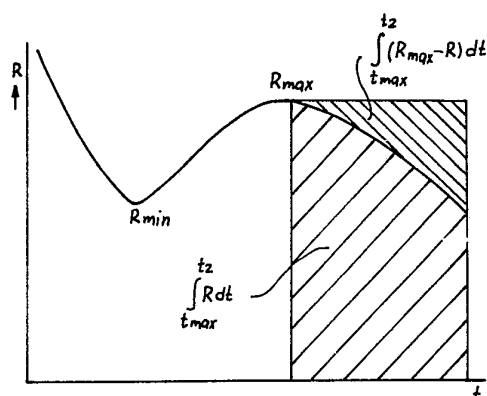
⑦② Erfinder:
Dzuranyi, Eduard, Bratislava (CS)
Janota, Martin, Bratislava (CS)
Kuban, Jozef, Bratislava (CS)

⑦④ Vertreter:
Dipl.-Ing. H.R. Werffeli, Zollikerberg

⑤④ **Verfahren zur Regelung der Schweisszeit beim Widerstandspunktschweissen.**

⑤⑦ Zur Erzielung einer gleichmässigen Punktschweissung wird zur Regelung der Schweisszeit beim Widerstandspunktschweissen der Widerstand R zwischen den Schweisselektroden vom Zeitpunkt $t_{\max}$, wenn der Widerstand sein lokales Maximum $R_{\max}$ erreicht, bis zur Zeit t gemessen, bei welcher das Integral

$$\int_{t_{\max}}^t (R_{\max} - R) dt$$



einen vorgewählten und voreingestellten Wert erreicht. Beim Erreichen dieses Wertes schaltet sich der Schweissstrom ab.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Regelung der Schweisszeit beim Widerstandspunktschweissen, dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstand R zwischen den Schweisselektroden vom Zeitpunkt $t_{\max}$, an dem der Widerstand sein lokales Maximum $R_{\max}$ erreichte, bis zur Zeit t gemessen wird, bei welcher das Integral

$$\int_{t_{\max}}^t (R_{\max} - R) dt$$

einen vorgewählten und voreingestellten Wert erreicht, und darauf der Schweissstrom abgeschaltet wird.

2. Einrichtung zur Ausführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Messkreis (1) zur Messung des Widerstandsverlaufes zwischen den Schweisselektroden mit einem Umschalter (2) verbunden ist, dessen erster Ausgang (17) auf den Eingang eines Speichers (3) für den maximalen Widerstandswert geschaltet ist, dessen Ausgang an einen Eingang (11) für die Anfangsbedingung eines Integrators (6) und gleichzeitig an einen ersten Eingang (12) eines Vergleichsspannungsschaltkreises (4) mit einem zweiten einstellbaren Eingang (13) angeschlossen ist, wobei der Ausgang des Vergleichsspannungsschaltkreises (4) mit dem Eingang (14) der Führungsgrösse eines Komparators (7) verbunden ist, ferner der Messkreis (1) zur Messung des Widerstandsverlaufes zwischen den Elektroden gleichzeitig mit einem Detektor (5) des Widerstandsmaximums verbunden ist, dessen Ausgang an den Steuereingang (8) des Umschalters (2) und den Nulleinstellungseingang (9) des Integrators (6) angekoppelt ist, wobei der zweite Ausgang (18) des Umschalters (2) mit dem Signaleingang (10) des Integrators (6) verbunden ist, dessen Ausgang mit dem Signaleingang (15) des Komparators (7) verbunden ist, der über seinen Ausgang ein Abschaltsignal für den Schweissprozess (16) abgibt.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung der Schweisszeit beim Widerstandspunktschweissen.

Bei industriemässiger Anwendung des Widerstandspunktschweissens ist es oft erforderlich, eine gleichmässige hohe Qualität der Punktschweissungen auch unter der Bedingung zu erreichen, dass sich die Eingangsfaktoren, die den Schweissprozess und die -qualität der erzeugten Verbindungen beeinflussen, wie z. B. die Netzspannung, die Sauberkeit der Oberfläche und die Form der zu verschweisenden Teile, Zustand und Abnutzungsgrad der Schweisselektroden, Luftdruck im pneumatischen System usw. von Schweissung zu Schweissung ändern und schwanken.

Diese Aufgabe ist um so wichtiger, je anspruchsvoller das hergestellte Produkt und je höher die Belastung der einzelnen Schweissungen während des Betriebes ist.

Das gegenwärtig verbreitetste Verfahren zur Regelung des Widerstandspunktschweissprozesses begnügt sich damit, die den Schweissprozess beherrschenden Hauptgrössen, den Schweissstrom, seine Dauer, d. h. die Schweisszeit und die Anpresskraft auf einem konstanten Wert zu halten. Eine solche Praxis eignet sich nicht zur Unterdrückung der Mehrheit äusserer störender Einflüsse. Die Folge ist, dass die erzeug-

ten Punktschweissungen nicht immer gleichmässige und entsprechend geeignete Eigenschaften besitzen. Dieser Zustand führt zum Misstrauen der Konstrukteure, zu unnötiger und aufwendiger Überdimensionierung der Anzahl der Schweisspunkte auf ein Mehrfaches der tatsächlich, in Hinsicht auf die Betriebsbelastung des Fertigproduktes benötigten Anzahl.

Es ist bekannt, dass die Beseitigung eines bedeutenden Teiles der angeführten Nachteile durch die Regelung der Schweissstromdauer möglich ist, d. h. die Regelung der Schweisszeit aufgrund von Signalen, die dem Schweissprozess selbst entnommen werden. Es ist ein Verfahren bekannt, welches den Schweissstrom in dem Augenblick unterbricht, wenn die thermische Expansion der Schweissung ihr Maximum erreicht, bzw. sich in seiner Nähe befindet. Damit wird garantiert, dass die Abmessungen der Schweisslinse in der Nähe eines Optimums bleiben, welches sich aus den gegebenen materiellen geometrischen und energetischen Bedingungen ergibt. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht jedoch darin, dass eine mechanische Grösse, die Grösse der Wärmeexpansion, gemessen wird. Diese muss zur weiteren Verarbeitung in ein elektrisches Signal überführt werden. Das erfordert einen geeigneten Messwandler, der einerseits aufwendig ist und dessen Installation an der Schweissmaschine andererseits Schwierigkeiten technischer und betrieblicher Art bereitet. Dieses Verfahren ist weiterhin ungeeignet für Maschinen mit geringer mechanischer Festigkeit, im abgenutzten oder schlechten Zustand und für Maschinen mit ungenauer Führung. Es ist weiter ungeeignet für hängende Schweisszangen.

Weiterhin sind Verfahren zur Schweisszeitregelung auf der Grundlage des Widerstandes zwischen den Schweisselektroden während des Schweissens bekannt, die nur elektrische Grössen messen und somit keinen Messwandler benötigen. Eines dieser Verfahren besteht darin, dass der Maximalwert des Widerstandsverlaufes gespeichert wird, der den Beginn der charakteristischen Etappe in der Ausbildung der Schweissverbindung kennzeichnet und in etwa dem Schmelzbeginn der Schweisslinse entspricht. Sobald der Widerstand nach einem Maximum um einen voreingestellten Prozentsatz sinkt, wird der Schweissstrom abgeschaltet, wobei dieses Maximum 100% entspricht. Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass aufgrund der Messung absoluter Widerstandswerte stets ein bestimmter Prozentsatz gewählt werden muss, der für verschiedene technologische Situationen unterschiedliche Werte besitzt, die eingestellt werden müssen. Wenn also der zu verschweisende Teil verschiedene Kombinationen von Materialien, Dicken und Anzahl der Blechschichten enthält, muss die Einrichtung immer wieder erneut eingestellt werden.

Ein anderes bekanntes Verfahren zur Regelung der Schweisszeit auf der Grundlage des Widerstandes zwischen den Schweisselektroden ermittelt den Zeitpunkt $t_{\max}$, an dem der Widerstand seinen Maximalwert $R_{\max}$ erreicht und unterbricht den Schweissstrom zur Zeit t , die sich aus der Gleichung

$$t = A + B \cdot t_{\max}$$

ergibt.

Der Nachteil dieses Verfahrens ist der gleiche wie im vorangegangenen Fall, dass sich nämlich aufgrund der konkreten technologischen Situation die Grössen A und B ändern. Die Einrichtung erfordert bei jeder Änderung eine Umstellung. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Einrichtung nicht auf das Herausspritzen von geschmolzenem Metall reagiert, das durch Überhitzung oder Druckabfall verursacht wird und den Schweissstrom beim Herausspritzen nicht unterbricht.

Die angeführten Nachteile werden durch die vorliegende Erfindung in bedeutendem Masse beseitigt. Die erfindungsgemässe Lösung besteht darin, dass der Widerstand R zwischen den Schweisselektroden vom Zeitpunkt $t_{\max}$, wenn der Widerstand sein lokales Maximum $R_{\max}$ erreichte, bis zur Zeit t gemessen wird, bei welcher das Integral

$$\int_{t_{\max}}^t (R_{\max} - R) dt$$

einen vorgewählten und voreingestellten Wert erreicht und darauf der Schweissstrom abgeschaltet wird.

Eine Einrichtung zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens ist im Patentanspruch 2 definiert.

Wie festgestellt wurde, ist das Integral

$$\int_{t_{\max}}^t (R_{\max} - R) dt$$

eine relativ gute Invarianz für den Prozess des Widerstandspunktschweissens, d. h. eine solche Grösse, die sich praktisch nicht ändert und bei physikalisch ähnlichen Prozessen praktisch konstant bleibt, auch wenn sich ihre Eingangsgrössen ändern und ist somit ein Kriterium für die Ähnlichkeit der Prozesse. Die Verwendung eines solchen Ähnlichkeitskriteriums zur Regelung der Schweisszeit bringt bedeutende Vorteile, vor allem dadurch, dass sich die Einrichtung im grossen Masse selbst einstellt. Das bedeutet im konkreten Fall folgende günstige Eigenschaften:

Bei ein und derselben Einstellung des Widerstandsintegrals ist es möglich Bleche unterschiedlicher Dicke zu schweissen, wobei sich keine übermässige Empfindlichkeit gegenüber den ausgewählten Blechdicken zeigt.

Weiter ist es möglich, unterschiedliche Dickenkombinationen und eine sich ändernde Anzahl von Blechschichten zu schweissen.

Die Regelung passt die Schweisszeit so an, dass es möglich ist, auch Bleche und Pressteile, die örtlich schlecht aufeinander passen, zu verschweissen.

In einem bestimmten praktisch verwendbaren Ausmass wird auch der unerwünschte Effekt des Parallelschlusses des Schweissstromes, z. B. über benachbarte Schweissstellen sowie der unerwünschte Effekt der infolge von Abnutzung verursachten Änderungen im Durchmesser der Ansetzflächen der Elektroden ausgeglichen.

Es ist möglich, den Einfluss verunreinigter Oberflächen der zu verschweisenden Flächen automatisch zu kompensieren.

Ohne Einstellungsänderung ist auch das Schweißen oberflächenbehandelter, z. B. verzinkter, Bleche möglich. Darüberhinaus kann in diesem Fall eine um 25% höhere Anzahl von Schweissstellen erzeugt werden, bis eine Bearbeitung der Schweisselektroden erforderlich wird.

Aufgrund der Tatsache, dass beim Herausspritzen von geschmolzenem Metall aus der Schweissung der Widerstand zwischen den Elektroden sprunghaft absinkt, wächst das Widerstandsintegral stark an und die Regelung unterbricht einen solchen Prozess früher. Damit verringert sich auch das Ausmass des Herausspritzens, das in der Praxis allgemein unerwünscht ist. Das ist beim Schweißen schmaler Bördel und in der Nähe des Blechrandes besonders vorteilhaft, wo die Gefahr des Herausspritzens stark anwächst.

Nachstehend wird die Erfindung anhand der Zeichnung beispielsweise erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 den typischen zeitlichen Verlauf des Schweisswiderstandes und eine Aufteilung in verschiedene Zeitabschnitte, die den unterschiedlichen Stadien in der Ausbildung der Schweissung entsprechen;

Fig. 2 den zeitlichen Verlauf des Schweisswiderstandes beim Herausspritzen;

Fig. 3 den Begriff des Integrals nach Patentanspruch 1 und des Widerstandsintegrals;

Fig. 4 die Alternative eines zeitlich nicht konstanten programmierten Stromverlaufes;

Fig. 5 die Alternative eines geregelten Stromverlaufes; und

Fig. 6 das Blockschaltbild einer Einrichtung zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens.

Der typische Verlauf des Schweisswiderstandes R beim Schweißen von Stahlblechen mit geringem Kohlenstoffgehalt ist im Beispiel der Fig. 1 angeführt. Der Widerstand R ist das Resultat von Übergangswiderständen R_p , die während des Stromüberganges in der Zeit t verschwinden und des Materialwiderstandes R_m . Innerhalb der zeitlichen Abhängigkeit des Widerstandes R lassen sich drei Bereiche unterscheiden, die für die Widerstandspunktschweissung charakteristisch sind.

Der erste Bereich ist der des Verschwindens der Übergangswiderstände und dauert vom Beginn des Schweissstromüberganges bis zur Zeit $t_{\min}$, wo sich das lokale Minimum $R_{\min}$ der Widerstandskurve R befindet. In diesem relativ kurzen Zeitintervall, im typischen Fall des Schweißens dünner Bleche mit einer Dicke von ca 1 mm beträgt er ungefähr 0,04 s, verschwinden die Übergangswiderstände zwischen den sich gegenseitig berührenden Oberflächen von Schweisselektroden und zu verschweisendem Material, und es stellt sich eine Art Standardisierung der Widerstandsverhältnisse ein.

Der zweite Bereich ist der der Erwärmung und liegt im Intervall zwischen der Zeit $t_{\min}$ und $t_{\max}$, wo sich das lokale Widerstandsmaximum $R_{\max}$ auf der Widerstandskurve R befindet. In dieser Zeit erwärmen sich die zu verschweisenden Materialien bis zur Herausbildung eines ersten Stadiums, wo das zu verschweisende Material zu schmelzen beginnt und so die Schweissverbindung initiiert wird.

Der dritte Bereich ist der des Anwachsens der Schweisslinse und liegt im Intervall zwischen der Zeit $t_{\max}$ und dem Ende des Stromüberganges t_z und wird als Schweisszeit bezeichnet. In diesem Intervall wächst die Schweissverbindung von den ersten Anzeichen des Schmelzens bis zu vollen Ausmassen der Schmelzlinse. Es wurde festgestellt, dass diese Ausmasse, die in überwiegender Masse die Qualität der Schweissverbindung auf gut schweisbarem Material bestimmen, unter anderem vor allem von der Energie abhängen, die der Verbindung im Bereich des Anwachsens der Schweisslinse zugeführt wurde, d. h. von der Initiierung des Schmelzens bis zur Beendigung des Prozesses. Aufgrund der Tatsache, dass man in diesem Bereich fast ausnahmslos mit einem konstant eingestellten Wert des Schweissstromes I schweisst, ist diese Energie durch die Beziehung

$$A_{III} = \int_{t_{\max}}^{t_z} R I^2 dt$$

gegeben und hängt in überwiegender Masse vom Integral

$$\int_{t_{\max}}^{t_z} R dt$$

ab. Dieses Integral kann als Mass für das Anwachsen der Schweisslinse und somit zur Regelung der Schweisszeit verwendet werden.

Es ist bekannt, dass es in einigen Fällen der Schweisspraxis, z. B. bei der Herstellung von Karosserien, in Folge einer übermässigen Energieeinbringung, aber auch aus anderen Gründen, zum sogenannten Herausspritzen des geschmolzenen Metalles aus der Schweissung kommt. Dieser Effekt ist im allgemeinen unerwünscht, denn die Schweisslinse verarmt an geschmolzenem Metall, es werden tiefe Spuren auf der Oberfläche hinterlassen, die Qualität der Verbindung sinkt, das Verspritzen des geschmolzenen Metalles erschwert die Bedienung, verunreinigt das Schweissmaterial, die Maschine und die Umgebung. Im Fall, dass ein Herausspritzen einsetzt, ist es erforderlich, den Schweissprozess zu beenden, weil seine Fortsetzung praktisch keinen Sinn mehr hat.

Weiter ist bekannt, dass sich ein solches Herausspritzen mit einem plötzlichen Absinken im Verlauf des Schweisswiderstandes auswirkt. Würde nun jedoch für die Regelung der Wert des Integrals

$$\int_{t_{\max}}^{t_z} R dt$$

in herkömmlichen Sinne verwendet, würde das bedeuten, dass der Schweissprozess solange andauert, bis das Integral einen zuvor bestimmten Wert erreicht. Das Auftreten des Herausspritzens würde weder zur Unterbrechung noch zur Verkürzung der Schweisszeit, sondern zum genau entgegengesetzten Effekt führen. Deshalb ist es vorteilhaft, das Integral

$$\int_{t_{\max}}^{t_z} (R_{\max} - R) dt$$

4

zu bilden, welches die Ergänzungsfläche bildet und ebenso ein Mass für die Energie ist, die der Schweissung in der Zeit von $t_{\max}$ bis zur Beendigung des Schweissprozesses zugeführt wurde. Darüber hinaus hat es die sehr vorteilhafte Eigenschaft, dass es im Falle des Herausspritzens schnell anwächst, was die Unterbrechung des Schweissprozesses oder die Verkürzung der Schweisszeit verursacht.

Weiter wurde festgestellt, dass beim Verschweissen von Blechen unterschiedlicher Dicke oder einer unterschiedlichen Anzahl von Stücken bzw. gegenseitigen Kombinationen derselben bei sonst vergleichbaren technologischen Bedingungen und einer solchen Schweisszeit, die die Entstehung guter Schweissverbindungen sichert, die Werte des Integrals

$$\int_{t_{\max}}^{t_z} (R_{\max} - R) dt$$

konstant blieben. Diese vorteilhaften Eigenschaften des angeführten Integrals werden vom erfindungsgemässen Verfahren ausgenutzt. Nach diesem Verfahren wird während des Schweissens der Schweisswiderstand R gemessen. Im Augenblick $t_{\max}$, wenn der Widerstand R den Wert $R_{\max}$ erreicht, wird dieser Wert gespeichert und mit seiner Hilfe aus dem Augenblickswert R das angeführte Integral gebildet, dessen Grösse mit einem zuvor erprobten und eingestellten Wert verglichen wird. Wenn das Integral auf die Grösse diesen voreingestellten Wertes anwächst, wird der Schweissstrom unterbrochen und der Schweissprozess beendet.

Das Verfahren kann auch angewendet werden, wenn der Schweissstrom nicht auf einen konstanten Wert eingestellt wird, sondern sich nach einem zuvor eingegebenen Programm ändert. In der Praxis bedeutet das vor allem, dass er zu Beginn des Schweissprozesses, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle im ersten und zweiten Bereich des charakteristischen Verlaufes des Schweisswiderstandes R , steil anwächst.

Es ist auch möglich das Verfahren anzuwenden, wenn zu Beginn des Schweissprozesses der Strom I von einem Anfangswert I' auf einen Sollwert I'' z. B. auf der Basis von Informationen geregelt wird, die aus dem Prozessvorgang gewonnen und in einer Rückkopplung verwendet werden. Wiederum ist es allgemein von Vorteil, wenn dieser Regelvorgang im ersten und zweiten Bereich abläuft, d. h. spätestens vom Zeitpunkt $t_{\max}$ an, wo der dritte Bereich beginnt, sollte der Schweissstrom auf einem eingestellten konstanten Wert gehalten werden.

Bei der in Fig. 6 dargestellten Schaltung ist der Messkreis 1 zur Messung des Widerstandsverlaufes zwischen den Elektroden mit dem Umschalter 2 verbunden, dessen erster Ausgang 17 an den Eingang des Speichers 3 für den maximalen Wert des Widerstandes angeschlossen ist. Der Ausgang des Speichers 3 ist mit dem Eingang 11 für die Anfangsbedingung des Integrators 6 und gleichzeitig mit dem Eingang 12 des Vergleichsspannungsschaltkreises 4 mit einstellbarem Eingang 13 verbunden, wobei der Ausgang des Vergleichsspannungsschaltkreises 4 mit dem Eingang 14 der Führungsgrösse des Komparators 7 gekoppelt ist. Der Messkreis 1 zur Messung des Widerstandsverlaufes zwischen den Schweisselektroden ist weiter über einen Detektor 5 gleichzeitig mit dem Steuereingang 8 des Umschalters 2 und dem Nulleinstellungseingang 9 des Integrators 6 gekoppelt. Dabei ist der zweite Ausgang 18 des Umschalters 2 zum Signaleingang 10

des Integrators 6 geführt, dessen Ausgang mit dem Signaleingang 15 des Komparators 7 in Verbindung steht, der seinerseits mit seinem Ausgang an den Schweissprozess 16 angeschlossen ist.

Diese der Erfindung entsprechende Schaltung entnimmt dem Schweissprozess 16 den Verlauf des Schweisswiderstandes, der an den Ausgang des Messkreises 1 zur Messung des Widerstandsverlaufes zwischen den Elektroden gelangt. Der Verlauf des Schweisswiderstandes wird auf den Maximalwertdetektor 5 gegeben, der bei Eintritt des Maximums den Umschalter 2 umschaltet und gleichzeitig die Nullung des Integrators 6 aufhebt. Bis zum Eintritt des Maximalwertes führt der Umschalter 2 den Widerstandsverlauf dem Speicher 3 für den maximalen Widerstandswert zu. Durch Um-

schalten des Umschalters 2 wird im Speicher 3 der maximale Widerstandswert aufbewahrt und gleichzeitig der Widerstandsverlauf dem Integrator 6 zugeführt. Der Ausgang des Speichers 3 für den maximalen Widerstandswert wird auf den Eingang 11 für die Anfangsbedingung des Integrators 6 gegeben, wodurch die Integrierung vom maximalen Widerstandswert an abgesichert wird. Der Ausgang des Integrators 6 wird im Komparator 7 mit dem auf den maximalen Widerstandswert bezogenen Niveau verglichen, welches im Vergleichsspannungsschaltkreis 4 erzeugt wird. Der Ausgang des Komparators 7 erzeugt ein Abschaltsignal für die Schweissstromsteueranlage 16, d.h. er schaltet den Schweissstrom ab, wenn der integrierte Wert am Signaleingang 15 des Komparators 7 die wählbare Führungsgrösse erreicht hat.

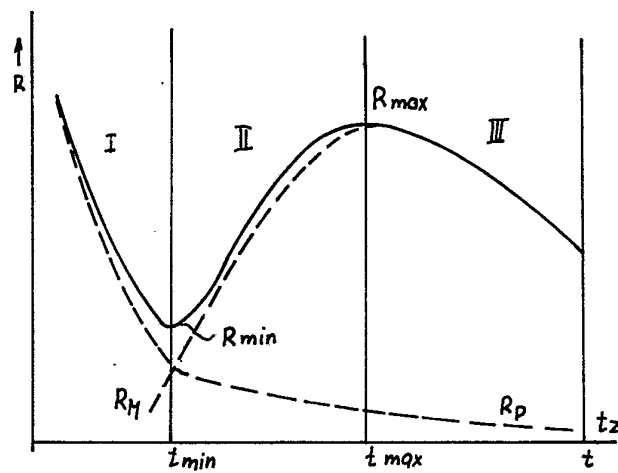


Fig. 1

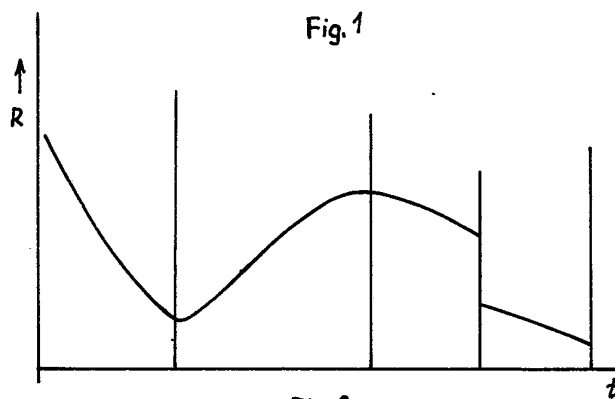


Fig. 2

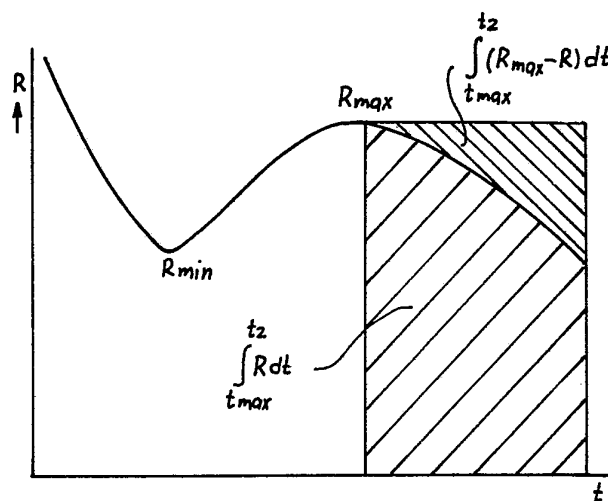


Fig. 3

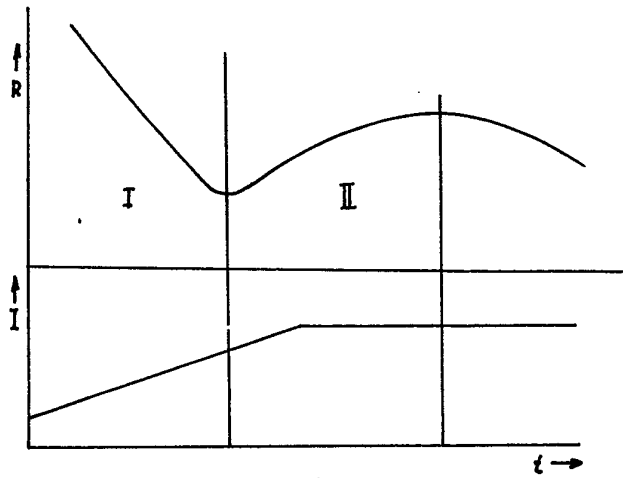


Fig. 4

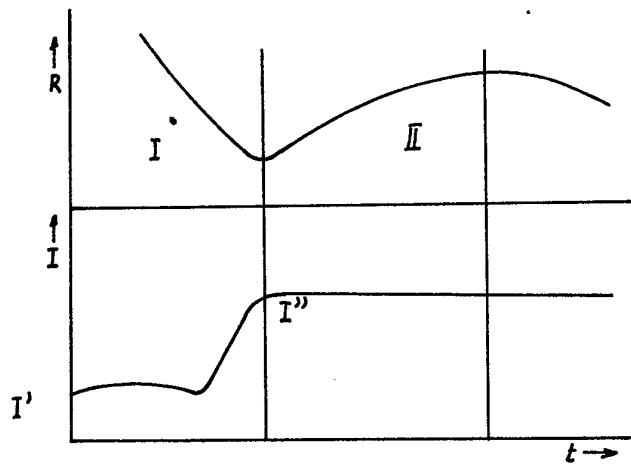


Fig. 5

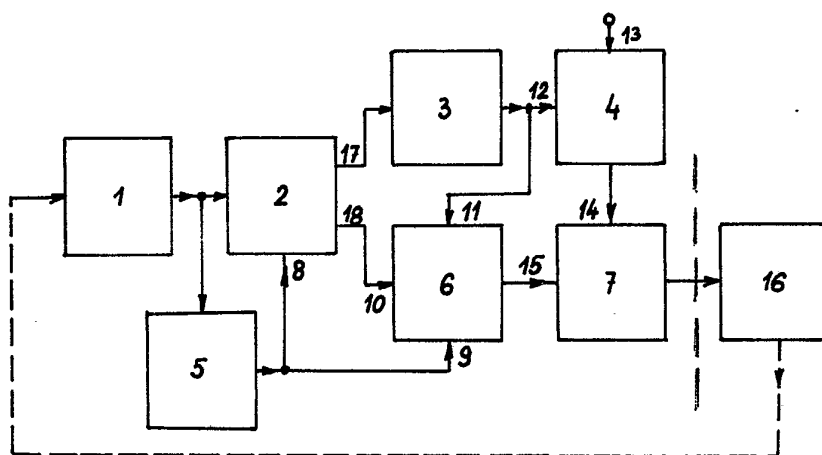


Fig 6