



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

51 Int. Cl.³: B 23 Q 5/033
B 23 Q 15/12
B 23 D 7/10
B 23 F 5/12



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

11

635 020

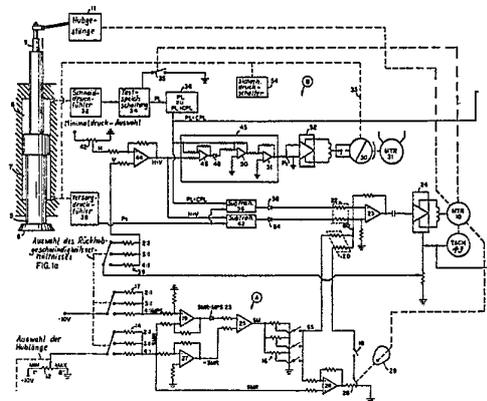
<p>21 Gesuchsnummer: 66/78</p>	<p>73 Inhaber: Fellows Corporation, Springfield/VT (US)</p>
<p>22 Anmeldungsdatum: 04.01.1978</p>	
<p>30 Priorität(en): 10.01.1977 US 758321</p>	<p>72 Erfinder: Erich Tlaker, Springfield/VT (US) Clarence Melton Nichols, Springfield/VT (US)</p>
<p>24 Patent erteilt: 15.03.1983</p>	
<p>45 Patentschrift veröffentlicht: 15.03.1983</p>	<p>74 Vertreter: Hug Interlizenz AG, Birmensdorf ZH</p>

54 Hubgeschwindigkeits-Steuereinrichtung für eine hydraulisch angetriebene Stossmaschine, sowie Steueranordnung mit einer solchen Steuereinrichtung.

57 Die Steuereinrichtung ermöglicht eine optimale Anpassung des Verhältnisses der unproduktiven Rückhubzeit zur Schneidzeit der Schneidspindel.

Ein Hubmotor (10) treibt über ein Hubgestänge (11) ein Servoventil der Schneidspindel (5) an. Ein Selektornetzwerk (16) liefert ein erstes elektrisches Signal (SS), welches eine Grundhubgeschwindigkeit darstellt.

Ein Schaltkreis (12, 14) liefert ein zweites elektrisches Signal (SMR), welches eine vorbestimmte maximale Rückhubgeschwindigkeit der Spindel darstellt. Eine Subtrahierschaltung (26) liefert ein Differenzsignal zwischen dem ersten und dem zweiten Signal. Eine Motorsteuerung (24) ist mit einer Summierschaltung (20) verbunden. Einem der Eingänge wird während des Schneidhubes das erste elektrische Signal (SS) zugeführt und über eine Schaltungsanordnung (28, 29) wird während des Rückhubes dem anderen Eingang wenigstens ein Bruchteil des Differenzsignals zugeführt. Dadurch kann die Zeit minimiert werden, die für den unproduktiven Rückhub der Schneidspindel benötigt wird.



PATENTANSPRÜCHE

1. Hubgeschwindigkeits-Steuereinrichtung für eine hydraulisch angetriebene Stossmaschine, insbesondere Zahnradstossmaschine, mit einer hin und her bewegbaren Schneidspindel, deren Hubzyklus einen Schneidhub und einen Rückhub umfasst, mit einem Hubmotor und mit einem von diesem angetriebenen Servoventil, gekennzeichnet durch ein durch den Hubmotor (10) angetriebenes Hubgestänge (11) zum Betätigen des Servoventils (9) und damit der Spindel (5) in gleichsinniger Beziehung zu der Drehzahl des Hubmotors, durch ein Selektornetzwerk (16), das ein erstes elektrisches Signal (SS) liefert, welches eine Grundhubgeschwindigkeit darstellt, durch einen ersten Schaltkreis (12, 14), der ein zweites elektrisches Signal (SMR) liefert, welches eine vorbestimmte maximale Rückhubgeschwindigkeit der Spindel darstellt, durch eine Subtrahierschaltung (26), die ein erstes Differenzsignal liefert, welches die Differenz zwischen dem ersten (SS) und dem zweiten (SMR) Signal darstellt, durch eine Motorsteuerung (24), die mit dem Hubmotor und mit dem Ausgang einer Summierschaltung (20) verbunden ist, die zwei Eingänge hat, von denen einem während des Schneidhubes das erste elektrische Signal (SS) zugeführt wird, und durch eine Schaltungsanordnung (28, 29), die während des Rückhubes dem anderen Eingang der Summierschaltung (20) wenigstens einen Bruchteil des ersten Differenzsignals zuführt.

2. Steuereinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Hubgestänge (11) zum Verändern des Verhältnisses von Rückhub- zu Schneidhub-Spindelgeschwindigkeit verstellbar ist, und dass zum entsprechenden Einstellen der beiden elektrischen Signale (SS, SMR) der erste Schaltkreis (12, 14) einstellbar ist und ein zweiter einstellbarer Schaltkreis (17) dem Selektornetzwerk (16) vorgeschaltet ist.

3. Steuereinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Hubgestänge (11) zum Verändern der Hublänge der Spindel (5) verstellbar ist, und dass der erste Schaltkreis (12, 14) zum Verringern und Vergrössern des Wertes des zweiten elektrischen Signals (SMR) bei Vergrösserung bzw. Verringerung der Hublänge einstellbar ist.

4. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiterer Schaltkreis (19, 23, 25, 27) das erste Signal (SS) auf einen Wert begrenzt (SM), der nicht grösser ist als der Wert des zweiten Signals (SMR).

5. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schaltungsanordnung (28, 29) einen Spannungsteiler (28) enthält, der eine Eingangsklemme hat, an welche das erste Differenzsignal angelegt wird, eine Ausgangsklemme, die mit dem anderen Eingang der Summierschaltung (20) verbunden ist, und einen Schleifer, der steuert, in welchem Umfang das Eingangsklemmensignal der Ausgangsklemme zugeführt wird, der in einem Bereich bewegbar ist, welcher eine Position enthält, in welcher kein Teil des Eingangsklemmensignals der Ausgangsklemme zugeführt wird, und der durch einen durch den Hubmotor (10) angetriebenen Nocken (29) verstellt wird, dessen Profil so ausgebildet ist, dass der Schleifer während des Schneidhubes der Spindel in der einen Position und während des Rückhubes der Spindel in einer anderen Position ist.

6. Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch einen Schalter (18) zum wahlweisen Gestatten oder Unterbrechen der Zufuhr des Bruchteils des ersten Differenzsignals zu dem anderen Eingang der Summierschaltung (20).

7. Steueranordnung für eine hydraulisch angetriebene Stossmaschine, insbesondere Zahnradstossmaschine, mit einer Hubgeschwindigkeits-Steuereinrichtung nach Anspruch 2 sowie mit Steuereinrichtungen für den Hydraulikversorgungsdruck, den Tiefenvorschub, den Schnittkraftgrenzwert, die Spindelhubposition und die Spindelanhhebung, wobei die Schneidspindel der Maschine in einer Kolbenkammer angeordnet ist, welcher von einer Hydraulikölquelle Hydrauliköl mit einem Versorgungsdruck für den Antrieb der Spindel während jedes Arbeitshubes zugeführt wird, und welche von einem Gehäuse getragen wird, bezüglich welchem sie sich hin und her bewegt, und wobei die Maschine eine Tiefenschubvorrichtung (167) aufweist zum Verschieben der Achse der Spindel zu der Achse des Werkstückes hin oder von derselben weg und einen Indexpunkt an der Spindel aufweist, der in bezug auf sie ortsfest ist und während der Hinundherbewegung der Spindel eine mittlere Position hat, die um eine bestimmte Strecke von einem entsprechenden Indexpunkt abliegt, der an dem Gehäuse befestigt ist, gekennzeichnet durch einen Druckfühler (32) zum Erzeugen eines elektrischen Belastungsdrucksignals (PL), das in direkter Beziehung dem in der Kolbenkammer (8) vorherrschenden Druck während Schneidhuben der Spindel entspricht, durch einen Druckregelkreis (32, 34, 36, 52) für die Regelung des Versorgungsdruckes des Hydrauliköls während den Schneidhuben der Spindel auf den in der Kolbenkammer (8) vorherrschenden Druck hin, durch einen dritten Schaltkreis (144-166) zum Erzeugen eines Endpositionssignals, das eine Endposition definiert, in welche die Spindelachse durch die Tiefenvorschubvorrichtung (167) während des Tiefenvorschubs der Spindel in bezug auf ein Werkstück zu bewegen ist, durch einen vierten Schaltkreis (168, 170, 173) zum Erzeugen eines Tiefenvorschubgeschwindigkeitssignals, dessen Wert von der Ablage der Spindelachse von der Endposition derart abhängig ist, dass er abnimmt, wenn sich die Spindelachse der Endposition nähert, durch einen fünften Schaltkreis (140, 142, 169, 214), der die Tiefenvorschubvorrichtung (167) veranlasst, die Spindelachse mit einer Geschwindigkeit zu der Endposition zu bewegen, die von dem Tiefenvorschubgeschwindigkeitssignal abhängig ist, durch einen sechsten Schaltkreis (66) zum Erzeugen eines Signals (FM) entsprechend einem gewünschten maximalen Grenzwert für die durch das Werkzeug auf ein Werkstück ausgeübte Kraft, durch eine Multiplizierschaltung (71), die in dem Fall betätigbar ist, in welchem das Belastungsdrucksignal (PL) das Arbeitskraftbegrenzungssignal (FM) übersteigt, um das Tiefenvorschubgeschwindigkeitssignal zu verringern, damit die Geschwindigkeit des Tiefenvorschubes durch die Tiefenvorschubvorrichtung (167) verringert wird und damit dadurch das Belastungsdrucksignal (PL) auf einen Wert zurückgebracht wird, der nicht grösser als das Arbeitskraftbegrenzungssignal (FM) ist, durch ein einstellbares Hubgestänge (11) zum Verändern der Hublänge der Spindel (S), durch ein Verstellteil, das in verschiedenen Positionen bewegbar ist, um die Ablage der Spindelindexmittelposition von dem Gehäuseindex zu verändern, durch einen Sollwertgeber (13, 15, 190) zum Erzeugen eines Sollarbeitshubpositionssignals, das eine Sollablage der Spindelindexmittelposition von dem Gehäuseindex während der Bearbeitung eines Werkstückes darstellt, und durch eine Steuervorrichtung (180, 182) zum Steuern des Verstellteils auf das als Eingangsbefehlssignal zugeführte Sollarbeitshubpositionssignal hin, um die Istablage der Spindelindexmittelposition von dem Gehäuse in Übereinstimmung mit der durch das Sollarbeitshubpositionssignal dargestellten zu bringen.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Hubgeschwindigkeits-Steuereinrichtung für eine hydraulisch angetriebene Stossmaschine, insbesondere Zahnradstossmaschine, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Solche Steuereinrichtungen können bei den verschiedensten Stossmaschinen benutzt werden, in denen ein Schneidwerkzeug an einer wiederholt hin und her bewegten Spindel angebracht ist, die durch unter Druck stehendes Hydrauliköl angetrieben wird. Die Verwendung einer solchen hydromechanischen Vorrichtung zum wiederholten Hinundherbewegen der Spindel einer Stossmaschine ermöglicht eine Anpassungsfähigkeit der Steuerung, die bei anderen Stossmaschinen, die mechanisch über Gestänge, Zahnstangengetriebe od. dgl. angetrieben werden, nicht erreichbar ist.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung einer Steuereinrichtung, die eine zeitliche Optimierung des Verhältnisses der unproduktiven Rückhubzeit zur Schneidhubzeit ermöglicht. Die Lösung dieser Aufgabe kennzeichnet sich durch die Merkmale des Patentanspruchs 1. Die Steuereinrichtung ist dadurch in der Lage, die Zeit zu minimieren, die für den unproduktiven Rückhub der Schneidspindel benötigt wird, um dadurch die Hubzykluszeit zu verringern und die Produktivität der Maschine zu steigern.

Für zahlreiche Ausführungen von Stossmaschinen, insbesondere für Zahnradstossmaschinen, sind Arbeitsbewegungen mit kontrollierten Geschwindigkeiten innerhalb gewisser Entfernungen erforderlich. Einige der wichtigsten Faktoren hierbei sind: (a) die Steuerung der Hubgeschwindigkeit (Hubzyklen/Minute) der Schneidspindel, um das Schneiden von Werkstücken aus verschiedenen Materialien und mit unterschiedlichen Grössen zu gestatten, (b) die Lage der Schneidspindelhubposition in richtiger Beziehung zu dem Werkstück, (c) die Geschwindigkeit, mit welcher das Werkstück und die Schneidspindel relativ zueinander gedreht werden, um einen Drehvorschub zu schaffen, der die Menge an von dem Werkstück während jedes Schneidhubes der Spindel abgetragenen Material bestimmt und eine gewisse Schnittkraft ergibt, und (d) die Geschwindigkeit, mit welcher die Schneidwerkzeugachse zu der Werkstückachse hin oder von derselben weg bewegt wird, um das Schneidwerkzeug in Schnittiefe vorzuschieben, und die Strecke, die es zurücklegen muss, um diese Schnittiefe zu erreichen. Weitere Aufgaben der Erfindung ist daher die Schaffung einer umfassenderen Steueranordnung für hydraulische Stossmaschinen, die eine Hubgeschwindigkeits-Steuereinrichtung der eingangs genannten Art als wesentlichen Wirkbestandteil enthält, darüber hinaus aber eine hohe Anpassungsfähigkeit hinsichtlich der vorstehenden Anforderungen ermöglicht. Die erfindungsgemässe Lösung dieser Aufgabe kennzeichnet sich durch die Merkmale des Patentanspruchs 7. Eine solche umfassende Steueranordnung stellt eine spezielle Verwendung der Hubgeschwindigkeits-Steuereinrichtung gemäss Patentanspruch 1 dar.

Bei einer so ausgebildeten Stossmaschinen-Steueranordnung ist die hydromechanische Hubvorrichtung einstellbar, um der Schneidspindel ausgewählt unterschiedliche Hublängen und ausgewählt unterschiedliche Rückhubgeschwindigkeitsverhältnisse zu geben, letzteres mit Hilfe der vorgenannten Steuereinrichtung.

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1a bis 1d Teilschaltbilder, die, wenn sie gemäss der Darstellung in Fig. 2 zusammengesetzt sind, das Schaltbild einer vollständigen Steueranordnung einer Stossmaschine ergeben und im folgenden summarisch als Fig. 1 bezeichnet werden, sowie

Fig. 2 ein Diagramm, das zeigt, wie die Fig. 1a, 1b, 1c und 1d in bezug aufeinander anzuordnen sind.

Gesamtaufbau

In Fig. 1 ist eine Gesamt-Steueranordnung mit einer Hubgeschwindigkeits-Steuereinrichtung schematisch in Verbindung mit einer Stossmaschine dargestellt, die eine vertikal hin und her bewegbare Schneidspindel 5 hat, welche an ihrem unteren Ende ein Schneidwerkzeug 6 trägt. Die Bewegung der Schneidspindel 5 wird durch ein hydromechanisches System bewirkt und gesteuert, das ein Servoventil 9 enthält, das Teil eines Servosystems ist, mittels welchem Hydrauliköl den dargestellten Kammern 7 oder 8 mit kleinerer bzw. grösserer Kolbenfläche bzw. einem Auslass zuführbar ist, so dass die Spindel 5 der Aufundabbewegung des Servoventils nachgeführt wird. Das Servoventil 9 wird seinerseits durch ein Hubgestänge 11, das durch einen Hubmotor 10 angetrieben wird, wiederholt hin und her bewegt. Das Hubgestänge 11 ist so ausgebildet, dass ein Hin- und Herbewegungszyklus des Servoventils 9 für jeweils N Umdrehungen des Motors 10 erzeugt wird, und es ist manuell verstellbar, um sowohl die Hublänge als auch das Rückhubgeschwindigkeitsverhältnis des Servoventils 9 und dementsprechend die Hublänge und das Rückhubgeschwindigkeitsverhältnis der Spindel 5 zu verändern, wobei das Rückhubgeschwindigkeitsverhältnis das Verhältnis der Geschwindigkeit der Spindel oder des Servoventils während dessen Rück- oder Aufwärtshub im Vergleich zu seiner Geschwindigkeit während dessen Abwärts- oder Schneidhub ist.

Die spezifische Form der Schneidspindel, ihr hydraulisches Servosystem und das zugeordnete Hubgestänge 11 können sich im Rahmen der Erfindung weitgehend ändern. Im vorliegenden Fall werden diese Teile jedoch als die einer Zahnradstossmaschine angenommen.

Das Schneidwerkzeug 6 und das Werkstück können relativ zueinander vorgeschoben werden, und zwar entweder durch eine Drehvorschubantriebsvorrichtung 117, die durch einen Drehvorschubmotor 116 angetrieben wird, oder durch eine Tiefenvorschubvorrichtung 167, die durch einen Tiefenvorschubmotor 216 angetrieben wird, oder durch diese beiden Vorrichtungen gemeinsam. Durch Betätigung der Drehvorschubvorrichtung werden das Schneidwerkzeug und das Werkstück beide gleichzeitig um Mittelachsen gedreht. Durch Betätigung der Tiefenvorschubvorrichtung 167 wird die Mittelachse des Schneidwerkzeuges zu der Mittelachse des Werkstückes hin oder von derselben weg bewegt.

Die oben beschriebenen Teile bilden im wesentlichen die Stossmaschine, für die das Steuersystem nach der Erfindung vorgesehen ist, und der übrige Teil von Fig. 1 zeigt das Steuersystem selbst. Das gesamte Steuersystem besteht seinerseits aus einer Anzahl von kleineren, zueinander in Beziehung stehenden Systemen oder Untersystemen, die in ihrer Gesamtheit mit A bzw. B bzw. C bzw. D bzw. E bezeichnet sind. Das System A ist ein Hubsteuersystem zum Steuern der Geschwindigkeit des Hubmotors 10, um verschiedene unterschiedliche Spindelhubgeschwindigkeiten (Hubzyklen/Minute) zu schaffen, und es ermöglicht unter günstigen Umständen, die Geschwindigkeit des Hubmotors während der Rückhübe der Spindel zu vergrössern, um den Wirkungsgrad der Maschine durch Verringerung der Rückhubzeit zu vergrössern.

Das System B ist ein Hydraulikdrucksteuersystem, das auf eine Anzahl von verschiedenen Variablen einschliesslich der tatsächlichen Schnittkraft anspricht, um den Hydraulikversorgungsdruck oberhalb eines gegebenen Minimalwertes zu halten, der sich mit der Hubgeschwindigkeit ändert, ansonsten aber auf einem Wert, der nicht grösser ist als der für die betreffende Arbeit benötigte Wert, um Energie zu sparen und ausserdem übermässige Kräfte zu verhindern, die die Kapazität der Maschine übersteigen. Es dient ausserdem

zum Schutz vor einem Hydraulikdruckausfall, vor zu grosser Hubgeschwindigkeit und vor zu grossem Versorgungsdruck.

Das System C steuert den Drehvorschub über die Drehvorschubvorrichtung 117 und den zugeordneten Motor 118. Das System D steuert den Tiefenvorschub über die Tiefenvorschubvorrichtung 167 und den zugeordneten Motor 216. Diese beiden Systeme sind mit dem Hubmotor derart gekoppelt, dass jedes in einer Betriebsart einen festen Vorschub pro Schneidhub der Spindel liefert. Diese beiden Systeme sind ausserdem mit einem Schnittkraftgrenzwertselektor 66 und mit dem Hydraulikdrucksteuersystem B derart gekoppelt, dass der Gesamtvorschub, sei es insgesamt ein Drehvorschub, insgesamt ein Tiefenvorschub oder eine Kombination aus Dreh- und Tiefenvorschub, auf einem derartigen Wert gehalten wird, dass die tatsächliche Schnittkraft innerhalb der durch die Grenzwertauswähleinrichtung eingestellten Grenze gehalten wird. Schliesslich ist das System E ein System zum Steuern der Vertikalposition des Schneidwerkzeuges relativ zu dem Werkstück und zum Anheben des Werkzeuges, um es beispielsweise über Werkstückhindernisse hinwegzuführen.

Hubgeschwindigkeitssteuerung

Die Hubgeschwindigkeit der Schneidspindel 5 und des Schneidwerkzeuges 6 steht in direkter Beziehung zu der Geschwindigkeit des Hubmotors 10, der das Hubgestänge 11 antreibt, um das Servoventil 9 auf einer manuell einstellbaren Hublänge und mit mehreren unterschiedlichen und manuell auswählbaren Rückhubgeschwindigkeitsverhältnissen mechanisch hin und her zu bewegen. Beispielsweise ist in dem dargestellten Fall die Hublänge durch Verstellen des Hubgestänges 11 zwischen einer minimalen Hublänge von etwa 25,4 mm und einer maximalen Hublänge von etwa 203 mm wahlweise veränderbar, und das Hubgestänge 11 ist manuell verstellbar, um von drei verfügbaren Rückhubgeschwindigkeitsverhältnissen, die 2 : 1, 3 : 1 und 4 : 1 betragen, ein ausgewähltes bereitzustellen.

Das Hubgeschwindigkeitssteuersystem steuert die Geschwindigkeit des Hubmotors 10 und das insgesamt mit A bezeichnete System von Fig. 1. Zum Verstellen des Steuersystems, um das Rückhubgeschwindigkeitsverhältnis zu ändern, was durch Verstellen des Hubgestänges 11 erfolgt, enthält das System drei Dreiwegschalter 14, 17 und 39, deren bewegliche Kontakte miteinander gekuppelt sind, so dass sie im Gleichlauf arbeiten. Wenn das Hubgestänge 11 so eingestellt wird, dass sich ein 2:1-Rückhubgeschwindigkeitsverhältnis ergibt, werden die drei Schalter 14, 17 und 39 in gleicher Weise manuell auf ihre 2:1-Verhältnispositionen eingestellt. Ebenso kann die Einstellung des Hubgestänges 11 auf verschiedene Hublängen in dem Steuersystem durch drei Hublängenpotentiometer 12, 13 und 15 kompensiert werden, deren Schleifer für Gleichlauf mechanisch gekuppelt sind. Wenn das Hubgestänge 11 so eingestellt wird, dass sich eine Hublänge von 152 mm ergibt, werden daher die Schleifer der Potentiometer 12, 13 und 15 auf entsprechende 152-mm-Hubpositionen eingestellt.

Der Schalter 17 liefert ein Ausgangssignal MPS, welches eine maximal zulässige Hubgeschwindigkeit für das bewusste Rückhubgeschwindigkeitsverhältnis darstellt, das ausgewählt worden ist. Allgemein lässt sich sagen, dass, wenn das Rückhubgeschwindigkeitsverhältnis grösser wird, die maximale Hubgeschwindigkeit der Maschine verringert werden muss, weshalb die drei Widerstände, die mit den drei festen Kontakten des Schalters 17 verbunden sind, so gewählt werden, dass das Signal MPS kleiner wird, wenn die Rückhubgeschwindigkeitsverhältniseinstellung, die durch den beweglichen Kontakt ausgewählt wird, grösser wird.

Die Spindel 5 hat während ihres Aufwärts- oder Rück-

hubes ausserdem eine maximale Bemessungsgeschwindigkeit, die nicht überschritten werden sollte. Die Hubgeschwindigkeit, die dieser maximalen Spindelrückhubgeschwindigkeit entspricht, ist eine Funktion sowohl des Rückhubgeschwindigkeitsverhältnisses als auch der Hublänge. Ein Signal SMR, das diese maximale Hubgeschwindigkeit während des Rückhubes des Kolbens darstellt, wird von dem Schalter 14 und dem Potentiometer 12 geliefert. Für jede besondere Hubgeschwindigkeit ändern sich der Schneidhub und die Rückhubgeschwindigkeiten der Spindel mit der Hublänge, wobei die Geschwindigkeiten für grosse Hublängen gross und für kleine Hublängen klein sind. Um innerhalb der maximalen Bemessungsrückhubgeschwindigkeit zu bleiben, ist daher für grosse Hublängen die zulässige Hubgeschwindigkeit kleiner als für kleine Hublängen. Die Anordnung des Potentiometers 12 ist daher so gewählt, dass das Signal SMR für jede gegebene Rückhubgeschwindigkeitsverhältniseinstellung des Schalters 14 abnimmt, wenn die Hublängeneinstellung vergrössert wird.

Das Signal MPS und das Signal SMR werden durch Summierverstärker 19 und 25, einen invertierenden Verstärker 27 und eine Diode 23 verknüpft, um aus dem Verstärker 25 ein Ausgangssignal SM zu erhalten, das gleich dem Signal SMR ist, wenn letzteres kleiner oder gleich dem Signal MPS ist, und das gleich dem Signal MPS ist, wenn das Signal SMR grösser als das Signal MPS ist. Das Signal SM ist das Signal, das die maximal mögliche Hubgeschwindigkeit echt festlegt, und aus den vorstehenden Darlegungen ist zu erkennen, dass dieses Signal seinerseits nie grösser als das Signal SMR sein und deshalb nie eine Hubgeschwindigkeit verlangen kann, zufolge der die Spindel mit einer Rückhubgeschwindigkeit angetrieben würde, die den maximalen Bemessungswert der Rückhubgeschwindigkeit übersteigt. Ein Grundhubgeschwindigkeitssignal SS wird aus dem maximalen Geschwindigkeitssignal SM durch ein Selektornetzwerk 16 gewonnen, das drei Potentiometer und drei manuell betätigbare Schalter enthält, welche derei unterschiedliche, manuell auswählbare Hubgeschwindigkeiten ermöglichen. Durch diese Anordnung kann das Grundhubgeschwindigkeitssignal SS auf irgendeinen Wert eingestellt werden, der gleich oder kleiner als das Signal SM ist, indem die Schleifer der drei Potentiometer geeignet verstellt und wahlweise einer der drei zugeordneten Schalter geschlossen wird.

Wenn ein Rückhubgeschwindigkeitserhöhungsschalter 18 offen ist, wird das ausgewählte Hubgeschwindigkeitssignal SS selbst über eine Summierschaltung 20 und eine zugeordnete Summierschaltung 22, deren Funktion im folgenden beschrieben ist, zu einer Motorsteuerschaltung 24 geleitet, damit der Hubmotor 10 mit einer Geschwindigkeit angetrieben wird, die in direkter Beziehung zu dem Ausgangssignal des Summierverstärkers 23 steht. Das Signal SS ist konstant, und deshalb wird der Hubmotor 10 mit einer konstanten Geschwindigkeit angetrieben.

Das Signal SS entspricht einer Hubgeschwindigkeit, die so gewählt ist, dass sich eine gewünschte Schneidwerkzeuggeschwindigkeit während des Schneidhubes ergibt. Aber die Rückhubgeschwindigkeit, die durch das Signal SS diktiert wird, ist, ausser dann, wenn das Signal SS gleich dem Signal SMR ist, kleiner als die maximale Bemessungsrückhubgeschwindigkeit, und zur Verbesserung des Wirkungsgrades der Maschine könnte das Schneidwerkzeug mit einer grösseren Rückhubgeschwindigkeit angetrieben werden. Zur Erzielung einer solchen Erhöhung der Rückhubgeschwindigkeit wird der Rückhubgeschwindigkeitsschalter 18 geschlossen. Wenn das erfolgt ist, wird das Signal SMR mit dem Signal SS durch eine Subtrahierschaltung 26 verglichen, die ein Ausgangssignal erzeugt, das gleich der Differenz zwischen den Signalen SMR und SS ist. Dieses Differenzsignal wird

an ein Potentiometer 28 angelegt, dessen Schleifer durch einen Nocken 29 im Gleichlauf mit dem Hubmotor 10 angetrieben wird. Das Profil des Nockens 29 ist so ausgebildet, dass während des Schneidhubes der Spindel und des Schneidwerkzeuges der Schleifer des Potentiometers an Masse liegt, so dass kein Signal der Summierschaltung 20 zugeführt wird und deshalb das dem Hubmotor zugeführte Signal das Grundhubgeschwindigkeitssignal SS ist. Während des Rückhubes des Schneidwerkzeuges positioniert jedoch der Nocken 29 den Schleifer des Potentiometers 28 so, dass ein Spannungssignal abgenommen wird, welches über die Summierschaltung 20 zu dem Grundhubgeschwindigkeitssignal SS addiert wird, um die Geschwindigkeit, d. h. die Drehzahl, des Hubmotors 10 zu vergrößern. Das Profil des Nockens 29 ist weiter so ausgebildet, dass das Geschwindigkeitserhöhungssignal während der Rückhubbewegung des Schneidwerkzeuges in günstiger Weise beschleunigt und verlangsamt wird.

Steuerung des Hydraulikversorgungsdruckes

Der Druck des Hydrauliköls, das der Spindel zugeführt wird, wird durch das System B gesteuert. Eine einstellbare Verdrängerpumpe 30 wird durch einen Motor 31 mit konstanter Drehzahl angetrieben, und ihre Verdrängung wird durch einen Regler 52 geregelt, der auf ein elektrisches Eingangssignal anspricht, wobei der Regler 52 die Pumpe veranlasst, Hydrauliköl in der durch die Spindelhubvorrichtung geforderten Menge und mit einem durch sein elektrisches Eingangssignal diktierten Druck zu liefern. Das Eingangssignal des Reglers 52 und infolgedessen der Versorgungsdruck des Hydrauliköls in der Versorgungsleitung 33 wird in Abhängigkeit von einer Anzahl von unterschiedlichen Variablen geregelt, um den Versorgungsdruck auf einem gewünschten Wert zu halten, wie unten dargelegt.

Der Belastungsdruck, d. h. der Druck des Hydrauliköls, das der Kammer 8 zugeführt wird, die den Kolben mit der größeren Fläche enthält, wird durch einen Druckfühler 32 überwacht, der eine analoge Ausgangsspannung erzeugt. Diese analoge Spannung wird während eines Schneidhubes durch eine Tastspeicherschaltung 34 abgefühlt, und zwar infolge eines Abtastsignals, das während des Schneidhubes durch einen Schalter 35 geliefert wird, der durch den Hubmotor 10 angetrieben wird, um ein Ausgangssignal P_L zu erzeugen, das in direkter Beziehung zu der durch das Schneidwerkzeug 6 auf das Werkstück ausgeübten Schnittkraft steht. Eine Schaltung 36 addiert einen Bruchteil des Spannungssignals P_L zu sich selbst, so dass ein Ausgangssignal $(P_L + CP_L)$ erzeugt wird, das um diesen Bruchteil grösser ist als das Spannungssignal P_L .

Ein Druckfühler 38 überwacht den Versorgungsdruck und erzeugt ein elektrisches Ausgangssignal P_S , das in direkter Beziehung zu dem Versorgungsdruck steht.

Eine manuell verstellbare Signalerzeugungsschaltung 42 erzeugt ein Ausgangssignal H, welches einen ausgewählten Minimalwert bezeichnet, unter welchen der Hydraulikversorgungsdruck nicht abfallen sollte. Im allgemeinen ist der diesem Signal entsprechende Minimaldruck ein Druck, von dem bekannt ist oder angenommen wird, dass unterhalb desselben die Maschine nicht richtig arbeitet.

Ein weiteres Signal, das den Versorgungsdruck beeinflusst, ist eine Spannung V, die in direkter Beziehung zu der Drehzahl des Motors 10 steht und an dem Ausgang eines Tachometergenerators 43 abgenommen und über den Rückhubgeschwindigkeitsverhältnisschalter 39 geleitet wird, um es in Übereinstimmung mit dem ausgewählten Rückhubgeschwindigkeitsverhältnis zu modifizieren. Die Widerstände des Schalters 39 sind so gewählt, dass für jede gegebene Drehzahl des Motors 10 das Signal V erhöht wird, wenn der

Schalter auf höhere Werte des Rückhubgeschwindigkeitsverhältnisses eingestellt wird, und erniedrigt wird, wenn der Schalter auf niedrigere Werte des Rückhubgeschwindigkeitsverhältnisses eingestellt wird. In jedem Fall wird bei jedem gegebenen Rückhubgeschwindigkeitsverhältnis das Signal V mit zunehmender Spindelhubgeschwindigkeit vergrößert, und es bewirkt, dass der Minimalversorgungsdruck mit zunehmender Hubgeschwindigkeit grösser wird.

Das Signal V wird durch einen Summierverstärker 44 zu dem Signal H addiert, welcher ein Signal $(H + V)$ abgibt, das den gewünschten Minimaldruck für die besondere Hubgeschwindigkeit und das besondere Rückhubgeschwindigkeitsverhältnis darstellt. Dieses den Minimaldruck festlegende Signal $(H + V)$ wird mit dem Signal $(P_L + CP_L)$ durch eine Summier- und Verstärkungsschaltung 45 verknüpft, welche aus einer Subtrahierschaltung 46, einer Diode 48, einer Addierschaltung 50 und einem Inverter 51 besteht. Das Ausgangssignal der Subtrahierschaltung 46 ist $(H + V) - (P_L + CP_L)$. Wenn das Signal $(H + V)$ grösser als das Signal $(P_L + CP_L)$ ist, ist das Ausgangssignal der Subtrahierschaltung 46 positiv und wird durch die Diode 48 zu der Summierschaltung 50 geleitet, um zu dem Signal $(P_L + CP_L)$ addiert zu werden. Wenn das Signal $(H + V)$ kleiner als das Signal $(P_L + CP_L)$ ist, wird kein Signal zu der Addierschaltung 50 geleitet. Infolgedessen ist das Ausgangssignal des Inverters 51 ein Signal P'_S . Wenn das Signal $(P_L + CP_L)$ kleiner als das Signal $(H + V)$ ist, wird das Signal P'_S gleich dem Signal $(H + V)$ sein, so dass die Pumpe 30 über die Regelschaltung 52 so geregelt wird, dass der Versorgungsdruck auf dem dem Signal $(H + V)$ entsprechenden Minimalwert gehalten wird. Andererseits, wenn das Signal $(P_L + CP_L)$ grösser als das Signal $(H + V)$ ist, wird das Signal P'_S gleich dem Signal $(P_L + CP_L)$ sein, so dass die Pumpe so geregelt wird, dass der Versorgungsdruck auf einem Wert gehalten wird, der gleich dem Signal $(P_L + CP_L)$ ist, d. h. der Versorgungsdruck wird auf einem Wert gehalten, der um einen Bruchteil grösser ist als der Belastungsdruck.

Ein Sicherheitsdruckschalter 54 dient zum Abschalten der Maschine im Falle eines zu grossen Versorgungsdruckes, der aber im normalen Betrieb niemals auftreten sollte.

Aus vorstehenden Darlegungen ist zu erkennen, dass das Hydraulikversorgungssystem normalerweise so arbeitet, dass der Versorgungsdruck auf einem Wert gehalten wird, der etwas höher ist als der Belastungsdruck, und die minimale Differenz zwischen den beiden Drücken wird eine Differenz sein, die durch das Signal CP_L dargestellt wird. Wenn aufgrund von zu grossen Hubgeschwindigkeiten oder einer Betriebsstörung der Hydraulikversorgungseinheit diese Minimaldifferenz nicht aufrechterhalten wird, greift eine Übergeschwindigkeitsschutzschaltung ein, um die Drehzahl des Hubmotors zu verringern und die Minimaldruckdifferenz wiederherzustellen. Diese Schutzschaltung enthält eine Subtrahierschaltung 56, die das Signal $(P_L + CP_L)$ mit dem Signal P_S vergleicht. Wenn die Differenz zwischen diesen beiden Signalen kleiner als die gewünschte Differenz ist, wird ein Signal über eine Diode 58 zu der Summierschaltung 22 geschickt, wo es mit dem Hubgeschwindigkeitssteuersignal, das auf einer Leitung 60 erscheint, verknüpft wird, um ein modifiziertes Hubgeschwindigkeitssteuersignal zu erzeugen, das die Drehzahl des Hubmotors verlangsamt und dadurch die Hubgeschwindigkeit auf einen sicheren Wert zurückbringt.

Das oben beschriebene System arbeitet normalerweise so, dass wenigstens ein Minimalwert des Versorgungsdruckes aufrechterhalten wird, der dem Signal $(H + V)$ entspricht, welches die geschwindigkeitsbezogene Komponente V enthält. Zum Schutz vor der Möglichkeit, dass der Versorgungsdruck diesen Minimalwert nicht erreicht, ist eine

Schutzschaltung vorgesehen, die eine Subtrahierschaltung 62 und eine Diode 64 enthält. Diese Subtrahierschaltung 62 vergleicht das Signal $(H + V)$ mit dem Signal P_S und erzeugt ein Ausgangssignal, das an die Summierschaltung 22 angelegt wird, wenn das Signal P_S kleiner als das Signal $(H + V)$ ist, und seinerseits die Drehzahl des Hubmotors verringert. Diese Schutzschaltung schützt daher vor einem Hydraulikdruckausfall oder vor einem unzulänglichen Hydraulikdruck im Leerlauf oder bei niedrigen Schnittkräften. Es reguliert ausserdem die maximalen Beschleunigungsgeschwindigkeiten, indem es der Hubgeschwindigkeit gestattet, nur mit einer Geschwindigkeit zuzunehmen, die mit derjenigen kompatibel ist, mit der der Versorgungsdruck durch die Pumpe 30 erhöht werden kann.

Schnittkraftgrenzwertsteuerung

In dem Gesamtsteuersystem von Fig. 1 ist eine Einrichtung zum Regulieren der maximalen Schnittkraft, die durch das Werkzeug auf das Werkstück ausgeübt werden kann, enthalten. Diese Einrichtung enthält eine manuell einstellbare Schaltung 66 zum Erzeugen eines Maximalkraftgrenzwertsignals F_M . Dieses Maximalkraftgrenzwertsignal wird einerseits durch eine Subtrahierschaltung 68 mit dem Signal $(P_L + CP_L)$ verglichen, das in direkter Beziehung zu der tatsächlichen Schnittkraft steht. Wenn das Signal $(P_L + CP_L)$ grösser als das Signal F_M ist, wird ein Signal E auf einer Leitung 70 erzeugt. Wenn das Signal E erscheint, wird es in einer Multiplizierschaltung 71 mit einem Vorschubsignal S_F , das von dem Drehvorschubsteuersystem über einen Kontakt 211 oder von dem Tiefenvorschubsteuersystem über einen Kontakt 212 geliefert wird, verknüpft, um ein Überlastausgangssignal E_L zu erzeugen. Die Multiplizierschaltung 71 verknüpft die Eingangssignale E und S_F gemäss folgender Funktion:

$$E_L = \frac{E \cdot S_F}{C}$$

wobei C gleich 10 oder gleich irgendeiner anderen Zahl von ähnlicher Grösse ist. Das Signal E_L wird seinerseits sowohl zu dem Drehvorschubantriebssystem als auch zu dem Tiefenvorschubantriebssystem geleitet, um entweder einen oder beide Vorschübe zu verringern und um dadurch die tatsächliche Schnittkraft zurück unter den Grenzwert zu bringen, der durch die Schaltung 66 eingestellt ist. Das heisst, wenn die Ist- oder tatsächliche Schnittkraft den maximalen Grenzwert überschreitet, der durch die Schaltung 66 vorgegeben wird, dann werden entweder der Drehvorschub oder der Tiefenvorschub oder beide (welcher auch immer zu dieser Zeit benutzt wird) modifiziert, um die Vorschubgeschwindigkeit zu verringern und dadurch das Werkzeug zu veranlassen, einen kleineren Span abzunehmen und auf diese Weise die Schnittkraft zu verringern und auf einen zulässigen Wert zurückzubringen.

Drehvorschubsteuerung

Ein Grundeingangssignal für das Drehvorschubsteuersystem C wird dem Hubmotortachometer 43 entnommen und über ein Eichpotentiometer 74 geleitet. Das Ausgangssignal des Eichpotentiometers 74 wird sowohl zu einem Grobspanpotentiometer 90 über einen Geschwindigkeitsbereichsselektorschalter 73 als auch zu einem Schlichtspanpotentiometer 92 über einen festen Widerstand 91 geleitet. Die fünf Widerstände des Geschwindigkeitsbereichsselektorschalters haben unterschiedliche Werte. Das Potentiometer 90 und der Geschwindigkeitsbereichsselektorschalter liefern daher fünf unterschiedliche Ausgangssignale für den Grobspanbetrieb, und das Potentiometer 92 und der Widerstand 91 liefern ein einziges Ausgangssignal für den Schlichtspanbetrieb. Während des Grobspanbetriebes wird das ausgewählte Grobspanndrehvorschubsignal aufgrund eines geschlossenen Kon-

taktes 96 und eines geöffneten Kontaktes 98 zu einem Punkt 94 geleitet, während das Signal während des Schlichtspanbetriebes von dem Potentiometer 92 aufgrund des geschlossenen Kontaktes 98 und des geöffneten Kontaktes 96 zu dem Punkt 94 geleitet wird.

Wenn die Maschine zu dieser Zeit ohne gleichzeitigen Tiefenvorschub betrieben wird, wird das Signal von dem Punkt 94 aufgrund eines geschlossenen Kontaktes 100 und eines geöffneten Kontaktes 102 zu einem Punkt 104 geleitet. Andererseits, wenn die Maschine mit gleichzeitigem Tiefenvorschub betrieben wird, ist der Kontakt 100 geöffnet und der Kontakt 102 geschlossen, so dass ein geringerer Wert des Drehvorschubsignals aufgrund des Potentiometers 105 für verringerten Vorschub zu dem Punkt 104 übertragen wird.

Schliesslich, wenn die Maschine mit automatischem Drehvorschub betrieben wird, ist ein Automatikschalter 106 geschlossen und ein Handschalter 108 geöffnet, so dass das Signal von dem Punkt 104 zu dem Eingang einer Subtrahierschaltung 76 geleitet wird, wo es durch das Ausgangssignal E_L der Teilerschaltung 71 verringert wird, wenn die Schnittkraft in diesem Augenblick den durch die Schaltung 66 voreingestellten Wert übersteigt.

Das Ausgangssignal der Subtrahierschaltung 76 wird einer Drehvorschubmotor-Regelschaltung 110 über einen Schalter 112, der die Rückwärts- oder Vorwärtsvorschubrichtung festlegt, und über einen Verstärker 77, bei welchem es sich um einen Inverter handelt, zugeführt. Wenn eine manuelle Drehvorschubsteuerung erwünscht ist, wird der Schalter 106 geöffnet, der Schalter 108 geschlossen und der Schleifer des Potentiometers 114 manuell verstellt, um ein Sollwertsignal für die Regelschaltung 110 zu erzeugen. Die Regelschaltung 110 steuert ihrerseits den Drehvorschubmotor 116, der ein zugeordnetes Tachometer 118 hat, welches ein Geschwindigkeits-Istwertsignal für die Regelung liefert. Der Drehvorschub wird durch die Schalter 317 und 119 aktiviert oder inaktiviert, wobei der Schalter 119 geschlossen und der Schalter 317 geöffnet wird, um den Vorschub zu aktivieren, und wobei der Schalter 119 geöffnet und der Schalter 317 geschlossen wird, um den Vorschub zu inaktivieren. Aus vorstehenden Darlegungen ist ausserdem zu erkennen, dass während des Drehvorschubes im Automatikbetrieb und unter der Annahme, dass kein eine zu hohe Kraft anzeigendes Signal E_L erzeugt wird, das ausgewählte Signal, das dem Verstärker 76 zugeführt wird, aufgrund der Tatsache, dass es letztlich aus dem Tachometer 43 gewonnen wird, von der Hubmotordrehzahl abhängig ist und deshalb ein bestimmtes Ausmass an Drehvorschub pro Schneidhub ungeachtet der Hubgeschwindigkeit erzielt wird.

Tiefenvorschubsteuerung

Der Tiefenvorschub, der manchmal auch als Radialvorschub bezeichnet wird, ist die Aufeinanderzubewegung des Schneidwerkzeuges und des Werkstückes, die gewöhnlich auf einer ihre Mitten verbindenden Linie erfolgt und das Werkstück und das Schneidwerkzeug auf einen für die Herstellung des gewünschten Werkstückprofils geeigneten Mittenabstand bringt.

In Fällen, in welchen das Werkstück ein zahnradartiger Gegenstand ist, werden der Tiefenvorschub und der Drehvorschub gleichzeitig mit voreingestellten Geschwindigkeiten betätigt, während das hin und her gehende Schneidwerkzeug 6 bei jedem Schneidhub eine durch ihre Geschwindigkeiten festgelegte Materialmenge abträgt. Die gewünschte Schnitttiefe kann in einigen Fällen erreicht werden, indem sehr hohe Tiefenvorschubgeschwindigkeiten und niedrige Drehvorschubgeschwindigkeiten innerhalb eines sehr kurzen Rotationsbogens des Werkstückes benutzt werden oder indem in anderen Fällen sehr niedrige Tiefenvorschubgeschwindig-

keiten und sehr hohe Drehvorschubgeschwindigkeiten während mehreren Umdrehungen des Werkstückes benutzt werden. Nachdem die gewünschte Schnitttiefe erreicht ist, geht in jedem Fall der Schneidvorgang ohne weiteren Tiefenvorschub weiter, bis sich das Werkstück um weitere 360° gedreht hat, um das gewünschte Profil auf seinem gesamten Umfang zu erzeugen.

Das Grobsteuersignal für das Tiefenvorschubsystem D von Fig. 1 kann entweder ein hubgeschwindigkeitsbezogenes Signal sein, das aus dem Tachometer 43 über ein Eichpotentiometer 120 gewonnen wird, oder ein manuell ausgewähltes, nichtgeschwindigkeitsbezogenes Signal, das einem manuellen Eingang 122 entnommen wird. Der manuelle Eingang 122 wird hauptsächlich für Einrichtzwecke benutzt. Selektorkontakte 124 und 125 werden benutzt, um eines der beiden wahlweise verfügbaren Grobsteuersignale auszuwählen. Während eines Schneidzyklus wird ein hubgeschwindigkeitsbezogenes Signal dem Schleifer des Potentiometers 120 über zwei Potentiometer 126 und 128 entnommen, die durch Kontakte 130 und 132 fakultativ auswählbar sind. Das Geschwindigkeitsvoreinstellpotentiometer 126 und der Kontakt 130 werden benutzt, um ein Grundtiefenvorschubsignal auf einer Leitung 131 während Schruppschnitten zu erzeugen, und das Voreinstellpotentiometer 128 und der Kontakt 132 werden benutzt, um ein Grundtiefenvorschubsignal auf einer Leitung 131 während Schlichtschnitten zu erzeugen.

Das ausgewählte Grundtiefengeschwindigkeitssignal kann entweder selbst benutzt werden, um den Tiefenvorschubmotor zu steuern, in welchem Fall der Vorschub mit einer konstanten Geschwindigkeit ungeachtet der Position des Schneidwerkzeuges weitergeht, oder es kann in Verbindung mit einem Untersystem benutzt werden, das zu ihm ein Inkrement addiert, welches sich im Wert mit der Entfernung des Schneidwerkzeuges von einer vorbestimmten Endposition ändert und im Wert abnimmt, wenn sich das Schneidwerkzeug zu der Endposition bewegt. Das Untersystem, das für eine veränderliche Vergrößerung des Grundtiefenvorschubsignals sorgt, kann durch einen Selektorschalter 134 zu- und weggeschaltet werden. Wenn der Schalter 134 offen ist, geht das Grundtiefenvorschubsignal selbst über die Summierschaltung 136, und wenn der Schalter geschlossen ist, wird das Inkrementssignal, welches von dem Untersystem erzeugt wird, durch die Summierschaltung zu dem Grundsignal addiert. In jedem Fall wird das Ausgangssignal der Summierschaltung 136 einer Subtrahierschaltung 138 zugeführt, in welcher es um das Signal E_L aus der Multiplizierschaltung 71 der Schnittkraftbegrenzungsschaltung verringert wird, wenn dieses Signal vorhanden ist. Das Signal E_L ergibt sich, wenn der Belastungsdruck den maximalen Grenzwert überschreitet, den der Grenzwertselektor 66 und die Multiplizierschaltung 71 vorgeben, und deshalb wird in der Subtrahierschaltung 138 das Signal E_L von dem Tiefenvorschubsignal subtrahiert, das die Summierschaltung 136 liefert, um die Tiefenvorschubgeschwindigkeit und dadurch die Grösse des durch das Werkzeug abgenommenen Spans und entsprechend den Belastungsdruck zu verringern, um letzteren unter den vorgewählten Grenzwert zurückzubringen.

Das Ausgangssignal der Subtrahierschaltung 138 wird seinerseits an eine Tiefenvorschubpotentiometer-Antriebssteuerschaltung 140 angelegt, die einen Motor 142 steuert, welchem ein Tachometer 144 zur Geschwindigkeitsrückführung zu der Steuerschaltung 140 zugeordnet ist.

Der Motor 142 treibt die Schleifer von Positionsrückführungspotentiometern 168 und 169 an. Das Ausgangssignal des Potentiometers 169 wird als Sollwertsignal an eine Tiefenvorschub-Regelschaltung 214 angelegt, die einen Tiefenvorschubmotor 216 betätigt, welchem ein Tachometer 218

zur Geschwindigkeitsrückführung und eine Positionsrückführungsschaltung 220 zugeordnet sind.

Der Betrieb des Motors 142 ändert die Schleiferposition des Potentiometers 169, das ein Fehlersignal (Befehlssignal) an die Regelschaltung 214 abgibt und eine entsprechende Drehung des Motors 216 hervorruft, welche die Tiefenvorschubbewegung erzeugt. Diese sich ergebende Tiefenvorschubbewegung ändert das Ausgangssignal der Positionsrückführungsschaltung 220 auf einen Wert, der ausreicht, um in der bei einem Nachlaufregelkreis üblichen Weise das Fehlersignal aus dem Potentiometer 169 zu Null zu machen.

Das Untersystem zur unveränderlichen Tiefenvorschub-erhöhung enthält eine Anzahl von Potentiometern 146, 148, 150 und 152, die eine Endposition festlegen. Das Ausgangssignal jedes Potentiometers kann ausgewählt und an den Punkt 154 angelegt werden, indem eine Anzahl von Selektorschaltern 156 bis 166 in richtiger Kombination geöffnet und geschlossen wird. Insbesondere kann das Potentiometer 152 so eingestellt werden, dass es die Position des Schneidwerkzeuges beim Start eines Schneidvorganges definiert. Das Potentiometer 150 kann so eingestellt werden, dass es die Position des Schneidwerkzeuges am Ende des ersten Schnittes definiert. Das Potentiometer 148 kann so eingestellt werden, dass es die Position des Schneidwerkzeuges am Ende des zweiten Schnittes definiert, und das Potentiometer 146 kann so eingestellt werden, dass es die Position des Schneidwerkzeuges am Ende des letzten Schnittes definiert. Der Schleifer eines Positionsrückführungspotentiometers 168 wird durch den Tiefenvorschubpotentiometer-Antriebsmotor 142 gleichzeitig mit dem Schleifer des Positionseingabepotentiometers 169 bewegt, so dass das Spannungssignal, das durch den Schleifer des Potentiometers 168 abgenommen wird, die Ist- oder Augenblicksschneidwerkzeugposition definiert. Sämtliche Potentiometer 146 bis 152 und 168 werden durch das Grundtiefenvorschubsignal von der Leitung 131 mit Strom versorgt, mit dem Ergebnis, dass das Inkrementssignal, welches durch das Erhöhungssystem erzeugt wird, in Übereinstimmung mit dem Wert des Grundtiefenvorschubsignals vergrößert oder verkleinert wird. Das heisst, wenn das Grundtiefenvorschubsignal geändert wird, beispielsweise durch Umschalten von dem Schruppschwindigkeitspotentiometer 126 auf das Schlichtgeschwindigkeitspotentiometer 128 oder durch Vergrössern der Hubgeschwindigkeit, wird das Erhöhungssignal entsprechend vergrößert.

Das ausgewählte Endpositionssignal, das an dem Punkt 154 erscheint, wird einer Subtrahierschaltung 170 über ein Potentiometer 173 zugeführt, die es mit dem Istschneidwerkzeugpositionssignal auf der Leitung 172 vergleicht. Das Ausgangssignal der Subtrahierschaltung 170 ist ein Erhöhungssignal, das auf einer Leitung 174 erscheint und sich in seinem Wert in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der Istschneidwerkzeugposition und der Sollendposition und in Abhängigkeit von der Einstellung des Potentiometers 173 ändert. Die Gesamtauswirkung besteht darin, dass das Erhöhungssignal relativ gross sein wird, wenn das Schneidwerkzeug eine gewisse Strecke von einem ausgewählten Endpunkt entfernt ist, und im Wert abnimmt, wenn sich das Schneidwerkzeug diesem Endpunkt nähert, wobei das Signal Null wird, wenn der ausgewählte Endpunkt erreicht ist. Die Steigung der Kennlinie, die den Wert des Erhöhungssignals in Abhängigkeit von der Entfernung des Schneidwerkzeuges von einem ausgewählten Endpunkt angibt, wird durch das Potentiometer 173 verändert. Demgemäss wird dem Schneidwerkzeug bei Beginn eines Schnittes ein relativ hohes Tiefenvorschubgeschwindigkeitssignal zugeführt, und die Tiefenvorschubgeschwindigkeit nimmt ab, wenn das Schneidwerkzeug die Endposition erreicht, wobei die Vorschubgeschwindigkeit in der Endposition eine Grundvor-

schubgeschwindigkeit, d. h. eine nichterhöhte Vorschubgeschwindigkeit ist, die durch das Grundvorschubgeschwindigkeitssignal auf der Leitung 131 diktiert wird.

Das Istschneidwerkzeugpositionssignal von der Leitung 172 und die ausgewählte Endposition von dem Punkt 154 werden ausserdem einem Vergleichsrelais 176 zugeführt, der einen Tiefenvorschub beendendes Signal abgibt, wenn die beiden Signale den Gleichheitszustand erreichen, wobei das Ausgangssignal des Vergleichers 176 einem Tiefenvorschubbeendungsrelais 178 zugeführt wird, welches für diesen Zweck Kontakte 179 betätigt. Der Tiefenvorschub des Schneidwerkzeuges wird daher automatisch gestoppt, wenn die ausgewählte Endposition erreicht ist. Nach Beendigung eines Schneidzyklus werden die Schleifer der Potentiometer 168 und 169 in eine Startposition, die durch das Ausgangssignal des Potentiometers 152 festgelegt ist, mit einer Geschwindigkeit zurückgeführt, die durch die Eingangsspannung gesteuert wird, welche an dem Rückstelleingang 222 des Potentiometerantriebs 140 anliegt.

Spindelhubpositions- und Spindelanhebesteuering

Die bewusste Maschine hat ein Gehäuse, welches die Spindel 5 trägt. Ein an dem Gehäuse befestigter Indexpunkt kann als ein Gehäusebezugspunkt genommen werden. Ein weiterer Indexpunkt, der an der Spindel befestigt ist, kann als ein Spindelbezugspunkt genommen werden. Wenn die Spindel hin und her geht, überstreicht der Spindelindexpunkt eine durchschnittliche oder mittlere Position (kurz «Spindelindex-Mittelposition» genannt), die um eine bestimmte Steckhöhe (kurz «Ablage» genannt) gegenüber dem Gehäuseindexpunkt verschoben ist. Für Hublängen, die kleiner als das verfügbare Maximum sind, kann die Hubbewegung der Spindel verändert werden, um die Spindelindex-Mittelposition in bezug auf den Gehäuseindexpunkt zu verändern.

Die Verstellung der Spindelindex-Mittelposition in bezug auf den Gehäuseindexpunkt kann aus zwei Gründen erfolgen, erstens, um die Hubbewegung des Werkzeuges in die richtige Position in bezug auf ein Werkstück während einer Schneidposition zu bringen, und zweitens, um das Schneidwerkzeug anzuheben, damit es über Werkstückhindernisse hinweggeht, wenn es von einer Schneidstation zu einer anderen bewegt wird.

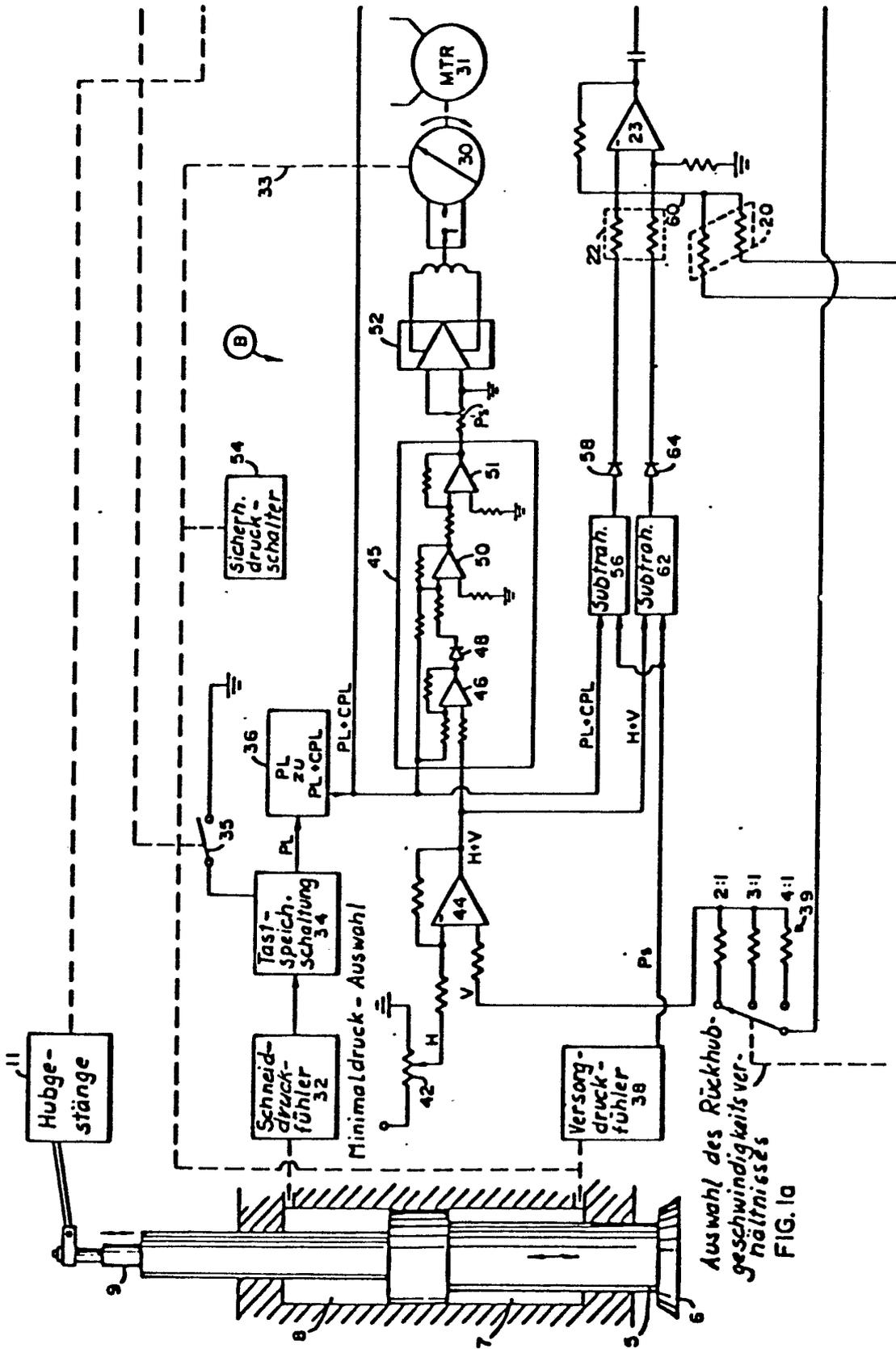
Das System, das diese Verstellung vornimmt, ist in Fig. 1 in seiner Gesamtheit mit E bezeichnet. Insbesondere erfolgt die Verstellung der Ablage der Mittelposition des Spindelindexpunktes von dem Gehäuseindexpunkt (kurz «Spindelindexablage» genannt) durch einen Synchron-Drehsteller 180, der ein zugeordnetes Teil des Hubgestänges 11 verstellt. Der Drehsteller arbeitet in Verbindung mit einer zugeordneten Klemmbacke, die durch einen Elektromagneten 182 betätigt wird, wobei die Klemmbacke gelöst ist, wenn der Drehsteller betätigt ist, und in ihren Klemmzustand zurückgebracht wird, wenn der Drehsteller entregt wird, um das verstellbare Teil des Hubgestänges 11 in seiner neuen Position festzuhalten. Ein Positionsrückführungspotentiometer 184 wird durch den Drehsteller angetrieben und liefert ein Spannungssignal auf einer Leitung 186, welches die Istposition in bezug auf den Gehäuseindexpunkt der Spindelindexpunkt-Mittelposition darstellt.

Das System enthält ausserdem eine erste Einrichtung zum Einstellen der Spindelindexablage während eines Schneidvorganges, und eine weitere Einrichtung zum Einstellen der Anhebeposition, in welche die mittlere Indexpunktposition bei Betätigung eines Anhebeschaltes 188 bewegt wird. Diese Einrichtungen enthalten ein Spindelindexablage-Potentiometer 190, das mit einem Anhebepositionspotentiometer 192 mechanisch gekuppelt ist. Beide Potentiometer werden durch die Ausgangssignale aus den mechanisch gekuppelten Potentiometern 13 und 15 mit Strom versorgt, wobei diese Ausgangssignale sich entsprechend der ausgewählten Länge des Schneidwerkzeughubes ändern.

Das heisst, für einen langen ausgewählten Hub steht wenig oder gar keine Hublänge für Einstellzwecke zur Verfügung, und es wird demgemäss ein kleines oder gar kein Signal an die Potentiometer 190 und 192 angelegt, wohingegen andererseits, wenn eine kurze Hublänge gewählt wird, mehr Potential für die Einstellung verfügbar ist und demgemäss ein grösseres Signal an die Potentiometer 190 und 192 angelegt wird.

Die Schleifer der beiden Potentiometer 190 und 192 sind für Gleichlauf und ausserdem gemäss Fig. 1 derart mechanisch gekuppelt, dass, wenn ein Schleifer abwärts bewegt wird, der andere aufwärts bewegt wird. Wenn das Spindelindexablage-Potentiometer 190 so eingestellt wird, dass sich der Schneidhub in einer hohen oder oberen Position ergibt, in welchem Fall wenig oder kein Bereich für eine weitere Anhebung übrig bleibt, wird daher das Anhebepositionspotentiometer 192 so eingestellt, dass sich an seinem Schleifer ein Signal ergibt, das sehr klein oder Null ist. Andererseits, wenn das Spindelindexablage-Potentiometer 190 so eingestellt ist, dass sich eine niedrige Schneidwerkzeugposition ergibt, sind mehr Möglichkeiten für das Anheben des Schneidwerkzeuges vorhanden, und der Schleifer des Anhebepositionspotentiometers 192 wird so eingestellt, dass ein höheres Spannungssignal abgegriffen wird. Der Schleifer des Potentiometers 192 versorgt ein weiteres Potentiometer 194, das manuell einstellbar ist, um ein Signal zu erzeugen, das den von dem potentiell verfügbaren Anhebeausmass gewünschten Anhebegrad angibt.

Wenn der Anhebeschalter 188 offen ist, geht das Ausgangssignal des Spindelindexablage-Potentiometers 190 über die Summierschaltung 198 und wird in derselben von dem Ausgangssignal des Positionsrückführungspotentiometers 184 subtrahiert. Wenn die beiden Signale nicht übereinstimmen, wird das Ausgangssignal der Schaltung 198 entweder negativ oder positiv sein und in Abhängigkeit von seiner Polarität das Relais 202 über den Inverter 201 erregen, damit entweder das Relais 204 zum Anheben der Spindel oder das Relais 206 zum Absenken der Spindel erregt wird, bis die Istposition die Sollposition erreicht. Wenn der Anhebeschalter 188 geschlossen ist, wird ein zusätzliches Signal, das durch die Einstellungen der Potentiometer 192 und 194 vorgegeben ist, zu dem Spindelindexablage-Signal in der Addierschaltung 196 addiert, um die Spindelposition in dem durch das Anhebesignal verlangten Ausmass nach oben zu verstellen. Wenn der Anhebeschalter freigegeben wird, verschwindet das Anhebesignal, und die Spindel wird in die durch das Spindelindexablage-Potentiometer verlangte Position zurückbewegt.



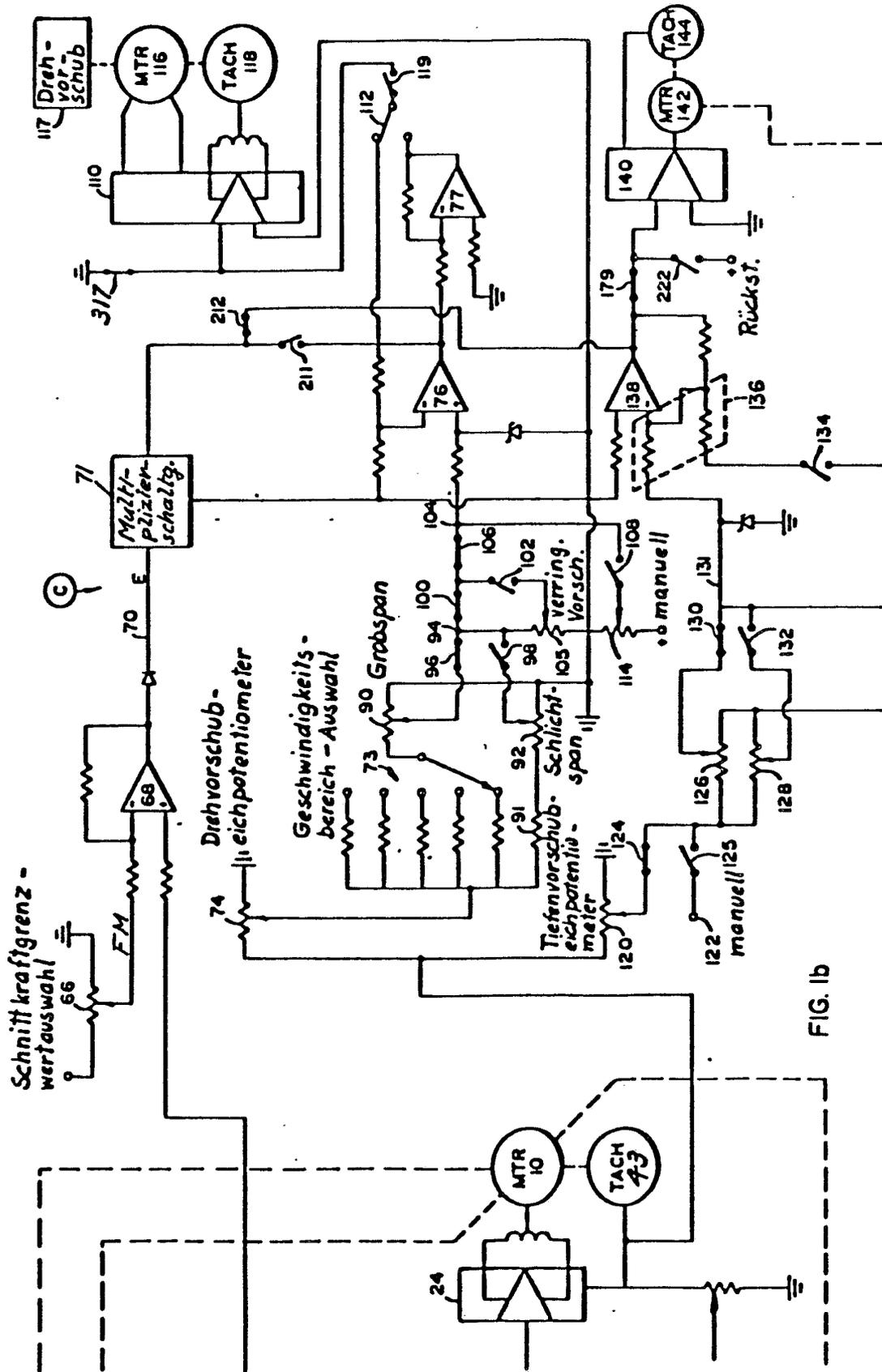


FIG. 1b

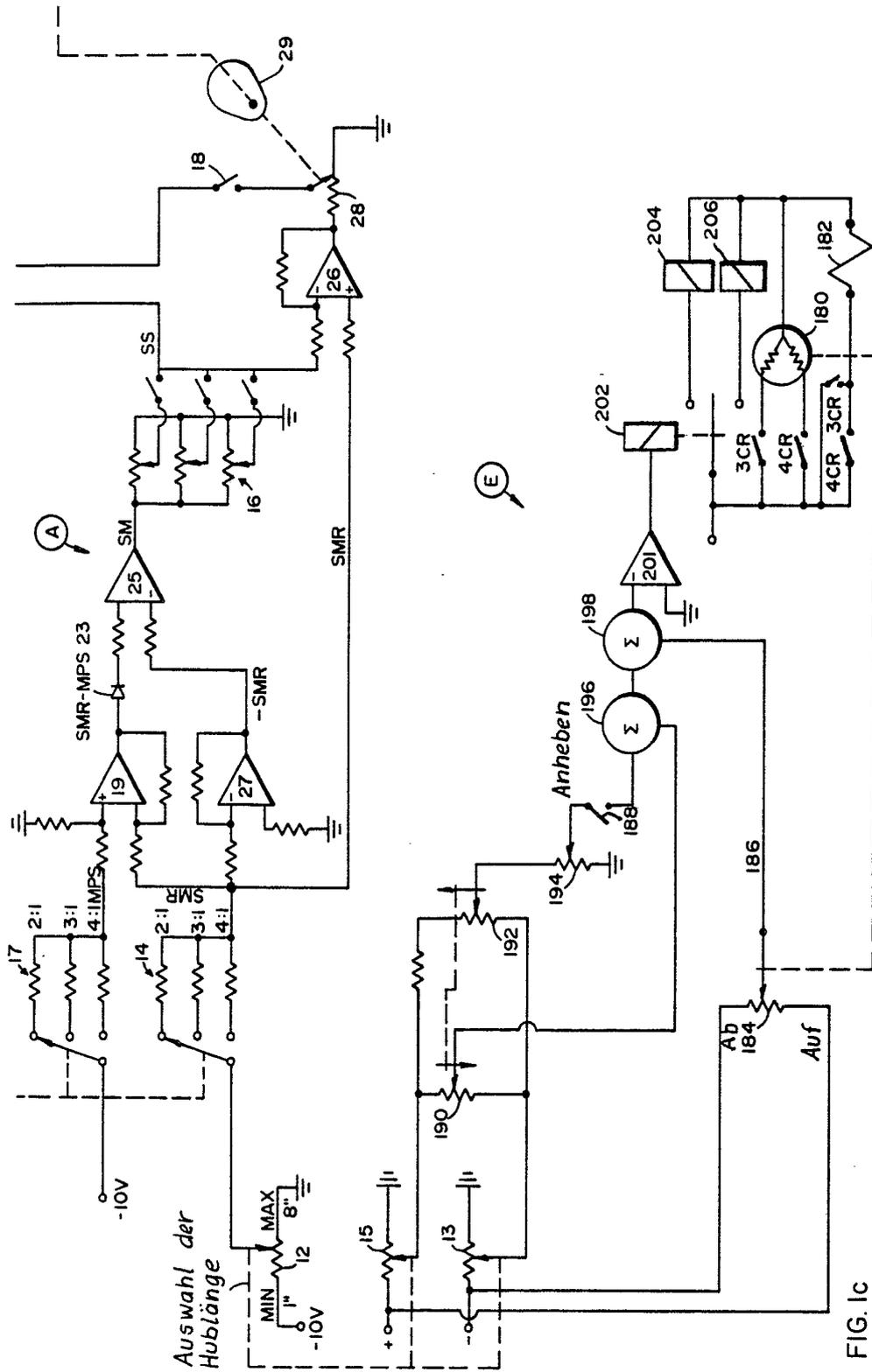


FIG. 1c

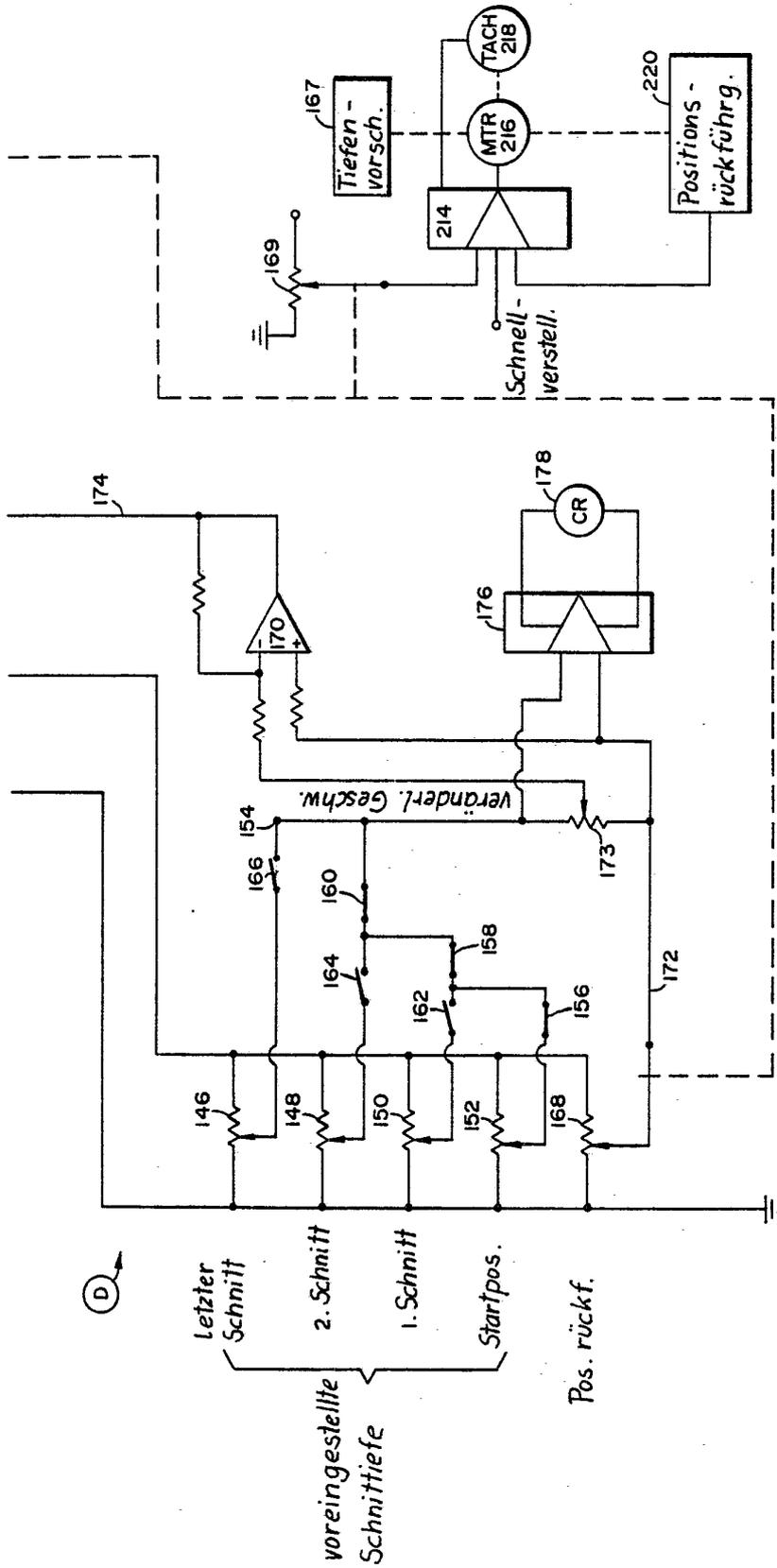


FIG. 1a	FIG. 1b
FIG. 1c	FIG. 1d

FIG. 2

FIG. 1d