


**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

## 12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 374/91

 73 Inhaber:  
 K.K. Holding AG, Winterthur

22 Anmeldungsdatum: 07.02.1991

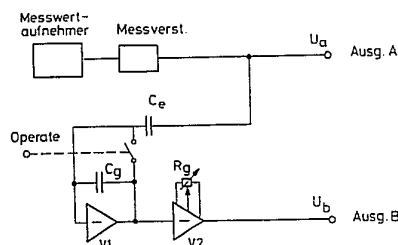
24 Patent erteilt: 14.05.1993

 45 Patentschrift  
 veröffentlicht: 14.05.1993

 72 Erfinder:  
 Giorgetta, Mario, Winterthur

## 54 Messanordnung zur gleichzeitigen Messung eines elektrischen Signals und eines überlagerten Teilsignals.

57 Die Erfindung betrifft eine Messanordnung zur gleichzeitigen Erfassung eines elektrischen Signals und eines überlagerten Teilsignals. Das Problem der genauen Analyse von Teilsignalen durch Vergrößerung und bessere Auflösung besteht bei dynamischen Kraft-, Druck-, Beschleunigungs- und Dehnungsmessvorgängen, insbesondere bei zyklischen Vorgängen wie beispielsweise dem Spritzgießen. Die Verstärkerschaltung umfasst im wesentlichen einen dem Aufnehmer folgenden ersten Messverstärker (Messverst.), und, in Serie dazu, einen zweiten Messverstärker bestehend aus einem Ladungsverstärker  $V_1$  und einem Spannungsverstärker  $V_2$ , mit kapazitiver Kopplung an den Ausgang des ersten Messverstärkers. Sowohl am Ausgang A (Ausg. A) des ersten Messverstärkers, wie am Ausgang B (Ausg. B) des zweiten Messverstärkers ( $V_1$ ,  $V_2$ ) können Messsignale abgenommen werden. Die Spannung  $U_a$  am Ausgang A ist repräsentativ für das Gesamtsignal, die Spannung  $U_b$  am Ausgang B für das verstärkte und besser aufgelöste Teilsignal. Der zweite Messverstärker kann dadurch aktiviert werden, dass ein vorher geschlossener die Gegenkopplungskapazität  $C_g$  überbrückender Schalter durch ein Steuersignal geöffnet wird (Übergang von der Reset- in die Operate-Position). Dieser Vorgang lässt sich während des ganzen Messvorganges beliebig wiederholen, so dass die Teilsignale mehrerer Zeitabschnitte vergrößert und besser aufgelöst werden können.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Messanordnung zur Erfassung von Kräften, Dehnungen, Drücken und Beschleunigungen, bestehend aus einem entsprechenden Aufnehmer und damit elektrisch verbundenen Messverstärkern.

Aus Literatur und Patentliteratur sind eine Menge von Verstärkerschaltungen bekannt, welche elektrische Messsignale verstärken, die einem Aufnehmer für mechanische Messgrößen wie Kräften, Dehnungen, Drücken und Beschleunigungen entstammen. Im allgemeinen erfolgt die elektrische Verstärkung durch einen dem Messzweck angepassten Messverstärker, dessen Verstärkungsgrad zwecks Einstellung der gewünschten Messempfindlichkeit reguliert werden kann. Erfolgt z.B. eine Kraftmessung durch einen piezoelektrischen Messwertaufnehmer, so wird das elektrische Ausgangssignal durch einen Ladungsverstärker aufgenommen, wie er beispielsweise im Buch «Piezoelektrische Messtechnik» von J. Tichy und G. Gautschi, erschienen im Springer-Verlag, auf den Seiten 218ff beschrieben wird. Das verstärkte elektrische Ausgangssignal, das beispielsweise proportional zu einer am Eingang des Aufnehmers auftretenden Kraft ist, kann dann auf einem Registriergerät als Messkurve dargestellt werden. Im zeitlichen Verlaufe dieser, einen Gesamtvorgang repräsentierenden Signalkurve, können unter Umständen überlagerte Teilsignale erkannt werden, deren Details wegen mangelnder Auflösung und Vergrößerung nicht genauer erfasst werden können.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Verstärkerschaltung zu schaffen, welche den genannten Nachteil behebt. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass dem Aufnehmer ein erster Messverstärker und ein zweiter Verstärker bestehend aus einem Ladungsverstärker  $V_1$  und einem Spannungsverstärker  $V_2$  in Serie, mit kapazitiver Kopplung ( $C_e$ ), nachgeschaltet sind, dass sowohl nach dem ersten wie nach dem zweiten Verstärker Signalausgänge (A, B) vorhanden sind, und dass der zweite Verstärker ( $V_1$ ,  $V_2$ ) zu frei wählbaren Zeitpunkten in Operationszustand gebracht und später auch wieder kurzgeschlossen werden kann, wodurch am ersten Signalausgang (A) das gesamte Messsignal (P) und am zweiten Signalausgang während der Operationsdauer interessierende Teilsignale ( $\Delta p$ ) in vergrößertem Massstab simultan (B) gemessen werden können. Die Wirkungsweise der Erfindung soll im folgenden anhand der Zeichnung und einem im einzelnen dargestellten Anwendungsfall beschrieben werden.

Es zeigen:

Fig. 1 die erfindungsgemässe Grundschialtung (Anspruch 1)

Fig. 2 eine modifizierte Grundschialtung, bei der der erste Verstärker aus einem Ladungsverstärker mit nachgeschaltetem Spannungsverstärker zur Einstellung der Ladungsverstärkerempfindlichkeit besteht

Fig. 3 ein Messsignal und ein verstärktes Teilsignal mit dem zugehörigen Steuersignal (Fig. 4)

Fig. 5 eine Anwendung der erfindungsgemässen Schaltung für die Druckmessung beim Spritzgiessen

Fig. 6 eine Darstellung des beim Spritzgiessen entstehenden Drucksignals mit verstärkten Teilsignalen sowie der zugehörigen Steuersignale

Fig. 1 stellt die erfindungsgemässe Grundschialtung dar. Von einem Messwertaufnehmer, beispielsweise zur Messung einer Kraft, einer Dehnung, eines Druckes, einer Beschleunigung, gehen elektrische Signale aus, die in einem Messverstärker verstärkt werden. Dieser Verstärker ist im allgemeinen einstellbar, so dass ein erwünschter Verstärkungsgrad erreicht und er damit auf eine bestimmte Messempfindlichkeit abgeglichen werden kann. Am Ausgang A tritt eine Spannung  $U_a$  auf, die einer bestimmten Eingangsgrösse (z.B. einem bestimmten Druck) zugeordnet werden kann. Bei einem technischen Vorgang mit zeitlich variabler Eingangsgrösse (z.B. zeitlich variablem Druck in der Kavität einer Spritzgiessform während des Spritzgiessvorganges) entstehen Signalkurven, wie beispielsweise in Fig. 6 als Grundkurve (Ausgang A) dargestellt. Diese Art der Messsignalverstärkung und -Darstellung ist konventionell. Der Messwertaufnehmer kann beispielsweise ein piezoelektrischer Druckaufnehmer sein, er kann aber auch auf der Basis von Dehnungsmessstreifen oder auf irgend einer andern Basis mit elektrischem Ausgang arbeiten. Der Erfindungsgedanke liegt darin, zusätzlich über einen Koppelkondensator  $C_e$  einen Ladungsverstärker  $V_1$  mit Gegenkopplungskapazität  $C_g$  und darauf folgendem Spannungsverstärker nachzuschalten. Wenn der die Gegenkopplungskapazität  $C_g$  überbrückende Schalter geschlossen ist («Reset»-Position), so ist am Ausgang B die Spannung  $U_b$  null. Wenn der genannte Schalter mittels eines «Operate»-Signals geöffnet wird ( $t_0$ ), beginnt sich die Kapazität  $C_g$  aufzuladen, und zwar mit der Ladungsänderung aus dem Koppelkondensator  $C_e$ , entstehend aus der Spannungsänderung am Ausgang A. Die wachsende Ladung (positiv oder negativ) und die damit wachsende Spannung am Ausgang von  $V_1$  wird durch den Spannungsverstärker  $V_2$  verstärkt und an den Ausgang B als Spannung  $U_b$  weitergegeben.

Wenn der Schalter durch ein Steuersignal wieder geschlossen wird (Übergang von der «Operate»- in die «Reset»-Position), so wird die Gegenkopplungskapazität  $C_g$  wieder kurzgeschlossen und die Spannung am Ausgang B,  $U_b$ , wieder null. Während der Öffnungsdauer des Schalters erhalten wir am Ausgang B somit ein von null ausgehendes verstärktes Messsignal (als Spannung) wie es z.B. in Fig. 6 (Kurven Ausgang B, Phänomen 1 und 2) dargestellt wird. Der Vergrößerungsfaktor für die Kurvendarstellung kann über den Verstärkungsfaktor des Verstärkers  $V_2$  durch geeignete Einstellung des Potentiometers  $R_g$  bzw. durch das Verhältnis der Kondensatoren  $C_e/C_g$  eingestellt werden.

Fig. 2 stellt eine Modifikation der in Fig. 1 darge-

stellten Grundschialtung dar, welche im Zusammenhang mit piezoelektrischen Aufnehmern verwendet wird. Die Piezoelemente geben bei mechanischer Belastung elektrische Ladungen ab. Es ist deshalb folgerichtig und auch konventionell, wenn der Messverstärker von Fig. 1 als Ladungsverstärker  $V_3$  mit Gegenkopplungskapazität  $C_g$ , gefolgt von einem über ein Potentiometer  $R_g$  regulierbaren Spannungsverstärker  $V_4$  (Abstimmung der Messempfindlichkeit), ausgebildet wird.

Fig. 3 stellt ein Messsignal (Ausgang A) und ein verstärktes Teilsignal (Ausgang B) dar. Beide Signale sind unter Verwendung der in Fig. 2 dargestellten Schaltung entstanden, das erste am Ausgang A und das zweite am Ausgang B, und stellen den Druck  $p$  (Ausgang A) und dessen Variation  $\Delta p$  als Funktion der Zeit  $t$  während der Nachdruckphase beim Spritzgiessen dar. Der Spritzgiessvorgang selber wird bei der Beschreibung der Figuren 5 und 6 eingehender dargestellt. Fig. 4 stellt die Steuersignale für das Öffnen des Schalters (Operate-Phase, Messbeginn) des Ladungsverstärkers  $V_1$  (Operate) dar. Vor Messbeginn ist der Schalter geschlossen (Reset-Phase).

Die Figuren 5 und 6 zeigen die Anwendung der erfindungsgemässen Schaltung auf die Druckmessung beim Spritzgiessen.

Fig. 5 stellt eine Spritzgiessmaschine während des Einspritzvorganges dar. 1 bedeutet das Maschinenbett, welches über die feste und bewegliche Anpressplatte 2, 3 die zweiteilige Giessform 6, 7 mit der Kavität 8 trägt. Die bewegliche Anpressplatte 3 erzeugt durch eine Hydraulik-Vorrichtung eine Presskraft, welche die Formteile 6 und 7 zusammenpresst und dadurch die Kavität 8 abschliesst. Die Holme 4 durchdringen sowohl die feste, als auch die bewegliche Anpressplatte 2 und 3 und werden durch Gewinde in der Endpartie des Maschinenbettes verankert. Gespannt werden sie durch Anziehen der Schraubenmüttern 5.

In den Einfülltrichter 10 wird Kunststoffgranulat eingefüllt, welches im Schneckenvorraum 11, aber auch noch in der Einspritzdüse 12 erhitzt und dadurch flüssig wird. Unter hohem Druck wird der flüssige Kunststoff durch die Düse 12 in die Kavität 8 eingespritzt, füllt diese auf, kühlt ab und erstarrt. Während diesem Spritzgiesszyklus interessiert der Druckverlauf in der Kavität 8, da Abweichungen vom normalen Druckverlauf Anlass zu Eingriffen in den Prozess geben können. Über den zeitlichen Druckverlauf (in Fig. 6 dargestellt) kann die Maschine gesteuert werden. Der Druck  $p$  wird über den Druckaufnehmer 9, der oft piezoelektrisch ist, gemessen und als elektrisches Signal über die Signalleitung 13 an das Registriergerät 14 weitergegeben.

Welche Signale dieses Gerät anzeigen kann, wird in Fig. 6 dargestellt. Die unterste Kurve, welche dem Ausgang A der beispielsweise in den Druckaufnehmer integrierten erfindungsgemässen Schaltung nach Fig. 1 oder 2 als Spannung  $V_a$  entnommen wird, stellt den zeitlichen Druckverlauf während einem Spritzgiesszyklus dar (Abszisse: Zeit  $t$  in msec, Ordinate: Druck  $p$  in % FS, Full Scale). Der ansteigen-

de Ast der Kurve entspricht der Füllphase, der mehr oder weniger horizontale Ast der Verdichtungsphase, und der absteigende Ast der Nachdruckphase (sehr grobe Einteilung). Sowohl während der Verdichtungsphase wie während der Nachdruckphase können Druckvariationen entdeckt werden (Phänomene 1 und 2), die von Interesse sein könnten, aber zu wenig genau analysiert werden können, weil die dazu notwendige Auflösung und Vergrößerung fehlen. Genau hier wird die Erfindung wirksam. Entnimmt man nämlich während den für die Phänomene 1 und 2 interessierenden Zeitabständen die Messsignale dem Ausgang B der bereits erwähnten erfindungsgemässen Schaltung, so entstehen die im oberen Teil der Fig. 6 dargestellten, detaillierten, d.h. besser aufgelösten und vergrösserten Signalkurven (Abszisse: Zeit  $t$  in msec, Ordinate: Druckvariationen  $\Delta p$  in % FS, Full Scale). Wie bereits früher beschrieben, wird der zum Ausgang B führende Ladungsverstärker  $V_1$  dadurch aktiviert, dass der zu  $C_g$  parallel liegende Schalter geöffnet wird (Übergang von der Reset- in die Operate-Position). Das dazu erforderliche Steuersignal ist unten an der Fig. 6 dargestellt.

Die erfindungsgemässe Verstärkerschaltung ist überall dort vorteilhaft einsetzbar, wo in einer Messkurve Variationen der Messsignale mit geringen Amplituden genauer analysiert werden müssen. Dies gilt natürlich nicht nur für den oben dargestellten Fall des Spritzgiessens, sondern für zahlreiche dynamische Druck-, Beschleunigungs- oder Dehnungs-Messvorgänge, insbesondere solche zyklischer Natur. Wichtig ist der Umstand, dass sowohl der Gesamtvorgang als auch wichtige Details in Vergrößerung simultan beobachtet und analysiert werden können.

## Patentansprüche

1. Messanordnung zur Erfassung von Kräften, Dehnungen, Drücken und Beschleunigungen, bestehend aus einem entsprechenden Aufnehmer und damit elektrisch verbundenen Messverstärkern, dadurch gekennzeichnet, dass dem Aufnehmer ein erster Messverstärker (Messverst.) und ein zweiter Messverstärker bestehend aus einem Ladungsverstärker  $V_1$  und einem Spannungsverstärker  $V_2$  in Serie, mit kapazitiver Kopplung ( $C_e$ ) nachgeschaltet sind, dass sowohl nach dem ersten, wie nach dem zweiten Messverstärker Signalausgänge (A, B) vorhanden sind, und dass der zweite Messverstärker ( $V_1$ ,  $V_2$ ) zu frei wählbaren Zeitpunkten in Operationszustand gebracht und später auch wieder kurzgeschlossen werden kann, wodurch am ersten Signalausgang (A) das gesamte Messsignal ( $p$ ) und am zweiten Signalausgang (B) während der Operationsdauer interessierende Teilsignale ( $\Delta p$ ) in vergrössertem Massstab simultan gemessen werden können.

2. Messanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstärkungsgrad des Spannungsverstärkers ( $V_2$ ) oder das Kapazitätsverhältnis  $C_e/C_g$  regulierbar ist und dadurch der

Vergößerungsmaßstab für die Teilsignale ( $\Delta p$ )  
eingestellt werden kann.

3. Messanordnung nach Anspruch 1 oder 2, da-  
durch gekennzeichnet, dass der dem Aufnehmer  
unmittelbar nachgeschaltete Messverstärker aus  
einem Ladungsverstärker ( $V_1$ ) und einem Span-  
nungsverstärker ( $V_2$ ) besteht.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

4

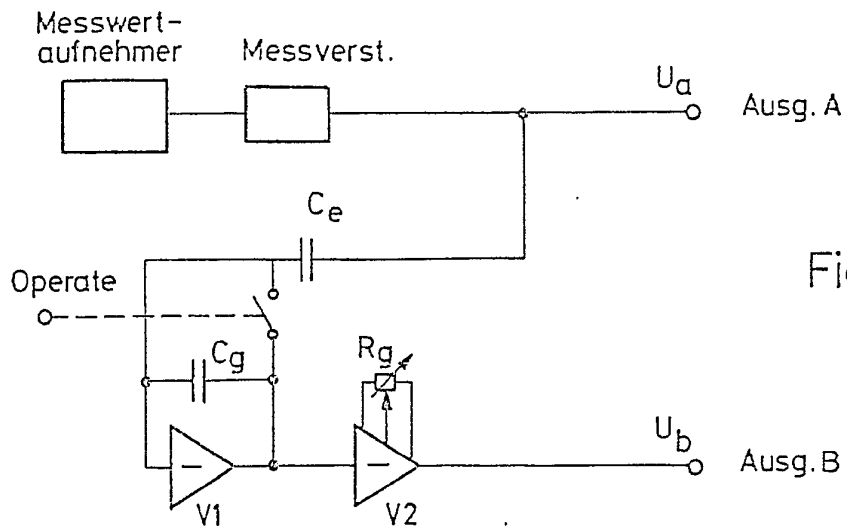


Fig. 1

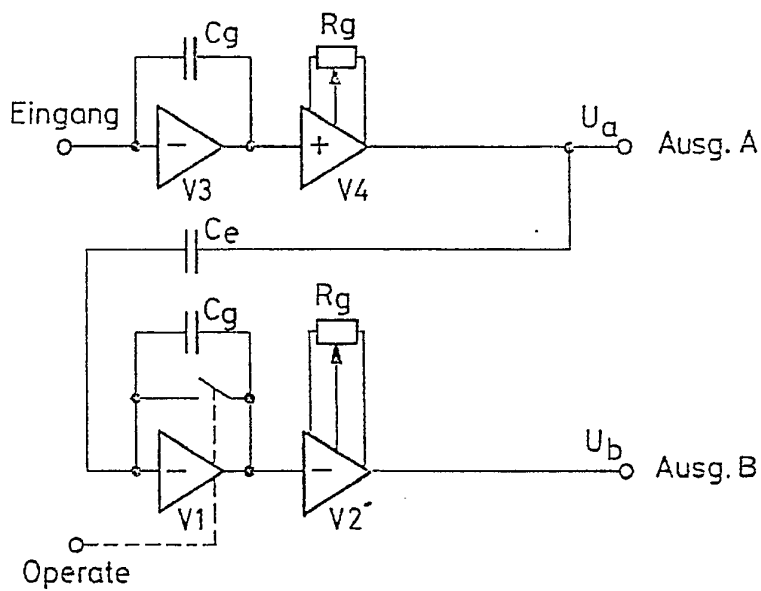


Fig. 2

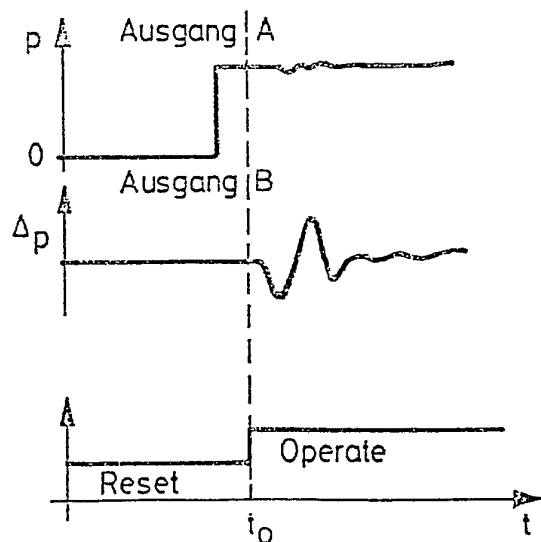


Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

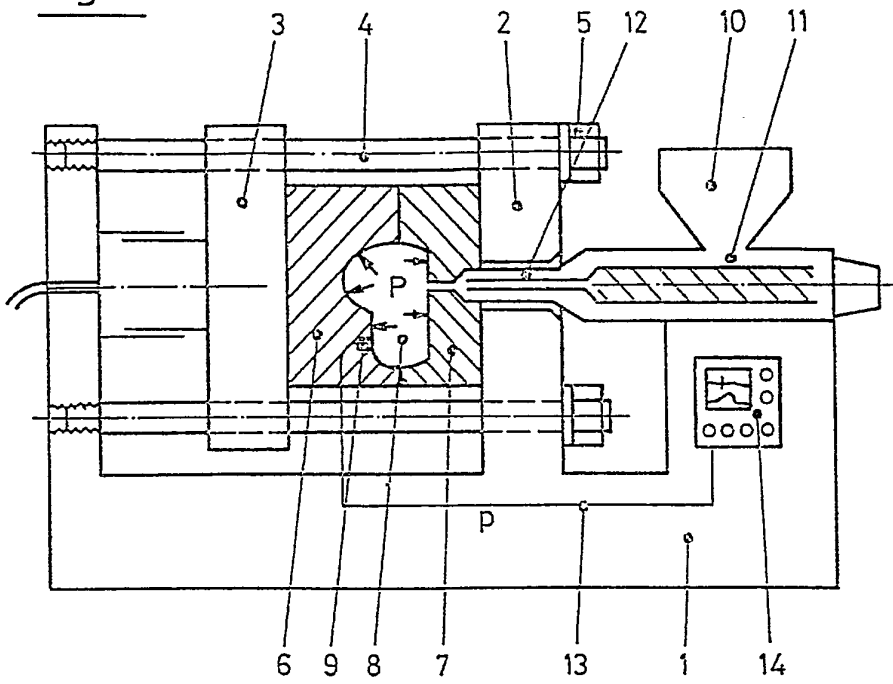


Fig. 6

