

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 902 509 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
22.01.2003 Patentblatt 2003/04

(51) Int Cl.7: **H01R 43/048**

(21) Anmeldenummer: **98116524.4**

(22) Anmeldetag: **01.09.1998**

(54) **Verfahren zur Bestimmung der Qualität einer Crimpverbindung**

Method for determinating the quality of a crimped connection

Méthode pour déterminer la qualité d'une connexion sertie

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

(30) Priorität: **11.09.1997 EP 97810648**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.03.1999 Patentblatt 1999/11

(60) Teilanmeldung:
02002743.9 / 1 211 761

(73) Patentinhaber: **KOMAX HOLDING AG**
6036 Dierikon (CH)

(72) Erfinder: **Meisser, Claudio, Dipl.El.Ing.ETH**
6330 Cham (CH)

(74) Vertreter: **Blöchle, Hans**
Inventio AG,
Seestrasse 55,
Postfach
6052 Hergiswil (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 291 329 **DE-A- 4 014 221**
DE-A- 4 038 658 **DE-A- 4 337 797**
US-A- 4 503 351

EP 0 902 509 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Qualität einer Crimpverbindung zwischen einem Leiter und einem Kontakt, wobei eine Einrichtung eine Crimpkraft erzeugt, mittels welcher der Kontakt mit dem Leiter elektrisch und mechanisch unlösbar verbindbar sind.

[0002] Der Begriff "Crimpen" ist international eingeführt und normungstechnisch festgelegt. In der Praxis werden aber auch Ausdrücke wie Pressen, Quetschen, Anschlagen oder Ansetzen benutzt. Unter Crimpen versteht man die Herstellung einer nicht lösbaren elektrischen und mechanischen Verbindung zwischen einem Leiter und einem Kontakt. Beim Crimpvorgang wird das zu verbindende Material plastisch, dauerhaft verformt. Dabei werden, falls vorhanden, schlecht leitende Oberflächenschichten aufgebrochen, was die elektrische Leitfähigkeiten begünstigt. Eine korrekte Crimpung verhindert aber auch das Eindringen korrosiver Medien selbst unter erschwerten Betriebsbedingungen wie Temperaturwechsel oder Vibration.

[0003] Ziel der Crimpung ist die Herstellung einer guten mechanischen und elektrischen Verbindung, die auf die Dauer qualitativ unverändert bleibt.

[0004] Zum Crimpen werden kontaktspezifische Crimpwerkzeuge verwendet mit einem feststehenden Crimpamboss unten und vertikal verschiebbaren Crimpstempeln oben. (Fig. 1 bis Fig. 3). Im Crimpwerkzeug sind der Drahtcrimper und der Isolationscrimper montiert, welche meistens über Rasterscheiben mit unterschiedlichen Höhennocken unabhängig voneinander in vertikaler Richtung auf den Drahtdurchmesser bzw. Isolationsdurchmesser eingestellt werden können. Diese Einstellungen beeinflussen direkt die Qualität der Crimpverbindung.

[0005] Bei offenen Crimpkontakten (Fig. 4 und Fig. 5) erfolgt die Leiterzuführung oberhalb des Kontaktes. Der zuvor abisolierte Leiter wird üblicherweise von Automaten gleichzeitig in radialer und axialer Richtung gegenüber dem Kontakt korrekt für den Crimpvorgang positioniert. Durch die Abwärtsbewegung des Crimpstempels wird zuerst der Leiter über eine Mechanik in die nach oben geöffneten Draht- und Isolationscrimpkrallen abgesenkt, danach beginnt der eigentliche Crimpvorgang mit Umformen der Laschen entsprechend der Crimpstempelformen. Nach dem Hub des Crimpstempels hat der Crimp die gewollte Form-Verpressung. (Fig. 5), die wiederum vom verwendeten Kontaktblech, vom Drahtquerschnitt, vom Kupfer des Drahtes und von der Abisolierung abhängig ist. Bei geschlossenen Kontakten muss nach radialer Ausrichtung axial in den als Rohr ausgeformten Crimpbereich eingefahren werden.

[0006] Ein Schnittbild einer fehlerfrei ausgeführten Crimpverbindung zeigt die ursprünglich einzelnen runden Litzendrähte des Leiters kompakt zu Vielecken gegeneinander gepresst. Die innere Fläche im Crimpbereich des Kontaktes zeigt Verformungen der Berührungsstellen der Einzellitzen. Beim Drahtcrimp müssen alle Einzeldrähte umfasst sein. Am vorderen Ende des Drahtcrimps müssen die Einzeldrähte je nach Querschnitt etwa 0,5 mm herausragen und dürfen nicht im Crimp verschwinden. In dem zwischen Drahtcrimp und Isolationscrimp liegenden Fenster müssen Leiter und Leiterisolation sichtbar sein. Der Isolationscrimp muss die Isolation umschliessen ohne in diese einzudringen.

[0007] Wichtige Kriterien für die Beurteilung einer Crimpverbindung sind die Crimpform, die Crimphöhe und die Drahtausreiss-Festigkeit. Diese Art Kriterien eignen sich aber nur beim Einrichten der Crimpmaschine und während der Produktion bei Stichproben. Um den heutigen Qualitätsanforderungen für sämtliche Crimpverbindungen zu genügen, müssen Mittel zur Verfügung sein, welche über jede Crimpverbindung während des Crimpvorganges Crimpdaten aufnehmen, auswerten, speichern und ergebnisorientiert Maschinendaten beeinflussen können. Zur Beurteilung der Crimpverbindung (ohne mechanische Zerstörung der Crimpverbindung) wird die Crimpkraft in Relation zum Crimpweg oder zur Crimpzeit gesetzt. Mit entsprechender Auswertung der Crimpdaten kann die Güte einer Crimpverbindung verlässlich beurteilt werden.

[0008] Eine Verfahren bzw. eine Einrichtung zur Beurteilung der Qualität einer Crimpverbindung muss Crimpfehler wie falsche Isolationscrimp-Höhe, falsche Drahtcrimp-Höhe, nicht erfasste Litzendrähte beim Drahtcrimp, falsche oder keine Abisolierlänge, falsche Einlegetiefe oder beim Abisolieren abgeschnittene Litzendrähte erkennen und entsprechende Fehlermeldungen erzeugen.

[0009] Aus der Anmeldeschrift EP 0 460 441 ist ein Verfahren zur Detektion von fehlenden Litzen oder von eingecrimpter Leiterisolation in einer Crimpverbindung anhand des Crimpkraftverlaufes bekannt geworden. Während eines Crimpvorganges werden Wertepaare bestehend aus Crimpkraft und Position des Crimpstempels gemessen und gespeichert. Die während der Herstellung einer Crimpverbindung gemessenen Wertepaare ergeben den Crimpkraftverlauf des Crimpvorganges mit der Crimpkraft in Abhängigkeit der Position des Crimpstempels. Der Kurvenabschnitt mit starkem Kraftanstieg wird linearisiert und ein Punkt aus dem Mittel der minimalen und maximalen Crimpkraft bestimmt. Der Punkt wird mit einem Referenzwert verglichen. Falls der Punkt innerhalb einer vorbestimmten Abweichung vom Referenzwert liegt, ist die Crimpverbindung von akzeptabler Qualität. Bei der Auswertung des Crimpkraftverlaufes des Crimpvorganges wird auch die maximale Crimpkraft mitberücksichtigt. Falls die maximale Crimpkraft gegenüber einem Referenzwert übermässig abweicht, wird die Crimpverbindung als unbrauchbar zurückgewiesen. Der Punkt im Kurvenabschnitt mit starkem Kraftanstieg und die maximale Crimpkraft geben Aufschluss über fehlende Litzen bzw. über eingecrimpte Leiterisolation in der Crimpverbindung.

[0010] Bei einer marktgängigen Crimppresse erfasst ein Kraftsensor während des Crimpvorganges die Kraft, die in

digitaler Form als kraftabhängiger Kurvenverlauf abgespeichert wird. Dieser wird mit einer Referenzkurve verglichen. Je nach Grösse der Abweichung zur Referenz wird auf den Typ des Crimpfehlers geschlossen.

[0011] Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass trotz grossem Rechner-, Speicher- und Rechenaufwand keine differenzierte Aussage über die Qualität der Crimpverbindung möglich ist.

[0012] Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Die Erfindung, wie sie in Anspruch 1 gekennzeichnet ist, löst die Aufgabe, die Nachteile der bekannten Einrichtung zu vermeiden und ein Verfahren mit verbesserter Fehlersensibilität zu schaffen.

[0013] Die durch die Erfindung erreichten Vorteile sind im wesentlichen darin zu sehen, dass mit der besseren Auflösung der Fehler eine Qualitätssteigerung möglich ist, dass mit der sensibleren Fehlerdiagnose weniger Ausschuss entsteht und dass Folgefehler, beispielsweise eine Panne eines Personenwagens wegen Wackelkontaktes in einer Steckerverbindung vermieden werden.

[0014] Im folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich einen Ausführungsweg darstellenden Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 bis Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Crimpvorganges,
- Fig. 4 eine Crimpverbindung zwischen einem Leiter und einem Kontakt,
- Fig. 5 Einzelheiten eines Drahtcrimps,
- Fig. 6 eine Crimppresse mit einem Crimpsimulator zur Kalibrierung eines Kraftsensors,
- Fig. 7 den Crimpsimulator mit einem Stempel in der unteren Totpunktlage,
- Fig. 8 den Crimpsimulator mit dem Stempel in der oberen Totpunktlage,
- Fig. 9 Einzelheiten des Crimpsimulators,
- Fig. 9a einen Spannungs-Crimpkraftverlauf des Kraftsensors,
- Fig. 10 und Fig. 11 Einzelheiten des Kraftsensors,
- Fig. 12 Einzelheiten einer Pressensteuerung,
- Fig. 13 bis Fig. 15 den Verlauf der Crimpkraft bei unterschiedlichen Crimpfehlern,
- Fig. 16 den Crimpkraftverlauf mit einer Zoneneinteilung,
- Fig. 17 Zonenabhängige Mess- und Rechenwerte und
- Fig. 18a bis Fig. 18c Grenzwerte für Fehlertypen.

[0015] Fig. 1 bis 3 zeigen einen Crimpvorgang, bei dem das Ende eines Leiters 1 mit einem Kontakt 2 verbunden wird. Eine offene Crimpzone 3 des Kontaktes 2 weist eine erste Doppellasje 4 für den Isolationscrimp 5 und eine zweite Doppellasje 6 für einen Drahtcrimp 7 auf. Fig. 1 zeigt Crimpstempel 8, 9 in der oberen Totpunktlage, das Ende der Leiterisolation liegt in der ersten Doppellasje 4 und das abisolierte Leiterstück liegt in der zweiten Doppellasje 6. Wie in Fig. 2 gezeigt werden beim Absenken der Crimpstempel 8, 9 die Doppellaschen 4, 6 mittels keilförmigen Ausnehmungen 10 der Crimpstempel 8, 9 gegeneinander gepresst. Als Auflage dient ein Amboss 9.1. Ein kuppelförmiges oberes Ende der Ausnehmung 10 gibt der Doppellasje 4, 6 zusammen mit der Leiterisolation bzw. dem Leiterdraht die endgültige Form. Fig. 3 zeigt die fertige Crimpverbindung mit dem Isolationscrimp 5, bei dem die erste Doppellasje 4 um die Leiterisolation 11 gepresst ist und mit dem Drahtcrimp 7, bei dem die zweite Doppellasje 6 um einen Leiterdraht 12 gepresst ist.

[0016] Fig. 4 zeigt eine fehlerfreie Crimpverbindung, bei der in einem Fenster 13 die Isolation 11 des Leiterendes 1 und die Einzellitzen des Leiterdrahtes 12 sichtbar sind. Am kontaktseitigen Ende des Drahtcrimps 7 sind die Einzellitzen erneut sichtbar.

[0017] Fig. 5 zeigt wie bei einem fehlerfreien Drahtcrimp 7 die zweiten Doppellaschen 6 mit dem als Litze ausgebildeten Leiterdraht 12 verquetscht sind.

[0018] In den Fig. 6 bis 12 ist mit 14 ein Ständer ohne rechte Seitenwand bezeichnet, an dem ein Motor 15 und ein am Ständer 14 gelagertes Getriebe 16 angeordnet ist. Ausserdem sind am Ständer 14 erste Führungen 17 angeordnet, an denen ein Crimpbär 18 geführt ist. Eine vom Getriebe 16 angetriebene Welle 19 weist einenenends einen Exzenterzapfen 20 auf, anderenenends ist ein Resolver 21 zur Erfassung des Drehwinkels angekoppelt. Der Crimpbär 18 besteht aus einem in den ersten Führungen 17 geführtes Gleitstück 22 und aus einem Werkzeughalter 23 mit Kraftsensor 23.1 und Haltegabel 24. Das Gleitstück 22 steht in loser Verbindung mit dem Exzenterzapfen 20, wobei die Rotationsbewegung des Exzenterzapfens 20 in eine Linearbewegung des Gleitstückes 22 umgesetzt wird. Der maximale Hub des Gleitstückes 22 wird durch den oberen Totpunkt und den unteren Totpunkt des Exzenterzapfens 20 bestimmt. Der Werkzeughalter 23 betätigt üblicherweise ein Werkzeug, das zusammen mit einem zum Werkzeug gehörenden Amboss 9.1 die Crimpverbindung herstellt. Zur Kalibrierung des Kraftsensors 23.1 ist anstelle des Werkzeugs ein Crimpsimulator 25 eingesetzt. Mittels einer Justierschraube 26 kann der Hub präzise justiert werden. Als Schnittstelle zwischen Bediener und Crimppresse ist ein Bedienterminal 27 vorgesehen. Zur Eingabe von Betriebsdaten und Befehlen an eine Steuerung 28 weist das Bedienterminal 27 einen Drehknopf 29 und eine Tastatur 30 auf und zur Visualisierung von Daten ist eine Anzeige 31 vorgesehen.

[0019] Fig. 7, 8 und 9 zeigen Einzelheiten des Crimpsimulators 25 zur Kalibrierung des Kraftsensors 23.1. Ein in einem Werkzeuggehäuse 32 geführter Stempel 33 weist einen Trägerkopf 34 auf, der in loser Verbindung mit der Haltegabel 24 des Werkzeughalters 23 steht. An einem Fuss 35 des Werkzeuggehäuses 32 ist beispielsweise mittels einer Schraube 36 eine Grundplatte 37 befestigt, die einen Kraftaufnehmer 38 trägt. Die Kraft des Stempels 33 wird über ein Zwischenstück 39 auf den Kraftaufnehmer 38 übertragen. Das Zwischenstück 39 ist elastisch und hat zur Folge, dass bei der Kalibrierung der Kraftanstieg zeitlich dehnbar ist. Der Kraftaufnehmer 38, beispielsweise ein Quarz-Kraftaufnehmer, ist teuer, eichbar und hat eine sehr lineare Kennlinie. Der im Werkzeughalter 23 eingebaute Kraftsensor 23.1 ist billiger und hat einen grösseren Linearitätsfehler. Zur Kalibrierung des Kraftsensors 23.1 wird der Stempel 33 von der oberen Totpunktlage in die untere Totpunktlage und wieder in die obere Totpunktlage bewegt und eine Kraft im Verlauf und in der Grössenordnung eines echten Crimpvorganges erzeugt. Dabei wird der Kraftverlauf gleichzeitig und ausschliesslich je vom Kraftsensor 23.1 und vom Kraftaufnehmer 38 erfasst und gespeichert, wobei der Kraftaufnehmer 38 den eichbaren Kraftverlauf erfasst. Damit ist auch eine Kräfteichung beim Kraftsensor 23.1 möglich. Der Kraftverlauf und die durch die Nichtlinearität des Kraftsensors 23.1 bedingten Kraftabweichungen gegenüber dem gemessenen Kraftverlauf des Kraftaufnehmers 38 werden erfasst und in einer Korrekturtabelle abgelegt. Nach dem Kalibriervorgang wird der Crimpsimulator 25 ausgebaut und das übliche Crimpwerkzeug eingesetzt. Falls der Kraftsensor 23.1 ersetzt wird, muss der Kalibriervorgang wiederholt werden. Zur Messung der Crimpkraft bei der Herstellung von Crimpverbindungen genügt der Kraftsensor 23.1, weil der Kraftsensor 23.1 geeicht ist und die durch die Nichtlinearität des Kraftsensors 23.1 bedingten Messabweichungen mittels der Korrekturtabelle korrigiert werden. Auf diese Weise kann mit einem billigen, an sich ungenauen Kraftsensor der Crimpkraftverlauf genau und absolut bestimmt werden. Weiter vorteilhaft ist, dass ein Hersteller von Crimpverbindungen für seinen üblicherweise aus mehreren gleichen Crimppressen bestehenden Maschinenpark nur einen teuren Crimpsimulator für die Kalibrierung sämtlicher Crimppressen braucht.

[0020] Fig. 9a zeigt einen Spannungs-Crimpkraftverlauf des Kraftsensors 23.1. Auf der vertikalen Diagrammachse ist die Spannung U, beispielsweise in Volts und auf der horizontalen Diagrammachse ist die Crimpkraft CK, beispielsweise in Kilonewton aufgetragen. Mit ausgezogener Linie ist der nichtlineare Spannungsverlauf des Kraftsensors 23.1 dargestellt. Die unterbrochene Linie zeigt den linearen Spannungsverlauf des Crimpsimulators 25. In einem Kalibriervorgang werden bei beispielsweise hundert Kraftwerten die jeweils zugehörigen Spannungsdifferenzen zwischen ausgezogener Linie und unterbrochener Linie festgehalten und in der oben genannten Korrekturtabelle als Kraft/Spannungs-Wertepaar abgelegt. Bei der Herstellung von Crimpverbindungen werden die entsprechenden Kraftwerte aus der Korrekturtabelle gelesen und die jeweils zugehörigen Spannungsdifferenzen zu den entsprechenden aktuell gemessenen Spannungen addiert.

[0021] Fig. 10 zeigt den Kraftsensor 23.1, wie er im Werkzeughalter 23 eingebaut ist. Fig. 11 zeigt die Einzelteile des Kraftsensors 23.1. Der Kraftsensor 23.1 besteht aus einem Sensorgehäuse 40 mit einem beispielsweise aus Kunststoff bestehendem Boden 41 und Deckel 42. Die Innenseite des Bodens 41 und des Deckels 42 sind mit einer elektrisch leitenden Schicht, beispielsweise einer Kupferschicht 43, kaschiert. Die Schicht 43 des Bodens 41 ist mittels eines Anschlussdrahtes 44 mit dem Innenleiter einer Anschlussbuchse 45 verbunden. Das Gehäuse der Anschlussbuchse 45 ist direkt mit der Beschichtung des Deckels 42 verbunden. Das Sensorgehäuse 40 weist einen aus Kunststoff bestehenden Zwischenboden 46 mit geringerer Dicke als die Sensoren 48 auf, an dem Ausnehmungen 47 angeordnet sind, die der Halterung der Sensoren 48, beispielsweise Piezo-Keramikscheiben, dienen. Die beim Kalibriervorgang oder beim Crimpvorgang auf den Deckel 42 ausgeübte Kraft wird ausschliesslich auf die Sensoren 48 und von diesen auf den Boden 41 übertragen. Der Druck auf die Sensoren 48 erzeugt eine elektrische Ladung, die an der Anschlussbuchse 45 messbar ist.

[0022] Fig. 12 zeigt Einzelheiten der Steuerung 28 für die Crimppresse. Ein am Eingang mit einem Netzfilter 49 ausgerüsteter Converter 50 setzt die Netzspannung in eine Gleichspannung um, mit der ein Inverter 51 gespeist wird.

Gesteuerte Halbleiterschalter Gu ... Gz des Inverters 51 zerhacken die Gleichspannung in einem Pulsbreitenmodulationsverfahren in drei gepulste Wechselspannungen, die im Motor 15, beispielsweise ein Asynchronmotor ASM, sinusförmige Ströme variabler Frequenz erzeugen. Die Rotationsbewegung wird vom Motor 15 auf das Getriebe 16 und dann auf die Welle 19 übertragen, an deren einen Ende der Exzenterzapfen 20 und an deren anderen Ende der Resolver 21 angeordnet ist. Der Exzenterzapfen 20 versetzt den Crimpbär 18 in eine Linearbewegung. Ein Pulsgenerator 52 erzeugt in Funktion eines Sollgeschwindigkeitsverlaufes das für die Ansteuerung der Halbleiterschalter Gu ... Gz notwendige Pulsmuster, das einer Treiberstufe 53 eingespeist wird, die am Ausgang mit den Steuerleitungen der Halbleiterschalter Gu ... Gz verbunden ist. Ein Rechner 54 steuert alle Funktionen der Crimppresse. Für den Datenaustausch zwischen dem Rechner und den Peripheriebausteinen steht das Bussystem 55 zur Verfügung. Ein sich automatisch an unterschiedliche Netzsituationen anpassendes Netzgerät 56 erzeugt auch die für den Betrieb der Steuerung 28 notwendigen Hilfsspannungen.

[0023] Ein batteriegestützter Schreib- Lesespeicher 57 dient dem Rechner 54 als Arbeitsspeicher. In einem Lesespeicher 58 ist das Programm zur Steuerung der Crimppresse abgelegt. Andere am Crimpvorgang beteiligte Maschinen, wie beispielsweise Leiterzuführung oder Kontaktauführung, Steuereinrichtungen, Sicherheitskreise usw. sind mit dem Bezugszeichen 59 bezeichnet und kommunizieren beispielsweise zur Synchronisation via Bussystem 55 mit der Steuerung 28. Das Bedienterminal 27 ist mittels einer seriellen Schnittstelle 60 mit dem Rechner 54 verbunden. Falls die Crimppresse zu einer übergeordneten Kabelkonfektioniereinheit 63 gehört, erfolgt die Kommunikation der Steuerung 28 mit der Konfektioniereinheit 63 auch über die serielle Schnittstelle 60. Eine Auswerteeinheit 61 erfasst die Messwerte des Kraftsensors 23.1 und des Kraftaufnehmers 38 und verarbeitet die Messdaten wie oben dargestellt.

[0024] Am Bedienterminal 27 können menügeführt anwenderspezifische Daten wie Passwort, Sprache, Einheiten usw., betriebspezifische Daten wie Beschleunigung, Verzögerung, Frequenz des Motors, Positionspunkte entlang des Hubes zur Synchronisation der am Crimpvorgang beteiligten peripheren Maschinen und Einrichtungen eingegeben werden. Ausserdem kann via Bedienterminal 27 auf Systeminformationen, servicerelevante Daten, statistische Auswertungen, Protokolldaten der Kommunikation, Antriebsdaten usw. zugegriffen werden. Betriebsarten wie Kalibrierung der Ausgangsposition des Crimpbärs 18, Kalibrierung des Kraftsensors 23.1, Einrichtbetrieb zur Vorgabe des für das jeweilige Werkzeug notwendigen Hubes, Auslösung eines einmaligen Crimpvorganges zur Prüfung der Crimpverbindung, Crimpvorgang mit Zwischenhalt zur Positionierung des Kontaktes und anschliessendem Verpressen des Kontaktes, Crimpvorgang mit vorgewähltem Hub usw. können auch menügeführt via Bedienterminal 27 der Steuerung 28 vorgegeben, wobei der Crimpbär 18 und somit das Crimpwerkzeug mittels Drehknopf 39 positionierbar ist.

[0025] Der in der Crimppresse eingesetzte Resolver 21 dient der Messung von Winkelpositionen. Er liefert ein absolutes Signal pro Umdrehung und ist unempfindlich gegenüber Vibrationsbelastungen und Temperatur. Aufgrund seines mechanischen Aufbaus bleibt seine Winkelinformation auch bei Spannungsausfall erhalten. Der Resolver 21 besteht aus einem Stator und einem von der Welle 19 angetriebenen Rotor. Am Stator ist eine erste Statorwicklung und eine zweite Statorwicklung sowie am Rotor eine Rotorwicklung angeordnet. Die Rotorwicklung wird durch eine Wechselspannung U1 mit konstanter Amplitude und Frequenz, beispielsweise 5000 Hz erregt. Die zweite Statorwicklung ist gegenüber der ersten Statorwicklung um 90° verschoben angeordnet. Durch elektromagnetische Kopplung erzeugt die Wechselspannung U1 an den Klemmen der Statorwicklungen die beiden Spannungen Usin bzw. Ucos. Diese beiden Spannungen haben die gleiche Frequenz wie U1. Die Amplitude ist aber proportional zum Sinus bzw. Cosinus des mechanischen Auslenkwinkels θ . Die Speisung der Rotorwicklung erfolgt über einen Oszillator. Bei einem Resolver mit einem Polpaar durchläuft die Amplitude der beiden Spannungen Usin und Ucos jeweils eine Sinusschwingung pro mechanische Umdrehung. Eine Resolverschnittstelle 62 wertet das Sinussignal und das Cosinussignal des Resolvers 21 mit beispielsweise einer Auflösung von 0,35° aus und konvertiert den Winkel θ in einen digitalen Wert.

[0026] Fig. 13 bis 15 zeigen den Verlauf der Crimpkraft einer typischen Kontaktfamilie bei unterschiedlichen Crimpfehlern. Auf der vertikalen Diagrammachse ist die Crimpkraft CK und auf der horizontalen Diagrammachse ist die Zeit, der Auslenkwinkel oder der Crimpweg aufgetragen. Der Crimpweg CW ist vom Auslenkwinkel θ des Resolvers 21 abgeleitet. Die Kurve mit ausgezogener Linie ist eine aus beispielsweise zehn fehlerfreien Crimpungen ermittelte und den Mittelwert dieser Crimpkräfte darstellende Referenzkurve. Mit unterbrochener Linie dargestellt ist der Kraftverlauf einer fehlerhaften Crimpung.

[0027] Fig. 13 zeigt den Kraftverlauf einer Crimpung, bei der im Drahtcrimp 7 drei von neunzehn Einzellitzen des Leiterdrahtes 12 fehlen. Die drei Einzellitzen sind entweder beim Positionieren des Leiters zurückgeschoben worden und/oder beim Abisolieren abgeschnitten worden. In einer ersten Zone Z1 des Kraftverlaufs, die etwa den Schliessvorgang der Doppellaschen 4, 6 wiedergibt, liegen die Referenzkurve und die Kurve der fehlerhaften Crimpung aufeinander, was mit den Vorzeichen +- dargestellt ist. In einer zweiten Zone Z2 des Kraftverlaufs, die etwa das Einpressen der ersten Doppellasche 4 in die Leiterisolation 11 und das Einpressen der zweiten Doppellasche 6 in den Leiterdraht 12 wiedergibt, liegen die Werte der fehlerhaften Crimpung deutlich unterhalb der Referenzwerte, was mit den Vorzeichen --- dargestellt ist. In einer dritten Zone Z3 des Kraftverlaufs, die etwa das endgültige plastische Verformen der Doppellaschen 4, 6 wiedergibt, liegen die Werte der fehlerhaften Crimpung immer noch etwas unterhalb der Referenzwerte, was mit den Vorzeichen -dargestellt ist. Der Bereich rechts der dritten Zone Z3 wiedergibt den Kraftverlauf

während des Öffnungsvorganges des Werkzeuges. In diesem Bereich decken sich die Kurven weitgehend unabhängig vom Fehler der Crimpung.

[0028] Fig. 14 zeigt den Kraftverlauf einer Crimpung, bei der die Leiterisolation 11 bis in den Drahtcrimp 7 reicht. In der ersten Zone Z1 und zu Beginn der zweiten Zone Z2 weist der Kraftverlauf der fehlerhaften Crimpung eine deutliche Überhöhung gegenüber der Referenzkurve auf, was mit den Vorzeichen ++++ dargestellt ist. Das Schliessen der zweiten Doppellaste 6 erfordert wegen der Leiterisolation 11 mehr Kraft.

[0029] Fig. 15 zeigt den Kraftverlauf einer Crimpung, bei der der Leiterdraht 12 nur teilweise in den Drahtcrimp 7 reicht. In der zweiten Zone Z2 und in der dritten Zone Z3 liegt der Kraftverlauf der fehlerhaften Crimpung deutlich unterhalb der Referenzkurve, was mit den Vorzeichen -- bzw. mit dem Vorzeichen --- dargestellt ist. Die Verformung der Doppellasten 4, 6 bei unvollständig gefülltem Isolationscrimp 4 und Drahtcrimp 6 benötigt weniger Kraft.

[0030] Fig. 16 zeigt den Crimpkraftverlauf mit einer Zoneneinteilung zur Auswertung der Abweichungen des Crimpkraftverlaufes K2 einer Crimpung von einer Referenzkurve K1. Die Zonenbildung erfolgt beispielsweise aufgrund der Peakbreite der Referenzkurve K1 und aufgrund des Kraftrückganges zwischen 90% und 10%. Andere Kriterien zur Zonenbildung sind möglich wie beispielsweise eine erste Zone Z1 bei 20% der Maximalkraft mit dem Nachteil, dass der Kraftanstieg sehr vom Kontakt abhängig ist und im Kraftverlauf deutliche Zwischenminimas enthalten sein können. Möglich ist auch eine Zoneneinteilung mit weniger oder mehr als vier Zonen.

[0031] Die Zonenbreiten der bereits in Fig. 13 bis 15 genannten Zonen Z1, Z2, Z3 sind mit W1, W2, W3 bezeichnet. Die maximale Crimpkraft während des Crimpvorganges ist mit Fp bezeichnet. Die dritte Zone Z3 reicht vom 90%-Punkt des Kraftanstieges bis zum 90%-Punkt des Kraftrückganges. Die Fläche unter der Referenzkurve K1 mit der Breite W3 ist auf 1000 ppt (parts per thousand) normiert. Die zur vierten Zone Z4 zugehörige Breite vom 90%-Punkt bis zum 10%-Punkt des Kraftrückganges ist mit W4 bezeichnet. In diesem Bereich treten keine wesentlichen Abweichungen zwischen den Kurven K1, K2 auf, weil der Kraftverlauf in dieser Zone weitgehend vom Ausfedern des Kontaktes und/oder der Crimppresse bestimmt wird. W4 kann daher als Referenzbreite zur Bestimmung der ersten Breite W1 und der zweiten Breite W2 verwendet werden.

[0032] Zur Auswertung werden theoretisch die Fläche mit der Breite W3 unter der Referenzkurve K1 und die Differenzflächen zwischen den Kurven K1, K2 verwendet. Praktisch werden einzelne Crimpkräfte D in sehr kleinen, beispielsweise durch den Resolver 21 vorgegebene Winkelabstände gemessen und zu Flächen aufsummiert.

[0033] Fig. 17 zeigt die Zusammenhänge zwischen Faktoren, Messwerten und gerechneten Werten für die einzelnen Zonen wie auch für alle Zonen zusammen. Aufgrund der Messwerte und der gerechneten Werte ist es möglich, Aussagen über die Qualität einer Crimpverbindung zu machen und/oder Fehlermeldungen zu erzeugen.

[0034] Zur Bestimmung der Breite (Width) der ersten Zone Z1 und der zweiten Zone Z2 wird die vierte Zonenbreite W4 mit einem Faktor in der Größenordnung von beispielsweise 0 ... 2 multipliziert. Die dritte Zonenbreite W3 ist bestimmt durch die 90%-Punkte des Referenzcrimpkraftverlaufes K1. Massgebend für die Zonenbreite ist die gemittelte Referenzkurve K1.

[0035] Die unterschiedlichen Eigenschaften der zu verarbeitenden Kontaktarten werden je Zone mittels eines Sensibilitätsfaktor (Sensitivity) S1, S2, S3 in der Größenordnung von beispielsweise 0,5 ... 1 berücksichtigt.

[0036] Die jeweilige Fläche (Surface) einer Zone ist mit F1, F2, F3 bezeichnet. Massgebend für die Fläche ist die gemittelte Referenzkurve K1.

[0037] Ein erster Messwert (Result Signed) ist die Summe der positiven und der negativen Differenzflächen zwischen der Referenzkurve K1 und der Crimpkraftkurve K2. Liegt die Crimpkraftkurve K2 mehrheitlich oberhalb der Referenzkurve K1, so entsteht eine positive Fläche. Liegt die Crimpkraftkurve K2 mehrheitlich unterhalb der Referenzkurve K1, so entsteht eine negative Fläche. Der erste Messwert RS1 ... RS3 wird für die Zonen Z1 ... Z3 erstellt und wird in ppt relativ zur normierten Fläche der Zone Z3 dargestellt.

[0038] Ein zweiter Messwert (Result Unsigned) ist die Summe der Differenzflächen zwischen der Referenzkurve K1 und der Crimpkraftkurve K2 unabhängig davon, ob die Crimpkraftkurve K2 oberhalb oder unterhalb der Referenzkurve K1 liegt. Der zweite Messwert RU1 ... RU3 wird für die Zonen Z1 ... Z3 erstellt und wird in ppt relativ zur normierten Fläche der Zone Z3 dargestellt. Der Gesamtwert RUO ist die Summe der Zonenwerte RU1, RU2, RU3.

[0039] Der erste Messwert RS1, RS2, RS3 wird mit Grenzwerten (Limits) der Zonen Z1, Z2, Z3 verglichen. Falls mindestens einer der ersten Messwerte die Grenzwerte überschreitet, wird eine entsprechende Fehlermeldung erzeugt. Bei der Schlechtschwelle (Bad Limit) ist die gemittelte, driftkompensierte Referenzkurve, bei der Lernschwelle (Teach Limit) ist eine Erstreferenzkurve, bei der Stoppschwelle (Stop Limit) ist die gemittelte, driftkompensierte Referenzkurve massgebend. Für die Driftschwelle (Drift Limit) wird die Originalreferenzkurve mit der driftkompensierten, gemittelten Referenzkurve verglichen. Die Berechnung der jeweiligen Grenzwerte ist aus Fig. 17 ersichtlich.

[0040] Die Erstreferenzkurve ist der Crimpkraftverlauf der ersten Crimpung. Die gemittelte Referenzkurve ist das Mittel der Crimpkraftverläufe der beispielsweise ersten fünf Crimpungen und ist als Originalreferenzkurve abgespeichert. Die driftkompensierte, gemittelte Referenzkurve ist die der Drift nachgeführte, gemittelte Referenzkurve. Die Drift ist anhand von Abweichungen von als gut bewerteten Crimpkraftverläufen feststellbar. Die Nachführung erfolgt nur mit einem geringen Anteil der festgestellten Abweichungen.

[0041] Gemäss Fig. 17 wird der Gesamtwert RUO mit Gesamtgrenzwerten verglichen, die Faktoren oder aus Faktoren berechnete Werte sind. Die jeweiligen massgebenden Kurven sind dieselben wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben.

[0042] Von den in Fig. 17 genannten Faktoren muss lediglich der Faktor BLO vom Anwender bestimmt werden, die übrigen Faktoren werden vom Hersteller voreingestellt. Der Anwender hat aber die Möglichkeit, jederzeit sämtliche Faktoren seinen Bedürfnissen anzupassen.

[0043] Mit der Zonenauswertung können Fehler in einzelnen Zonen wesentlich sensibler als mit einer Gesamtauswertung erfasst werden. Die Gesamtauswertung ist bei unklaren, verwischten Fehlerursachen eher vorzuziehen.

[0044] Die ersten Messwerte RS1 ... RS3 können nicht nur für die Auslösung von Fehlermeldungen verwendet werden, sondern auch für Aussagen über den Fehler und die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um einen bestimmten Fehler handelt. Falls wie in Fig. 18a gezeigt die Grenzwerte des Typs 1 eintreffen, ist es ziemlich sicher, dass im Drahtcrimp 7 beispielsweise mehr als 10% Einzellitzen fehlen. Falls die Grenzwerte des Typs 2 eintreffen, ist es sicher, dass im Drahtcrimp 7 beispielsweise mehr als 10% Einzellitzen fehlen. Falls die Grenzwerte des Typs 3 eintreffen, ist es ganz sicher, dass im Drahtcrimp 7 beispielsweise mehr als 10% Einzellitzen fehlen. Fig. 18b zeigt die Grenzwerte für Crimpungen mit zu tief eingelegtem Leiter 1. Fig. 18c zeigt die Grenzwerte für Crimpungen mit zu wenig tief eingelegtem Leiter 1. Bei den fett gedruckten Grenzwerten werden entsprechende Fehlermeldungen ausgelöst.

[0045] Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Fehlersensibilität besteht darin, dass die gemittelte Steigung des Crimpkraftverlaufs an den Zonenübergängen erfasst wird. Damit kann beispielsweise der Fehlertyp der Zone 2 der Fig. 18a vom Fehlertyp der Zone 2 der Fig. 18c präziser unterschieden werden.

[0046] Wie oben erwähnt wird die Crimpkraft CK mittels eines Kraftsensors 23.1 gemessen. Die Crimpkraft CK teilt sich in den Crimpstempeln 8, 9 auf. Oben genannte Crimpkraftauswertung kann auch auf eine Crimppresse angewendet werden, bei der die Crimpkraft je Crimpstempel gemessen wird. Damit sind präzise Aussagen über den Crimpkraftverlauf im Crimpstempel 8 für den Isolationscrimp 5 und über den Crimpkraftverlauf im Crimpstempel 9 für den Drahtcrimp 7 und somit über die Qualität des Isolationscrimps 5 und des Drahtcrimps 7 möglich.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Qualität einer Crimpverbindung zwischen einem Leiter und einem Kontakt, wobei eine Crimpeinrichtung eine Crimpkraft erzeugt, mittels welcher der Kontakt mit dem Leiter elektrisch und mechanisch unlösbar verbindbar sind,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Verlauf einer Referenzcrimpkraft (K1) in mehrere Zonen (Z1 Z4) eingeteilt wird, wobei die Einteilung in Abhängigkeit des Verlaufs der Referenzcrimpkraft (K1) erfolgt,
dass je Zone (Z1 Z3) der gesamte Verlauf der Crimpkraft (K2) in Bezug auf den gesamten Verlauf der Referenzcrimpkraft (K1) innerhalb der jeweiligen Zone ausgewertet wird und
dass aus dem Ergebnis der Auswertung Fehlermeldungen und Aussagen über die Qualität der Crimpverbindung erzeugt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zonen (Z1 Z4) in Abhängigkeit der Peakbreite und/oder des Krafrückganges des Verlaufes der Referenzcrimpkraft (K1) gebildet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass je auszuwertende Zone (Z1 Z3) Fehlerflächen (RS, RU) zwischen dem Verlauf der Crimpkraft (K2) und dem Verlauf der Referenzcrimpkraft (K1) bestimmt werden, mittels denen die Fehlermeldungen und Aussagen über die Qualität der Crimpverbindung erzeugt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Fehlerflächen (RS, RU) vorzeichenbehaftet oder absolut bestimmt werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass je auszuwertende Zone (Z1 Z3) Grenzwerte (BL, TL, SL, DL) in Abhängigkeit der Zonenbreite (W1 ... W4) und/oder Grenzwerte (BLO, TLO, SLO, DLO) für alle auszuwertenden Zonen (Z1 Z3) gebildet werden und

aus dem Vergleich der Grenzwerte mit den Fehlerflächen (RS, RU, RUO) die Fehlermeldungen und Aussagen über die Qualität der Crimpverbindung erzeugt werden.

Claims

1. Method for determining the quality of a crimped connection between a conductor and a contact, wherein crimping equipment produces a crimping force, by means of which the contact is electrically and mechanically non-detachably connectible with the conductor, **characterised in that** the course of a reference crimping force (K1) is divided into several zones (Z1 to Z4), wherein the division takes place in dependence on the course of the reference crimping force (K1), that for each zone (Z1 to Z3) the entire course of the crimping force (K2) is evaluated with reference to the entire course of the reference crimping force (K1) within the respective zone and that fault reports and statements about the quality of the crimped connection are produced from the result of the evaluation.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the zones (Z1 to Z4) are formed in dependence on the peak width and/or the decline in force of the course of the reference crimping force (K1).
3. Method according to claim 2, **characterised in that** fault areas (RS, RU) between the course of the crimping force (K2) and the course of the reference crimping force (K1) for each zone (Z1 to Z3) to be evaluated are determined, by means of which fault areas the fault reports and statements about the quality of the crimped connection are produced.
4. Method according to claim 3, **characterised in that** the fault areas (RS, RU) are ascertained to carry a sign or are ascertained in absolute magnitude.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** limit values (BL, TL, SL, DL) are formed in dependence on the zone width (W1 to W4) for each zone (Z1 to Z3) to be evaluated and/or limit values (BLO, TLO, SLO, DLO) are formed for all zones (Z1 to Z3) to be evaluated, and the fault reports and statements about the quality of the crimped connection are produced from the comparison of the limit values with the fault areas (RS, RU, RUO).

Revendications

1. Procédé pour la détermination de la qualité d'un assemblage serti entre un conducteur et un contact, dans lequel un dispositif de sertissage produit une force de sertissage au moyen de laquelle le contact peut être assemblé au conducteur électriquement et mécaniquement de façon indémontable, **caractérisé**,
en ce que la courbe de variation d'une force de sertissage de référence (K1) est divisée en plusieurs zones (Z1....Z4), la division s'effectuant en fonction de la courbe de variation de la force de sertissage de référence (K1),
en ce que, pour chaque zone (Z1....Z3), la totalité de la courbe de variation de la force de sertissage (K2) est analysée dans sa relation avec la totalité de la courbe de variation de la force de sertissage de référence (K1) dans la zone considérée et
en ce que des messages de défaut et des indications sur la qualité de l'assemblage serti sont produits sur la base du résultat de l'analyse.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé**
en ce que les zones (Z1....Z4) sont formées en fonction de la largeur de pic et/ou du retour de force de la courbe de variation de la force de sertissage de référence (K1).
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé**
en ce que, pour chaque zone à analyser (Z1....Z3), on détermine des aires de défaut (RS, RU) entre la courbe de variation de la force de sertissage (K2) et la courbe de variation de la force de sertissage de référence (K1), aires au moyen desquelles les messages de défaut et les indications sur la qualité de l'assemblage serti sont produits.
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé**
en ce que les aires de défaut (RS, RU) sont déterminées avec un signe ou en valeur absolue.

5. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé**

en ce que des valeurs limites (BL, TL, SL, DL) sont formées pour chaque zone à analyser (Z1....Z3) en fonction de la largeur de zone (W1....W4) et/ou des valeurs limites (BLO, TLO, SLO, DLO) sont formées pour toutes les zones à analyser (Z1....Z3) et que les messages de défaut et les indications sur la qualité de l'assemblage serti sont produits à partir de la comparaison entre les valeurs limites et les aires de défaut (RS, RU, RUO).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

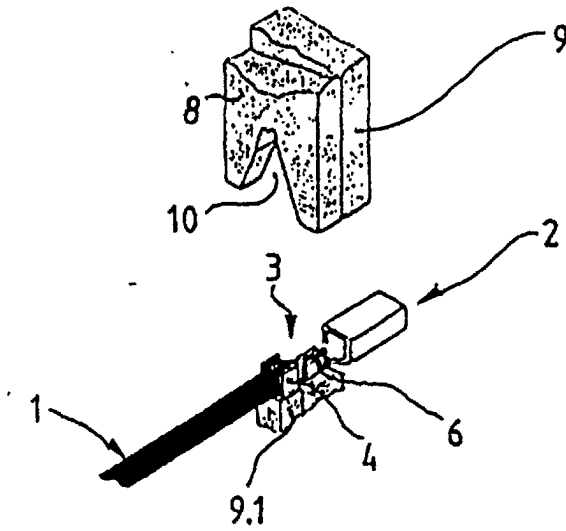


Fig. 2

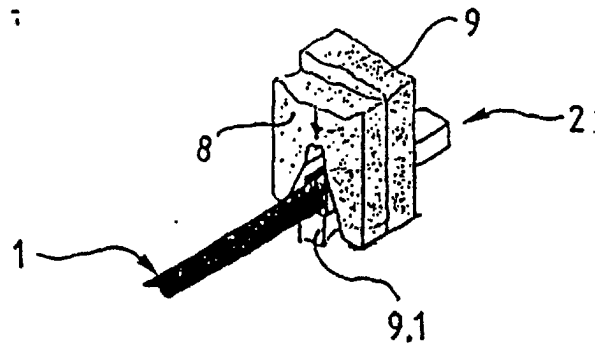


Fig. 3

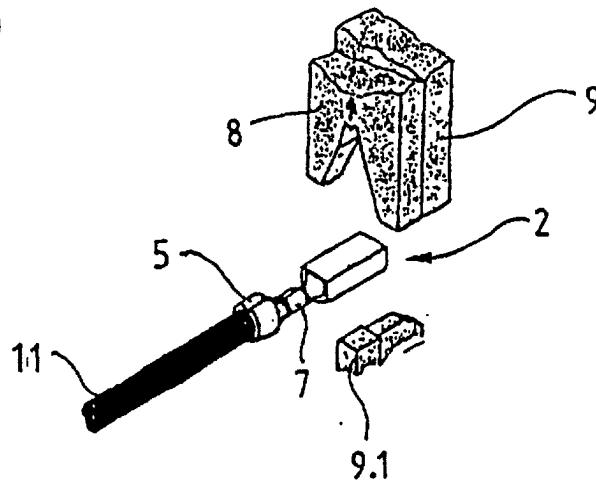


Fig. 4

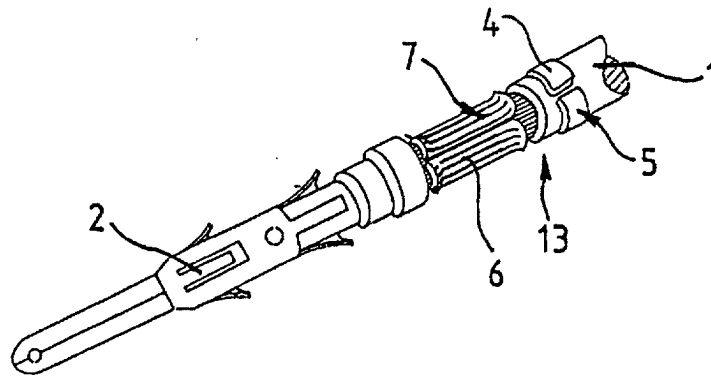


Fig. 5

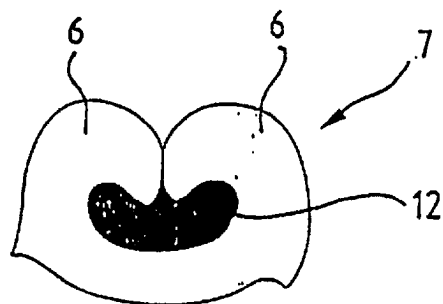


Fig. 6

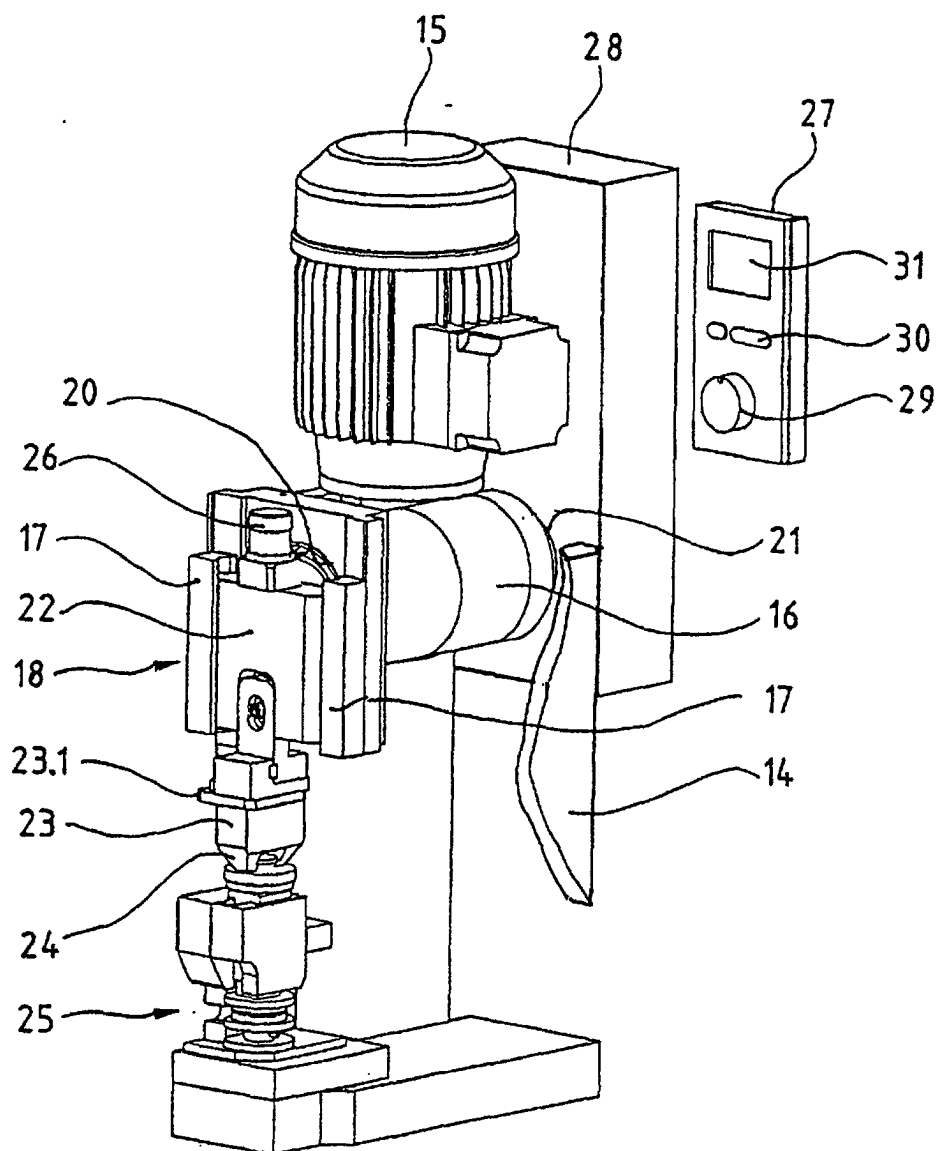


Fig. 7

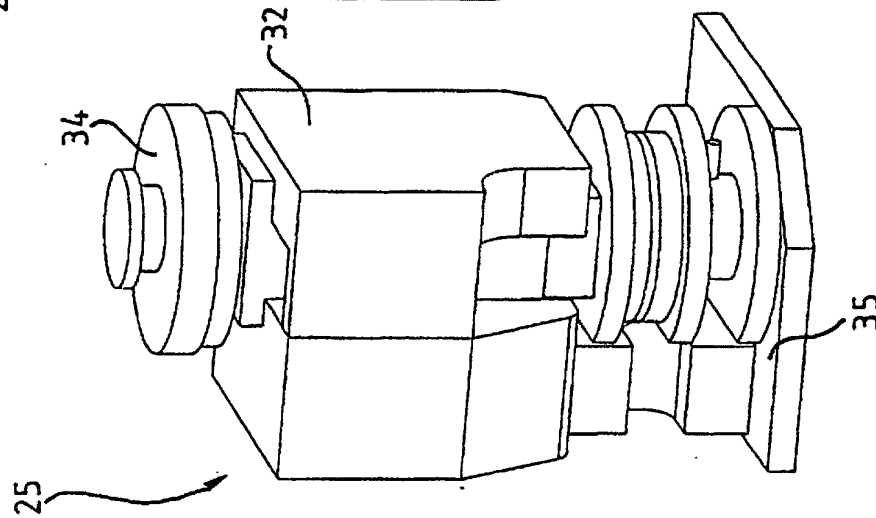


Fig. 8

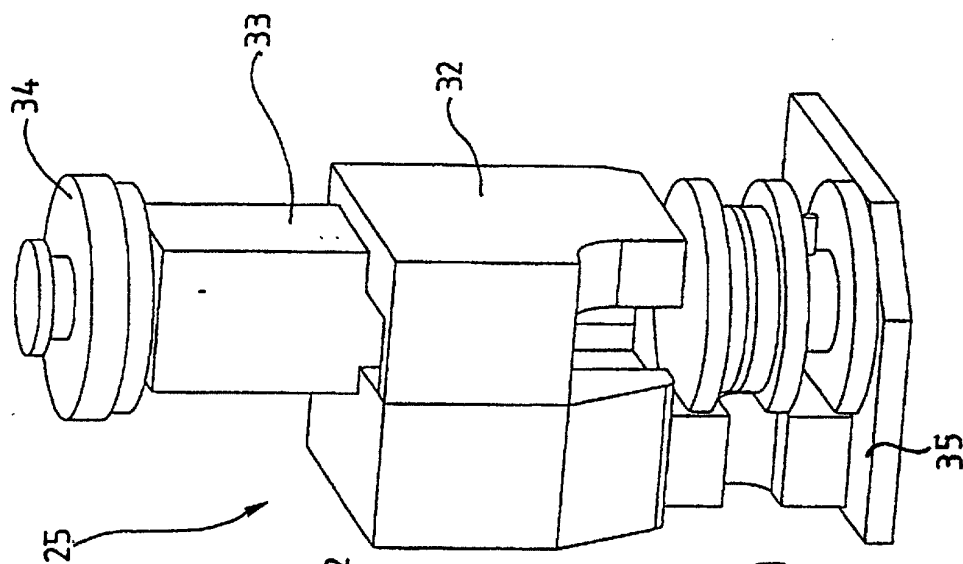


Fig. 9

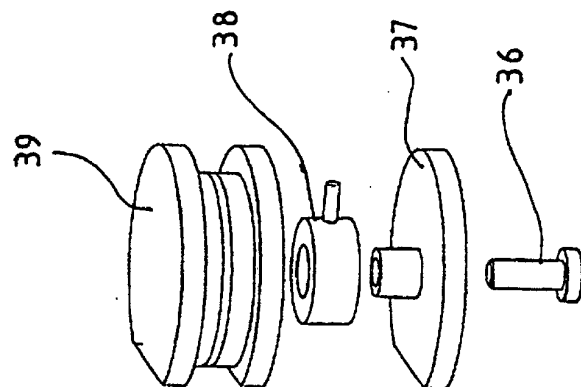


Fig. 9a

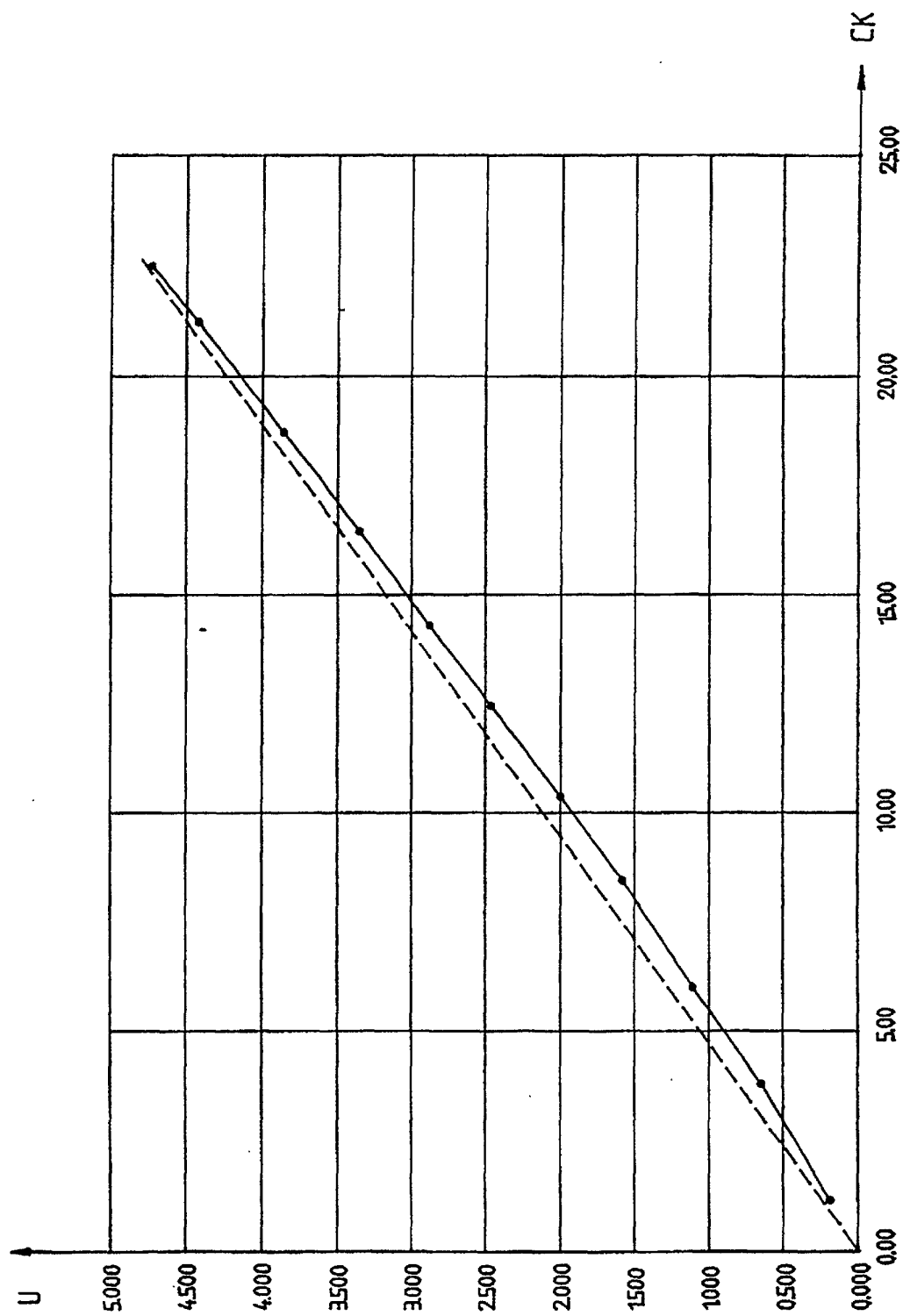


Fig. 10

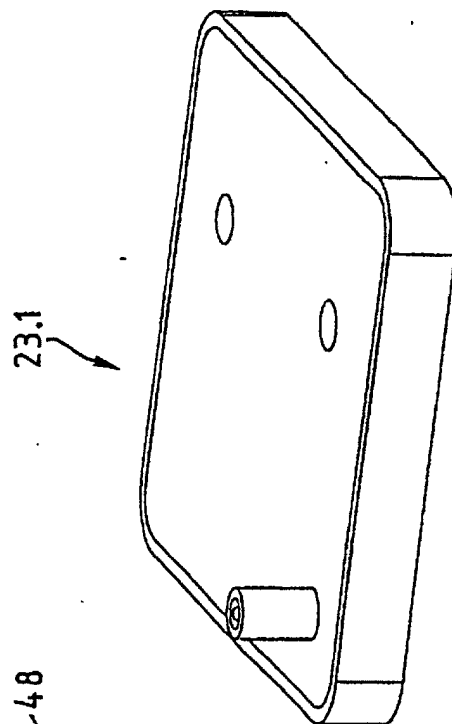


Fig. 11

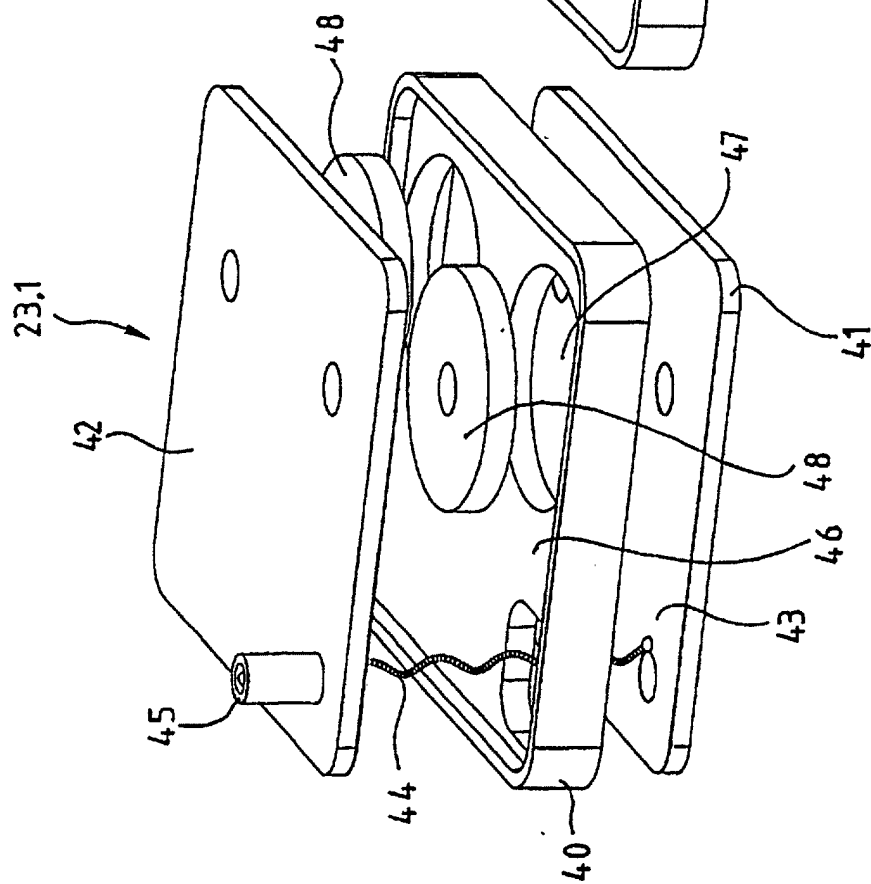


Fig. 12

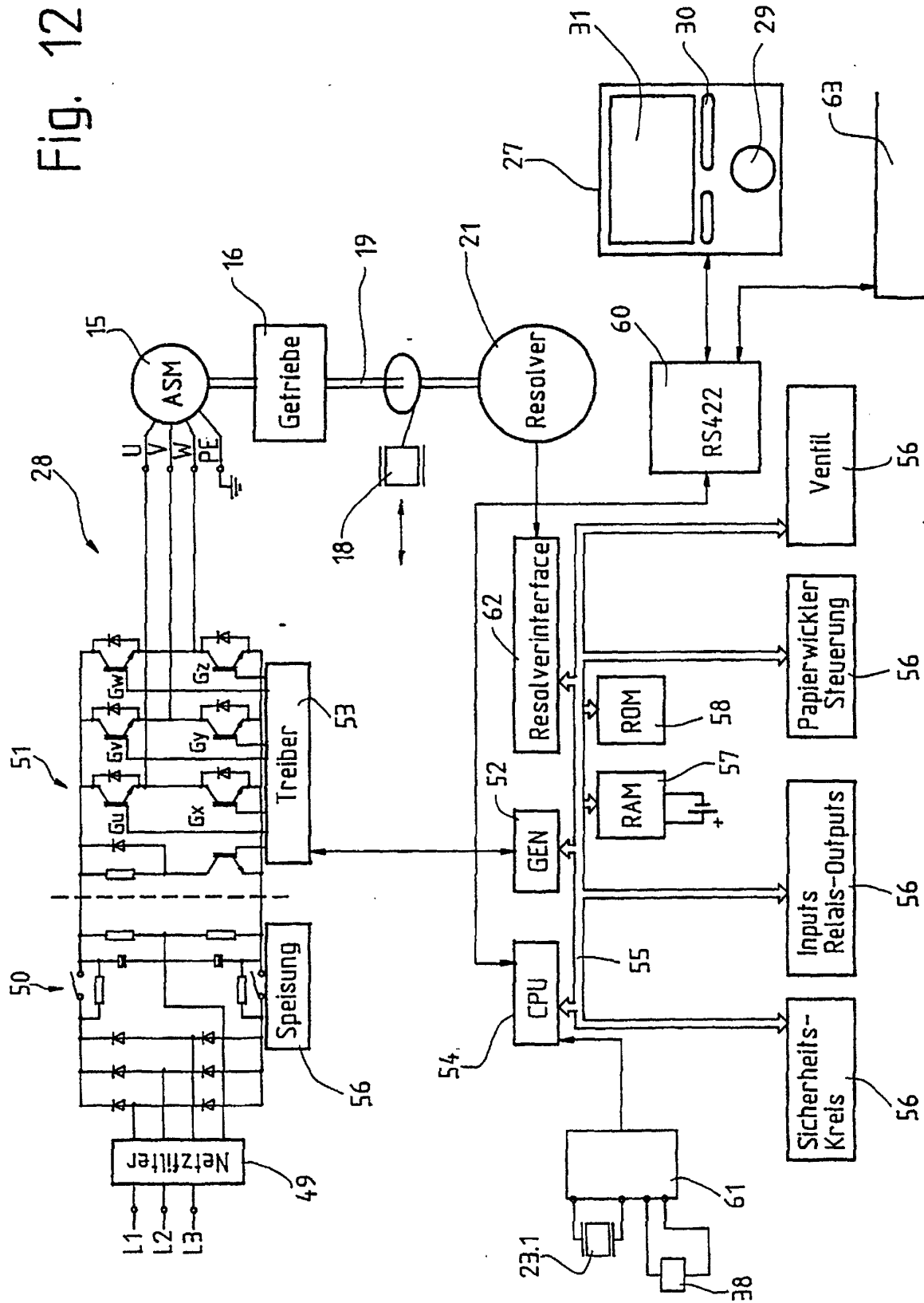


Fig. 13

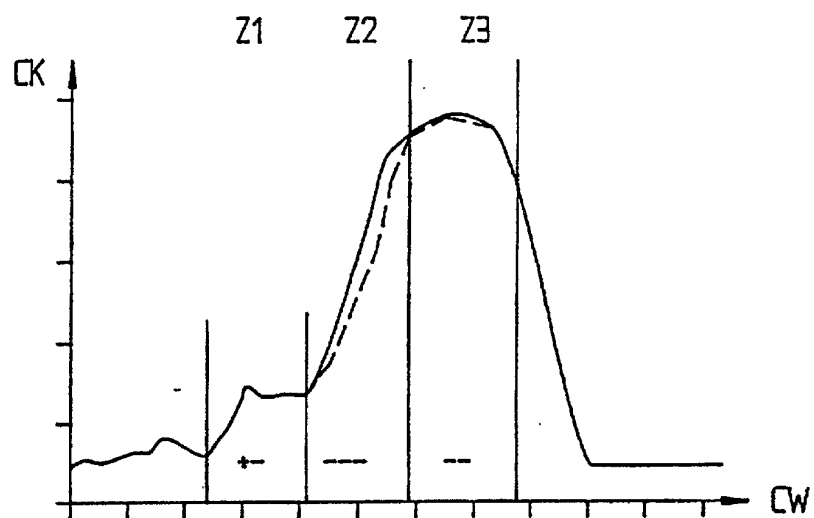


Fig. 14

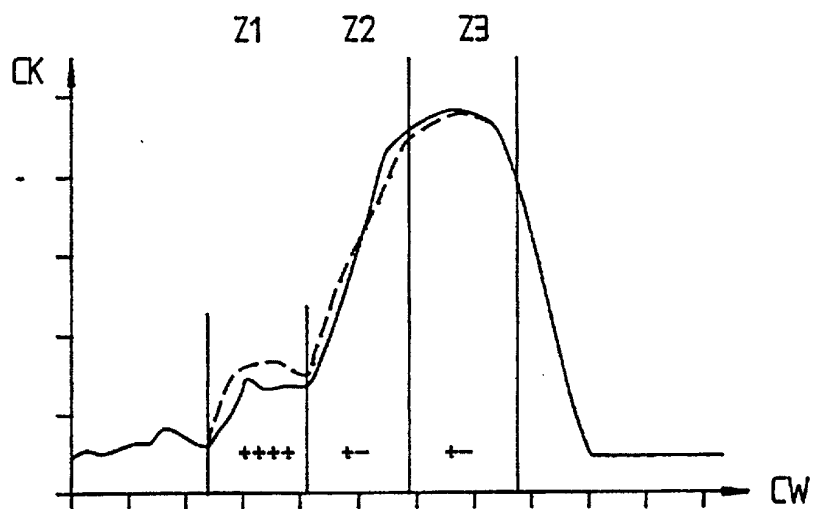


Fig. 15

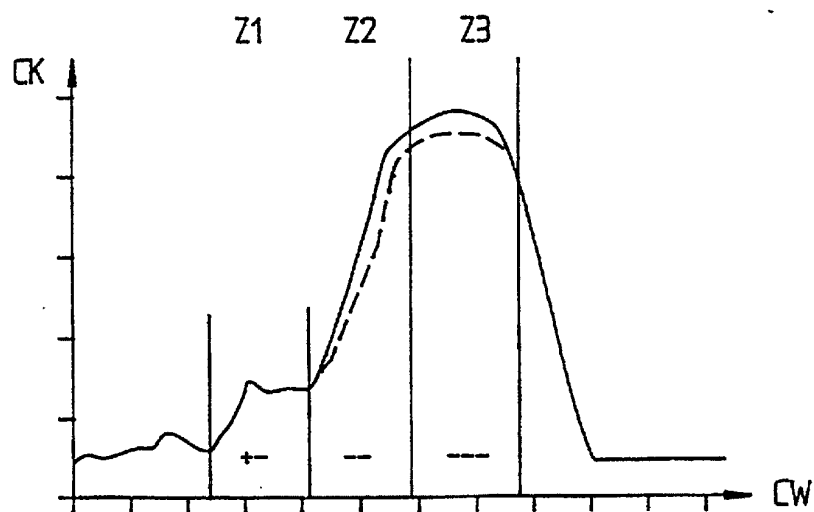
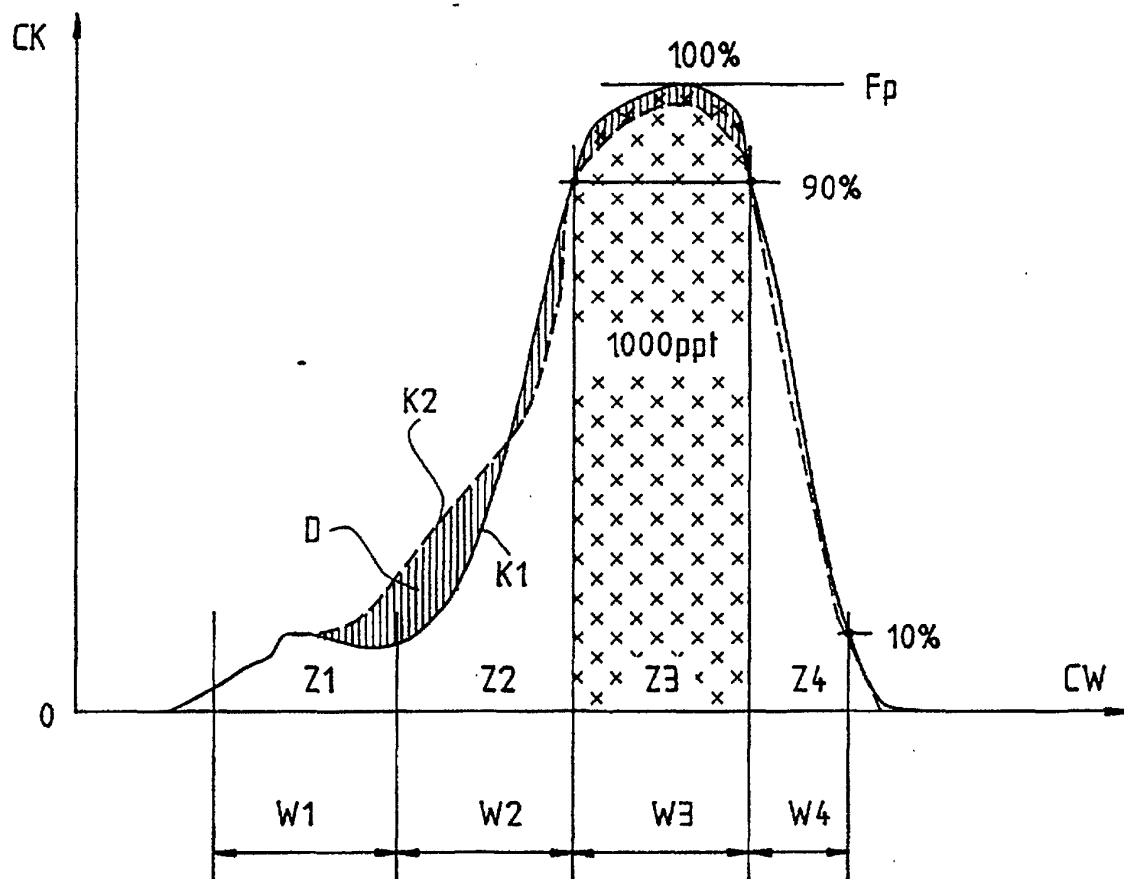


Fig. 16



	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Alle Zonen	Grenzwerte
Breite der Zone n W4=Breite 90%-10% Fp Zone 4 der gemittelten Referenzkurve	W1 e.g. 1,0xW4 Bereich 0...2,0	W1 e.g. 1,0xW4 Bereich 0...2,0	W1 90%-90% Fp		Fig. 17
Sensibilitätsfaktor der Zone n	S1 e.g. 0,7 Bereich 0,5...1,0	S2 e.g. 0,7 Bereich 0,5...1,0	S3 e.g. 0,7 Bereich 0,5...1,0		
Fläche F (gemittelte Referenzkurve)	F1	F2	F3		
Erster Messwert [ppt] relativ zu F3=1000 ppt	RS1	RS2	RS3		
Zweiter Messwert [ppt] relativ zu F3=1000 ppt	RU1	RU2	RU3	RU0	
Schlechtschwelle gemittelte, drifftkompensierte Referenzkurve	RS1 > BL1 $BL1 = \frac{W1}{BL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S1}}$	RS2 > BL2 $BL2 = \frac{W1}{BL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S2}}$	RS3 > BL3 $BL3 = \frac{W1}{BL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S3}}$	RU0 > BL0	BL0 e.g. 50 [ppt] Bereich 10...500
Lernschwelle Erstreferenzkurve	RS1 > TL1 $TL1 = \frac{W1}{TL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S1}}$	RS2 > TL2 $TL2 = \frac{W1}{TL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S2}}$	RS3 > TL3 $TL3 = \frac{W1}{TL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S3}}$	RU0 > TL0 TL0 = BL0 • T	T e.g. 0,8 Bereich 0,5...1,0
Stoppschwelle gemittelte, drifftkompensierte Referenzkurve	RS1 > SL1 $SL1 = \frac{W1}{SL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S1}}$	RS2 > SL2 $SL2 = \frac{W1}{SL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S2}}$	RS3 > SL3 $SL3 = \frac{W1}{SL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S3}}$	RU0 > SL0 SL0 = BL0 • S	S e.g. 3,0 Bereich 2,0...10,0
Driftschwelle gemittelte, drifftkompensierte Originalreferenzkurve	RS1 > DL1 $DL1 = \frac{W1}{DL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S1}}$	RS2 > DL2 $DL2 = \frac{W1}{DL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S2}}$	RS3 > DL3 $DL3 = \frac{W1}{DL0 \cdot \frac{W1+W2+W3}{S3}}$	RU0 > DL0 DL0 = BL0 • D	D e.g. 3,0 Bereich 2,0...10,0

Fig. 18a

	Zone 1	Zone 2	Zone 3
	$\pm$	$\pm$	$\pm$
Typ 1	$ RS1 < 0,50 \text{ BL1}$	$RS2 < -1,00 \text{ BL2}$	$RS3 < -0,75 \text{ BL3}$
Typ 2	$ RS1 < 0,75 \text{ BL1}$	$RS2 < -1,50 \text{ BL2}$	$RS3 < -1,00 \text{ BL3}$
Typ 3	$ RS1 < 1,00 \text{ BL1}$	$RS2 < -2,00 \text{ BL2}$	$RS3 < -1,50 \text{ BL3}$

Fig. 18b

	Zone 1	Zone 2	Zone 3
	++++	$\pm$	$\pm$
Typ 1	$RS1 > +1,50 \text{ BL1}$	$ RS2 < 0,50 \text{ BL2}$	$ RS3 < 0,50 \text{ BL3}$
Typ 2	$RS1 > +2,00 \text{ BL1}$	$ RS2 < 0,75 \text{ BL2}$	$ RS3 < 0,75 \text{ BL3}$
Typ 3	$RS1 > +3,00 \text{ BL1}$	$ RS2 < 1,00 \text{ BL2}$	$ RS3 < 1,00 \text{ BL3}$

Fig. 18c

	Zone 1	Zone 2	Zone 3
	$\pm$	$\pm$	$\pm$
Typ 1	$ RS1 < 0,50 \text{ BL1}$	$RS2 < -0,75 \text{ BL2}$	$RS3 < -1,00 \text{ BL3}$
Typ 2	$ RS1 < 0,75 \text{ BL1}$	$RS2 < -1,00 \text{ BL2}$	$RS3 < -1,50 \text{ BL3}$
Typ 3	$ RS1 < 1,00 \text{ BL1}$	$RS2 < -1,50 \text{ BL2}$	$RS3 < -2,00 \text{ BL3}$