

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑰ Anmeldenummer: 84102925.9

⑤① Int. Cl.⁴: **H 05 B 6/06, H 05 B 6/08**

⑱ Anmeldetag: 16.03.84

⑳ Priorität: 26.11.83 DE 3342889

⑦① Anmelder: **AEG - Elotherm GmbH, Hammesberger Strasse 31, D-5630 Remscheid-Hasten (DE)**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 05.06.85
Patentblatt 85/23

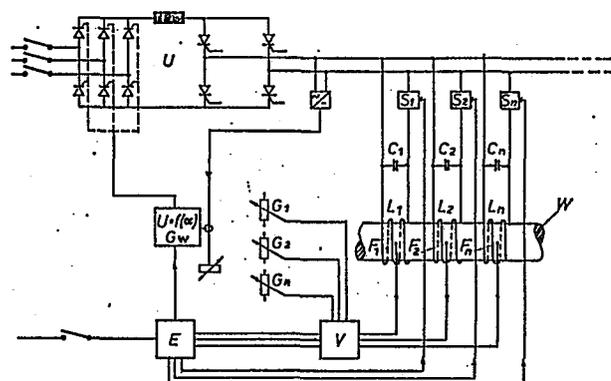
⑦② Erfinder: **Matthes, Hans, Lukasstrasse 7, D-5632 Wermelskirchen (DE)**

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH DE FR GB IT LI SE**

⑦④ Vertreter: **Patentanwaltsbüro Cohausz & Florack, Postfach 14 01 47, D-4000 Düsseldorf 1 (DE)**

⑤④ **Einrichtung und Verfahren zur induktiven Erwärmung von Werkstücken, insbesondere Rohren oder Stangen, mit mehreren Induktoren.**

⑤⑦ Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung und ein Verfahren zum induktiven Erwärmen von Werkstücken mittels eines Parallel-Schwingkreis-Umrichters mit mehreren parallelgeschalteten, die Induktoren umfassenden Schwingkreisen, deren Stromversorgung in Abhängigkeit von der Soll-Wertabweichung der Werkstücktemperatur einzeln oder gruppenweise ein- und ausschaltbar ist. Um eine unsymmetrische Belastung des den Umrichter speisenden Mehrphasennetzes zu verhindern und um das in die Erwärmungsstrecke eingebrachte, eine zunächst gleichmäßige Temperatur aufweisende Werkstück auf eine vorgegebene Temperaturkurve über die Erwärmungsstrecke zu bringen, erfolgt das Zu- und Ausschalten unter Berücksichtigung der die Parallelschwingkreise speisende Wechselspannung, bzw. der erwarteten verminderten Leistungsaufnahme derart, daß den Schwingkreisen mit der größten Temperaturabweichung mehr Energie als den Schwingkreisen mit kleinerer Temperaturabweichung zugeführt wird, wobei die Summe der den Schwingkreisen zugeführten Energie möglichst auf Nennleistung des Umrichters gehalten wird.



COHAUSZ & FLORACK

PATENTANWALTSBÜRO

SCHUMANNSTR. 97 D-4000 DÜSSELDORF 1

Telefon: (02 11) 68 33 46

Telex: 0858 6513 cop d

PATENTANWÄLTE:

Dipl.-Ing. W. COHAUSZ · Dipl.-Ing. R. KNAUF · Dipl.-Ing. H. B. COHAUSZ · Dipl.-Ing. D. H. WERNER

Anm.: AEG-Elotherm GmbH, Hammesberger Str. 31
5630 Remscheid 1 - Hasten

1

Einrichtung und Verfahren zur induktiven
Erwärmung von Werkstücken, insbesondere
Rohren oder Stangen, mit mehreren Induktoren

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zur induktiven
Erwärmung von Werkstücken, insbesondere Rohren oder Stangen, mit
10 mehreren Induktoren, die mit Kondensatoren mehrere von einer gemeinsamen
Wechselstromquelle gespeiste Einzelschwingkreise bilden, deren Strom-
versorgung mittels einer Reeleinrichtung in Abhängigkeit von einer
Sollwertabweichung der Werkstücktemperatur einzeln und/oder gruppen-
weise ein- oder ausschaltbar sind, wobei die Regeleinrichtung das
15 Einschalten der Stromversorgung eines oder mehrerer Einzelschwing-
kreise nur dann vornimmt, wenn die Spannung der Wechselstromquelle
zumindest für den Schalt Augenblick verschwindet.

Bei einer bekannten Einrichtung dieser Art (DE-OS 2 914 277) wird
20 die Wechselstromquelle von einem Dreiphasennetz gebildet, an dessen
Phasen die Induktoren getrennt voneinander angeschlossen sind. Zur
Begrenzung des Ein- und Ausschaltstromes erfolgt das Ein- und Aus-
schalten der einzelnen Induktoren vorzugsweise im Augenblick des
Null-Durchganges der Spannung der entsprechenden Phase. Da ent-
25 sprechend der Erwärmung des Werkstückes einzelne Induktoren ausge-
schaltet werden können, ergibt sich für das Dreiphasennetz eine un-
symmetrische Belastung.

Eine solche unsymmetrische Belastung tritt jedoch dann nicht auf,
30 wenn, wie aus der Praxis bekannt, jedem Induktor ein eigener Gene-
rator zugeordnet ist. Eine solche Einrichtung bietet darüber hinaus
die Möglichkeit, die Leistungszufuhr nicht nur durch Abschalten der

1 Induktoren, sondern auch über den Generator zu regeln.
Bei einer solchen Einrichtung wird jedoch der höhere Ein-
richtungsaufwand in Kauf genommen.

5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrich-
tung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei der
bei guter Regelbarkeit der Leistungszufuhr zu den In-
duktoren schädliche Auswirkungen durch das Ein- und Aus-
schalten der Induktoren nicht auftreten.

10 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß
die Wechselstromquelle ein gesteuerter Parallel-Schwing-
kreis-Umrichter ist, dessen Gleichrichterventile dann
von der eine Vorrichtung zur Einstellung des Steuerwin-
15 kels der Gleichrichterventile enthaltenden Regeleinrich-
tung in den Sperrzustand steuerbar sind, wenn ein Ein-
zelschwingkreis zugeschaltet oder der letzte in Betrieb
befindliche Einzelschwingkreis abgeschaltet werden soll,
hingegen dann lediglich auf verminderte Ausgangsspannung
20 der Wechselstromquelle steuerbar sind, wenn einer der
eingeschalteten Einzelschwingkreise abgeschaltet werden
soll, wobei die verminderte Ausgangsspannung annähernd
der nach Abschalten des Einzelschwingkreises zu erwar-
tenden verminderten Leistungsabgabe der Wechselstrom-
25 quelle entspricht.

Der Einsatz eines Parallel-Schwingkreis-Umrichters ge-
währleistet neben einer komfortablen Regelung der Lei-
stungszufuhr auch, daß bei einem speisenden Dreiphasen-
30 netz das Netz nicht unsymmetrisch belastet wird. Durch
die erfindungsgemäßen Maßnahmen wird auch verhindert,
daß sich das Ein- und Ausschalten der einzelnen Induk-
toren schädlich auf den Parallel-Schwingkreis-Umrichter,
z.B. in Form von Überspannungen oder durch Kippung aus-
35 wirkt.

1 Beim Erwärmen von Werkstücken wird angestrebt, das über die Er-
wärmungsstrecke zu transportierende Werkstück mit einem bestimmten
Temperaturgradienten zu fahren, so daß das am Ausgang der Erwärmungs-
strecke ankommende Werkstück gerade die für die nachfolgende Verarbeitung
5 optimale Temperatur hat. Durch das Ein- und Ausschalten der einzelnen
Schwingkreise läßt sich im quasi-stationären Zustand mit der Ein-
richtung des Hauptpatentes der gewünschte Temperaturgradient erreichen.
Der Einsatz des Parallelschwingkreisumrichters gewährleistet neben einer
komfortablen Regelung der Leistungszufuhr auch, daß bei einem speisen-
den Dreiphasennetz das Netz nicht unsymmetrisch belastet wird. Außerdem
10 wird verhindert, daß sich das Ein- und Ausschalten der einzelnen In-
duktoren schädlich auf den Parallelschwingkreisumrichter, zum Beispiel
in Form von Überspannungen oder Kippungen auswirkt.

15 Solange die Erwärmung im quasi-stationären Zustand erfolgt, d.h. nach
Erreichen des vorgegebenen Temperaturgradienten, bleiben die Impedanzen
der den einzelnen Abschnitten der Erwärmungsstücke zugeordneten
Schwingkreise konstant. Wenn jedoch ein Werkstück mit über seine Länge
zunächst gleichmäßiger Temperatur unterschiedlich stark in den einzelnen
20 Abschnitten erwärmt werden soll, um den gewünschten Temperaturgradienten
zu erreichen, dann ändern sich während der Erwärmung die Impedanzen der
einzelnen Schwingkreise. Das führt dazu, daß bei unveränderter Aus-
gangsspannung des Umrichters dieser wegen zu hoher Stromaufnahme der
Schweingkreise überlastet wird.

25 Der Erfindung liegt die weitere Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum
induktiven Erwärmen von Werkstücken zu schaffen, das die Aufheizung
eines Werkstückes in kürzester Zeit und bei minimalem Ausschluß er-
möglichst.

30 Diese Aufgabe wird unter Verwendung der erfindungsgemäßen Einrichtung
dadurch gelöst, daß die Energiezufuhr zu den den einzelnen Abschnitten
der Erwärmungsstrecke zugeordneten Schwingkreisen in Abhängigkeit von
der Größe der Temperaturabweichung von einer vorgegebenen Temperatur-
35 kurve über die Erwärmungsstrecke derart erfolgt, daß durch Steuerung

1 der Einschaltdauer, des Einschaltzeitpunktes und der Einschalt-
folge des bzw. der Schwingkreise dem bzw. den Schwingkreisen mit
der größten Sollwertabweichung mehr Energie zugeführt wird als
dem bzw. den Schwingkreisen mit kleinerer Sollwertabweichung,
5 wobei die Summe der den Schwingkreisen zugeführten Energie mög-
lichst auf Nennleistung des Umrichters gehalten wird.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, den Umrichter
während der gesamten Aufheizphase praktisch mit Nennleistung zu
10 betreiben, denn durch die verschiedenen Möglichkeiten der Steue-
rung der Energiezufuhr zu den einzelnen Schwingkreisen läßt sich
aus den Einzelimpedanzen der Schwingkreise immer eine Gesamt-
impedanz zusammenstellen, die einen Betrieb des Umrichters mit
voller Ausgangsspannung ermöglicht, so daß Schwingungsrückwir-
15 kungen auf das Netz minimal sind und sich ein maximaler Netz-cos- φ
ergibt. Da es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich ist, das
Werkstück im stationären Zustand entsprechend der vorgegebenen
Temperaturkurve aufzuheizen, fällt praktisch kein Ausschuß mehr an.
Ferner ist es mit dem Verfahren möglich, bei Betriebsunterbrechung
20 das nicht weitertransportierte Werkstück mit dem vorgegebenen
Temperaturgradienten über die Erwärmungsstrecke warmzuhalten. Um
am Ende der Aufheizphase des Werkstücks zu einem schleifenden
Temperaturübergang in den einzelnen Abschnitten des Werkstückes
zu kommen, beginnt der Transport des Werkstückes bei einer vorge-
25 gebenen Temperatur.

Sollte es bei einer vorgegebenen Anzahl von Schwingkreisen nicht
möglich sein, aus den Schwingkreisen eine Gesamtimpedanz zusammen-
zustellen, bei der der Umrichter mit voller Ausgangsspannung be-
30 trieben werden kann, ohne daß es zu einer Überlastung des Um-
richters kommt, dann sieht eine Ausgestaltung der Erfindung vor,
auch die Ausgangsspannung des Umrichters derart zu steuern, daß der
Nennstrom des Umrichters nicht überschritten wird.

1 Im folgenden wird die Erfindung anhand einer ein Ausführungs-
beispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert.
Im einzelnen zeigen

5 Fig. 1 eine Einrichtung zum induktiven Erwärmen
von Werkstücken, und

Fig. 2 ein Diagramm mit dem Temperaturgradienten,
aufgetragen über die Erwärmungsstrecke.

10

Bei der in Fig. 1 dargestellten Einrichtung speist ein drehstrom-
gespeister Umrichter U für eine Mittelfrequenzspannung mehrere
parallelgeschaltete Schwingkreise, die jeweils aus einer Parallel-
schaltung eines Kondensators C_1, C_2, C_n und eines Induktors
15 L_1, L_2, L_n bestehen. In der Stromversorgungsleitung eines jeden
Schwingkreises $C_1, L_1, C_2, L_2, C_n, L_n$ ist ein elektronischer
Schalter S_1, S_2, S_n angeordnet. Die Induktoren L_1, L_2, L_n sind
als Ringspulen ausgebildet und umschließen ein zu erwärmendes,
stabförmiges Werkstück W.

20

Jedem Induktor L_1, L_2, L_n ist ein Temperaturfühler F_1, F_2, F_n für
die Werkstücktemperatur im Bereich des Jeweiligen Induktors zuge-
ordnet. Die Temperaturfühler F_1, F_2, F_n liefern die Isttemperatur an
eine Vergleichsstufe V, der auch die Sollwerte von Einstellglied-
25 dern F_1, G_2, G_n zugeführt werden. Bei einer Soll-Istabweichung
liefert die Vergleichsstufe V ein Stellsignal an ein Entschei-
dungsglied E, das eine Einrichtung GW zur Einstellung des Gleich-
richter-Steuerwinkels ansteuert. Der Einrichtung GW wird zur Kon-
trolle die Mittelfrequenzspannung des Umrichters U zugeführt.

30

Die beschriebene Einrichtung arbeitet auf folgende Weise:

35

Nach Schließen der Schalter S_1, S_2, S_n wird der Umrichter U ein-
geschaltet, so daß die Erwärmung des Werkstücks W beginnt. Sobald
die von einem Temperaturfühler F_1 festgestellte Temperatur mit

1 der am Einstellglied G_1 eingestellten Solltemperatur überein-
stimmt, gibt die Vergleichsstufe V ein Stellsignal an das Ent-
scheidungsmitglied E ab, das feststellt, ob nach Abschaltung des
Induktors L_1 mindestens noch ein Induktor L_2, L_n eingeschaltet ist.
5 Sofern das der Fall ist, gibt das Entscheidungsmitglied E an die Ein-
richtung GW zur Einstellung des Gleichrichter-Steuerwinkels ein
Stellsignal zur Verminderung der Mittelfrequenzspannung des Um-
richters U, die der erwarteten verminderten Leistungsaufnahme des
Induktors L_1 entspricht. Sobald die Mittelfrequenzspannung entsprechend
10 vermindert ist, gibt das Entscheidungsmitglied E ein Stellsignal an den
Schalter S_1 , der die Stromzufuhr zum Schwingkreis C_1, L_1 unterbricht.

Sollte dagegen das Entscheidungsmitglied E feststellen, daß nach
Unterbrechung der Stromzufuhr zum Schwingkreis L_1, C_1 kein weiterer
15 Schwingkreis mehr am Umrichter U angeschlossen ist, wird die Mittel-
frequenzspannung nicht weiter erniedrigt, sondern der Umrichter U
abgeschaltet. Die Abschaltung des Umrichters U ist auch jedesmal
erforderlich, wenn ein weiterer Schwingkreis zugeschaltet wird.

20 Die soweit beschriebene Einrichtung ist Gegenstand des Hauptpatentes.
Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Vergleichs-
stufe zu einer programmierten Steuer- und Regeleinrichtung ausge-
baut. In Abhängigkeit von dem Temperaturwert in den einzelnen Ab-
schnitten der Erwärmungsstrecke kann die Vergleichsstufe V die Im-
25 pedanz der zugehörigen Schwingkreise bestimmen und unter Berück-
sichtigung der Soll-Istwertabweichung der Temperatur die Energiezu-
fuhr zu den einzelnen Schwingkreisen derart steuern, daß der Um-
richter ohne Überlastung mit maximaler Ausgangsspannung betrieben
werden kann. Wird von einem in der Erwärmungsstrecke über seine
30 Länge gleichmäßig kalten Werkstück ausgegangen, dann sind die Aus-
gangsimpedanzen aller Schwingkreise gleich. Bei gleichzeitigem
Einschalten der drei Schwingkreise ist deshalb die Energiezufuhr zu
allen Schwingkreisen gleich. Da die Impedanz mit zunehmender Er-
wärmung des Werkstücks in den einzelnen abschnitten sinkt, ist es
35 zur Aufrechterhaltung einer im wesentlichen konstanten Gesamt-

1 impedanz erforderlich, den einen oder anderen Schwingkreis ab-
zuschalten, der weniger Energie für die Erreichung der Soll-
Temperatur benötigt als die anderen Schwingkreise, im vorliegenden
5 Fall also der dem Abschnitt I zugeordnete Schwingkreis. Die Ab-
schaltung dieses Schwingkreises erfolgt aber nicht erst dann, wenn
die Soll-Temperatur erreicht ist, sondern vorher, um durch Ein-
schalten dieses Schwingkreises auch beim weiteren Aufheizen noch die
Möglichkeit zu haben, über ihn die Gesamtimpedanz zu verändern.
10 Durch Verschachteln der Einschaltzeiten der einzelnen Schwingkreise,
deren Einschaltdauer und deren Einschaltfolge läßt sich erreichen,
daß in kürzester Zeit im stationären Zustand die im Ausführungs-
beispiel gezeichnete Soll-Temperaturkurve über die Erwärmungsstrecke
erhalten wird. Der Temperatenausgleich an den Grenzen der einzelnen
Abschnitte, aber auch innerhalb der einzelnen Abschnitte wird
15 dadurch begünstigt, daß nach Erreichen einer vorgegebenen Tempe-
ratur der Transport des Werkstückes beginnt. Das nach dem erfin-
dungsgemäßen Verfahren erwärmte Werkstück verläßt dann mit einem
minimalen Ausschuß mit optimaler Temperatur für die weitere Be-
arbeitung die Erwärmungsstrecke. Anschließend braucht dann nur
20 noch für den quasi-stationären Zustand der eingestellten Tempe-
raturkurve Energie den einzelnen Abschnitten zugeführt werden.

25

30

35

COHAUSZ & FLORACK

PATENTANWALTSBÜRO

SCHUMANNSTR. 97 D-4000 DÜSSELDORF 1

Telefon: (02 11) 68 33 46

Telex: 0858 6513 cop d

PATENTANWÄLTE:

Dipl.-Ing. W. COHAUSZ · Dipl.-Ing. R. KNAUF · Dipl.-Ing. H. B. COHAUSZ · Dipl.-Ing. D. H. WERNER

- 8 -

1

Ansprüche

5

1. Einrichtung zur induktiven Erwärmung von Werkstücken, insbesondere Rohren oder Stangen, mit mehreren Induktoren, die mit Kondensatoren mehrere von einer gemeinsamen Wechselstromquelle gespeiste Einzelschwingkreise bilden, deren Stromversorgung
- 10 mittels einer Regeleinrichtung in Abhängigkeit von einer Sollwertabweichung der Werkstücktemperatur einzeln und/oder gruppenweise ein- oder ausschaltbar ist, wobei die Regeleinrichtung das Einschalten der Stromversorgung eines oder mehrerer Einzelschwingkreise nur dann vornimmt, wenn die Spannung der Wechselstromquelle zumindest für den Schalt Augenblick verschwindet,
- 15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Wechselstromquelle ein gesteuerter Parallel-Schwingkreis-Umrichter (U) ist, dessen Gleichrichterventile dann von der eine Vorrichtung (GW) zur Einstellung des Steuerwinkels der Gleichrichterventile enthaltenden Regeleinrichtung (V,E,W) in den Sperrzustand steuerbar sind, wenn ein Einzelschwingkreis (L_1, C_1, \dots
- 20 L_n, C_n) zugeschaltet oder der letzte in Betrieb befindliche Einzelschwingkreis abgeschaltet werden soll, hingegen dann lediglich auf verminderte Ausgangsspannung der Wechselstromquelle steuerbar sind, wenn einer der eingeschalteten Einzelschwingkreise abgeschaltet werden soll, wobei die verminderte Ausgangsspannung annähernd der nach Abschalten des Einzelschwingkreises zu erwartenden verminderten Leistungsabgabe der Wechselstromquelle entspricht.
- 25
- 30

1 2. Verfahren zum induktiven Erwärmen von Werkstücken, die über
eine von mehreren Induktoren gebildete Erwärmungsstrecke trans-
portiert werden unter Verwendung einer Einrichtung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Energiezu-
5 fuhr zu den einzelnen Abschnitten der Erwärmungsstrecke zuge-
ordneten Schwingkreisen in Abhängigkeit von der Größe der Tempe-
raturabweichung von einer vorgegebenen Temperaturkurve über die
Erwärmungsstrecke derart erfolgt, daß durch Steuerung der Ein-
schaltdauer, des Einschaltzeitpunktes und der Einschaltfolge des
10 bzw. der Schwingkreise dem bzw. den Schwingkreisen mit der Größten
Sollwertabweichung mehr Energie zugeführt wird als dem bzw. den
Schwingkreisen mit kleinerer Sollwertabweichung, wobei die Summe
der den Schwingkreisen zugeführten Energie möglichst auf Nenn-
leistung des Umrichters gehalten wird.

15

3. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n -
n e t, daß bei Erreichen einer vorgegebenen Temperatur der
Transport des Werkstückes beginnt.

20

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t, daß die Ausgangsspannung des Umrichters der-
art gesteuert wird, daß sein Nennstrom nicht überschritten wird.

25

30

35

1/2

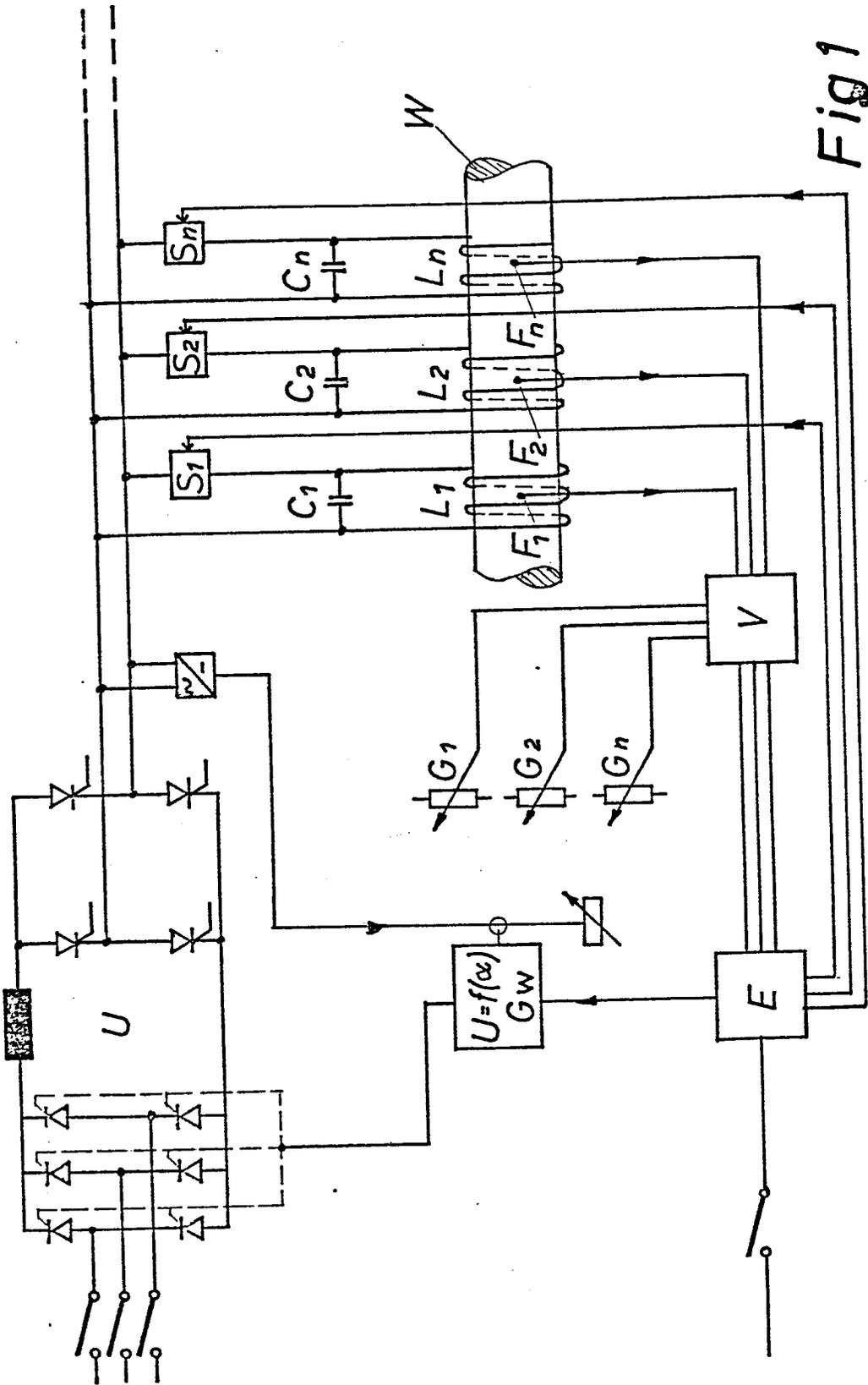


Fig 1

2/2

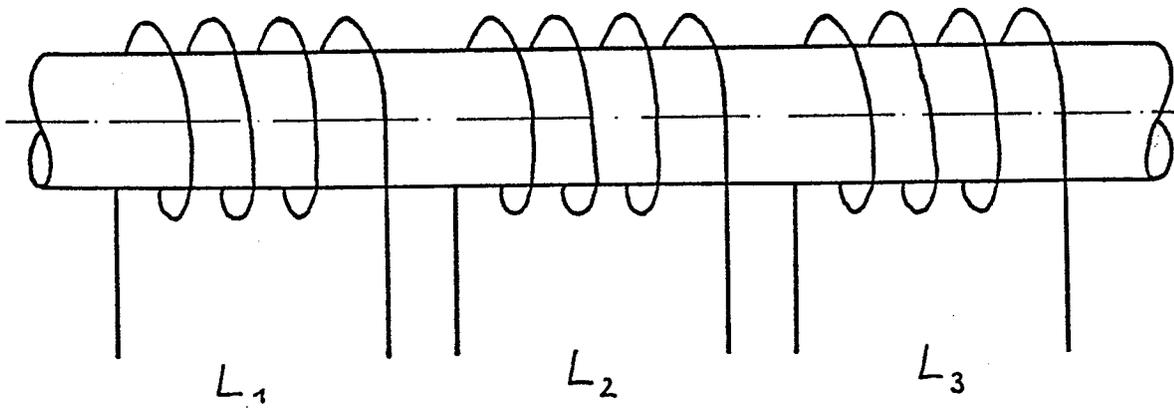
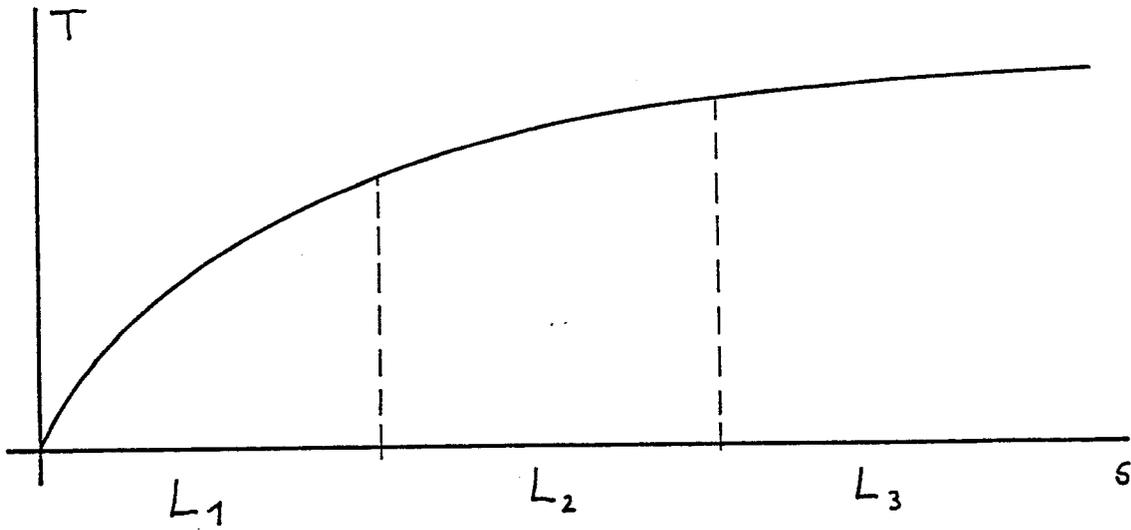


Fig. 2