



(10) **DE 10 2013 100 799 A1** 2014.06.26

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 100 799.6**

(22) Anmeldetag: **28.01.2013**

(43) Offenlegungstag: **26.06.2014**

(51) Int Cl.: **H03M 1/66 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

10 2012 112 930.4 21.12.2012

(71) Anmelder:

Endress + Hauser Flowtec AG, Reinach, CH

(74) Vertreter:

Hahn, Christian, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 79585, Steinen, DE

(72) Erfinder:

Klein, Francois, Hagenthul de Haut, FR; Simon, Antoine, St. Louis, FR

(56) Ermittelter Stand der Technik:

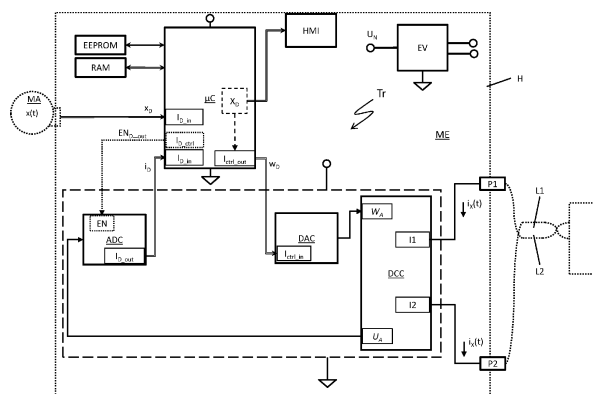
siehe Folgeseiten

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Umformerschaltung mit einer Stromschnittstelle sowie Meßgerät mit einer solchen Umformerschaltung**

(57) Zusammenfassung: Die Umformerschaltung dient dem Wandeln eines zeitlichen Verlauf einer zeitlich veränderlichen physikalischen und/oder chemischen Meßgröße (x) repräsentierenden digitalen Meßsignals (x_D) in ein von nämlichem digitalen Meßsignal abhängiges analoges Meßwertsignal mit einem Signalstrom (i_x) von dem eine Stromstärke einen Meßwert (X) für die Meßgröße repräsentiert. Dafür umfaßt die Umformerschaltung eine Stromschnittstelle mit einem Steuereingang (I_{ctrl_in}), mit einem Stromsignalausgang (I_1 , I_2), und mit einem Stromausgang (I_{D_out}). Darüberhinaus umfaßt die Umformerschaltung einen Mikroprozessor mit einem Meßsignaleingang (x_{D_in}) für das digitale Meßsignal (x_D), mit einem mit dem Stromsignalausgang (I_{IST_out}) der Stromschnittstelle verbundenen Stromsignaleingang (I_{D_in}) und mit einem mit dem Steuereingang (I_{ctrl_in}) der Stromschnittstelle verbundenen Steuerausgang (I_{ctrl_out}). Die Stromschnittstelle ist dafür eingerichtet, den Signalstrom durch den Stromausgang fließen zu lassen und währenddessen sowohl die Stromstärke auf einen einem am Steuereingang (I_{ctrl_in}) momentan angelegten Steuerwert ($w_{D,j}$) entsprechenden stationären Stromstärkepegel (i_x) einzuregeln, als auch am Stromsignalausgang (I_{IST_out}) eine Stromwertefolge (i_D) auszugeben. Ferner ist der Mikroprozessor dafür eingerichtet, basierend auf dem digitalen Meßsignal (x_D) eine Meßwertefolge zu generieren, und basierend darauf eine Steuerwertefolge (w_D) zu generieren und am Steuerausgang auszugeben sowie anhand der Steuerwertefolge (w_D) und der Stromwertefolge (i_D) die Stromschnittstelle zu überwachen und/oder zu überprüfen.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 62 334	A1
DE	10 2007 026 244	A1
DE	10 2007 027 276	A1
GB	2 229 897	A
US	6 452 493	B1
US	6 472 884	B1
US	6 684 340	B1
US	7 162 651	B2
US	7 296 482	B2
US	7 630 844	B2
US	7 778 784	B2
US	7 792 646	B2
US	2001 / 0 016 802	A1
US	2010 / 0 026 322	A1
US	2011 / 0 062 942	A1
US	6 014 100	A
US	6 140 940	A
US	5 672 975	A
EP	1 591 977	A1
WO	88/ 02 476	A1
WO	88/ 02 853	A1
WO	94/ 20 940	A1
WO	95/ 08 123	A1
WO	95/ 08 758	A1
WO	00/ 26 739	A1
WO	00/ 48 157	A1
WO	01/ 71 291	A1
WO	2003/ 106 931	A2
WO	2008/ 091 548	A2
WO	2009/ 002 341	A1
WO	2011/ 005 938	A2
WO	2012/ 009 003	A2
WO	2012/ 159 683	A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine, insb. zur Verwendung in einem digitalen Meßumformer mit analogem Ausgangssignal geeignete, Umformerschaltung zum Wandeln eines zeitlichen Verlauf einer zeitlich veränderlichen physikalischen und/oder chemischen Meßgröße repräsentierenden digitalen Meßsignals in ein von nädlichem digitalen Meßsignal abhängiges analoges Meßwertsignal mit einem Signalstrom von dem eine Stromstärke einen Meßwert für die Meßgröße repräsentiert. Desweiteren besteht die Erfindung in einem mittels einer solchen Umformerschaltung gebildeten Meßgerät.

[0002] In der industriellen Meß- und Automatisierungstechnik werden, insb. auch im Zusammenhang mit der Automation chemischer oder verfahrenstechnischer Prozesse und/oder der automatisierten Steuerung von industriellen Anlagen, unmittelbar an der jeweiligen Anlage installierte, gelegentlich auch als Feldgeräte oder auch als Feldmeßgeräte bezeichnete, Meßgeräte, wie z.B. Coriolis-Massendurchfluß-Meßgeräte, Dichte-Meßgeräte, magnetisch-induktive Durchflußmeßgeräte, Wirbel-Durchflußmeßgeräte, Ultraschall-Durchflußmeßgeräte, thermische Massendurchfluß-Meßgeräte, Druck-Meßgeräte, Füllstand-Meßgeräte, Temperatur-Meßgeräte, pH-Wert-Meßgeräte etc., eingesetzt, die jeweils der Ermittlung von eine jeweils innerhalb eines vorgegebenen Meßbereichs zeitlich veränderliche physikalische und/oder chemische Meßgröße repräsentierenden Meßwerten sowie der Erzeugung von jeweils wenigstens einem nädliche Meßwerte extern des jeweiligen Meßgeräts übertragenden – digitalen oder analogen – Meßwertsignal dienen. Bei der mittels des jeweiligen Meßgeräts jeweils zu erfassenden Meßgröße kann es sich, je nach Anwendung, beispielsweise um einen Massendurchfluß, eine Dichte, eine Viskosität, einen Füll- oder einen Grenzstand, einen Druck, ein pH-Wert, eine elektrische Leitfähigkeit oder eine Temperatur oder dergleichen, eines flüssigen, pulver-, dampf- oder gasförmigen Mediums handeln, das in einem entsprechenden Behälter, wie z.B. einer Rohrleitung oder einem Tank, geführt bzw. vorgehalten wird. Solche, dem Fachmann an und für sich bekannte Meßgeräte sind u.a. in der EP-A 1 591 977, der GB-A 22 29 897, der US-A 2001/0016802, der US-A 2010/0026322, der US-A 2011/0062942, der US-A 56 72 975, der US-A 60 14 100, der US-A 61 40 940, der US-B 64 52 493, der US-B 64 72 884, der US-B 66 84 340, der US-B 71 62 651, der US-B 72 96 482, der US-B 76 30 844, der US-B 77 78 784, der US-B 77 92 646, WO-A 00/26739, der WO-A 00/48157, der WO-A 01/71291, der WO-A 03/106931, der WO-A 2008/091548, der WO-A 2009/002341, der WO-A 2011/005938, der WO-A 2012/009003, der WO-A 2012/159683, der WO-A 88/02476, der WO-A 88/02853, der WO-A 94/20940, der WO-A 95/08123, der WO-A 95/08758 oder auch der eigenen, nicht vorveröffentlichten internationalen Anmeldung PCT/EP2012/057791 gezeigt bzw. werden von der Anmelderin selbst, beispielsweise unter der Bezeichnung t-trend ATT12, Promag 53H, Prowirl 73F, Promass E 200, Promass F 200, Promass 83X, oder Promass 84F, gewerblich angeboten.

[0003] Zum Erfassen der jeweiligen Prozeßgrößen weisen Meßgeräte der vorgenannten Art jeweils einen entsprechenden physikalisch-elektrischen oder chemisch-elektrischen Meßaufnehmer auf. Dieser ist zumeist in eine Wandung des das Medium jeweils führenden Behälters oder der in den Verlauf einer das Medium jeweils führenden Leitung, beispielsweise eine Rohrleitung, eingesetzt und dient dazu, wenigstens ein mit der zu erfassenden Meßgröße entsprechend korrespondierendes, nämlich deren zeitlichen Verlauf repräsentierenden zunächst analoges elektrisches Meßsignals zu generieren, das wiederum mittels einer an den Meßwandler elektrisch angeschlossenen Meßgerät-Elektronik weiterverarbeitet wird, derart, daß entsprechende Meßwerte für die Meßgrößen ermittelt werden. Die Meßgerät-Elektronik des jeweiligen Meßgeräts ist zumeist in einem vergleichsweise robusten, etwa schlag-, druck-, explosions- und/oder wetterfesten, Elektronik-Gehäuse untergebracht. Dieses kann z.B. vom Meßaufnehmer entfernt angeordnet und mit diesem nur über eine flexible Leitung verbunden sein; es kann aber auch direkt am Meßaufnehmer bzw. an einem den Meßaufnehmer separat einhausenden Meßaufnehmer-Gehäuse angeordnet sein. Die Meßgerät-Elektronik von Meßgeräten der in Rede stehenden ist im Betrieb zudem über entsprechende Anschlußklemmen und damit verbundene elektrische Anschlußleitungen an ein vom jeweiligen Meßgerät zumeist räumlich entfernt angeordnetes, zumeist auch räumlich verteiltes, übergeordnetes elektronisches Datenverarbeitungssystem elektrisch angeschlossen, an das die vom jeweiligen Meßgerät erzeugten Meßwerte mittels des Meßwertesignals in einem vom Datenverarbeitungssystem verarbeitbaren Format weitergegeben werden. Sehr verbreitet ist in der Meßtechnik, nicht zuletzt auch für den Fall, Meßwertesignale über größere, beispielsweise in der Größenordnung von 10 m bis einige hundert Meter liegende, Distanzen hinweg zu übertragen sind, die Verwendung von analogen Stromsignalen, nämlich von analogen Meßwertesignalen, bei denen eine momentane Stromstärke eines eingepprägten gleichwohl innerhalb einer vorgegebenen Meßspanne, nämlich innerhalb eines zur Übertragung von Meßwerten reservierten Strombereichs, veränderlichen Signalstrom jeweils genau einen Meßwert für die Meßgröße repräsentiert. In der industriellen Meßtechnik werden zur Übertragung von Meßwerten oftmals sogenannte 4–20 mA Stromschleifen, mithin als Meßwertesignale solche Signalströme verwendet, die innerhalb einer zwischen einer auf etwa 3,8 mA festgesetzten – gelegentlich auch als stromführender Nullpunkt oder Life-Zero-Wert be-

zeichneten – unteren Grenzstromstärke sowie einer auf etwa 20,5 mA festgesetzten oberen Grenzstromstärke liegenden Meßspanne veränderlich sind. Unterhalb bzw. oberhalb nämlicher, u.a. auch in der Norm DIN IEC 60381-1 definierten, Meßspanne liegende Stromstärkebereich sind bei 4–20 mA Stromschleifen zumeist für die Signalisierung vorab definierter, von einem dem normalen Meßbetrieb des jeweiligen Meßgeräts entsprechenden Normalbetriebsmodus abweichenden Sonderbetriebszuständen, beispielsweise Alarmzuständen infolge einer außerhalb eines für das Meßgerät spezifizierten Meßbereich liegende Meßgröße oder infolge eines Ausfalls des jeweiligen Meßaufnehmers, entsprechenden Sonderbetriebsmoden des Meßgeräts reserviert, etwa auch um den in der NAMUR-Empfehlung NE43:18.01.1994 formulierten Anforderungen an vereinheitlichte Signalpegel für die Ausfallinformation digitaler Meßumformer mit analogem Ausgangssignal zu genügen.

[0004] Zum Erzeugen des Meßwertsignals wird bei modernen Meßgeräten der in Rede stehenden Art mittels einer, beispielsweise unmittelbar am Meßaufnehmer und/oder innerhalb des erwähnten Elektronik-Gehäuses angeordneten, Analog-zu-Digital-Wandlers zunächst aus dem analogen elektrischen Meßsignal des Meßwandlers ein dieses repräsentierendes digitales Meßsignal gewonnen. Zum weiteren Verarbeiten des digitalen Meßsignals, nämlich zum Erzeugen von die jeweilige Meßgröße repräsentierenden digitalen Meßwerten sowie zum Umwandeln nämlicher Meßwerte in zumindest ein extern des Meßgerät-Elektronik übertrag- und auswertbares Meßwertesignal der vorbeschriebenen Art, weist die Meßgerät-Elektronik ferner eine das digitale Meßsignal empfangende Umformerschaltung auf. Wie u.a. auch in der eingangs erwähnten US-A 2001/0016802, US-A 2010/0026322, US-A 2011/0062942, US-B 76 30 844, US-B 77 92 646, US-B 77 78 784, US-B 64 52 493, US-A 60 14 100, WO-A 95/08123 oder WO-A 2012/009003 jeweils gezeigt, sind nämliche Umformerschaltungen bei modernen Meßgeräten der in Rede stehenden Art zumeist mittels eines, gelegentlich auch mehr als einen Prozessor und/oder eine digitalen Signalprozessors (DSP) aufweisenden, digitalen Mikroprozessors gebildet, dem über einen Meßsignaleingang das digitale Meßsignal zugeführt ist. Nämlicher Mikroprozessor ist u.a. auch dafür eingerichtet, basierend auf dem digitalen Meßsignal am Meßsignaleingang eine Meßwertefolge, nämlich eine einen zeitlichen Verlauf der Meßgröße repräsentierende Sequenz von für verschiedene Zeitpunkte gewonnenen, die Meßgröße jeweils momentan repräsentierenden digitalen Meßwerten zu generieren.

[0005] Für den erwähnten Fall, daß das als Meßwertesignal ein analoges Stromsignal ausgegeben werden soll, weist nämliche Umformerschaltung ferner eine vom Mikroprozessor gesteuerte Stromschnittstelle mit wenigstens einem Stromausgang und mit einem Steuereingang auf, die dafür eingerichtet ist, den Signalstrom durch den Stromausgang fließen zu lassen und währenddessen sowohl dessen Stromstärke auf einen vom Mikroprozessor an einem entsprechenden Steuerausgang vorgegebenen, an nämlichem Steuereingang momentan angelegten Steuerwert entsprechenden stationären Stromstärkepegel einzuregeln, derart, daß jeder der stationären Stromstärkepegel gemäß einer der Stromschnittstelle immanenten, nämlich durch die Betriebsparameter der die Stromschnittstelle bildenden elektronischen Komponenten bestimmten Kennlinienfunktion von jeweils einem zugehörigen Steuerwert abhängig ist. Die Stromschnittstelle kann hierbei als eine passive, nämlich einen von einer extern des Meßgeräts angeordneten Versorgungsschaltung getriebenen Strom im Sinne einer Lastmodulation einstellende Schnittstelle, oder als aktive, nämlich einen von einer internen Versorgungsschaltung des Meßgeräts getriebenen Strom variierende Schnittstelle ausgebildet sein. Im Mikroprozessor ist ferner eine entsprechende, von wenigstens zwei vorgegebenen Koeffizienten bestimmten Rechenvorschrift hinterlegt, die festlegt wie jeder der Steuerwerte der Steuerwertefolge in Abhängigkeit von den digitalen Meßwerten der Meßwertefolge zu ermitteln ist. Nämliche Rechenvorschrift ist zumeist eine von genau zwei Koeffizienten bestimmte lineare Funktion bzw. Polynomfunktion vom Polynomgrad Eins. Insgesamt weisen somit Umformerschaltungen der in Rede stehenden Art eine durch nämliche Rechenvorschrift und die der Stromschnittstelle innewohnende Kennlinienfunktion bestimmte Umformerkenlinie auf, gemäß der die jeweilige Umformerschaltung jeden der Meßwerte in einen entsprechenden Stromstärkepegel wandelt bzw. gemäß der eine innerhalb des jeweils vorgegebenen Meßbereichs liegende Meßgröße auf den Signalstrom abgebildet wird.

[0006] Üblicherweise sind solche Stromschnittstellen mittels eines linearen Stromreglers und einem diesem vorgeschalteten Digital-zu-Analog-Wandler zur Konvertierung des digitalen in einen entsprechend analogen Steuerwert für den einzustellen Signalstrom gebildet. Den momentanen Stromstärkepegel erfaßt der lineare Stromregler dabei mittels einer über einem vom Signalstrom durchflossenen Meßwiderstand abfallenden analogen Meßspannung. Wie in der eingangs erwähnten WO-A 95/08123 ferner gezeigt, können nämliche Stromschnittstellen zudem einen mittels eines nämliche Meßspannung digitalisierenden Analog-zu-Digitalwandlers gebildeten Stromsignalausgang aufweisen, an dem eine Stromwertefolge, nämlich eine einen zeitlichen Verlauf der tatsächlich eingestellten Stromstärke des Signalstroms repräsentierende Sequenz von für verschiedene Zeitpunkte gewonnenen, die jeweilige Stromstärke jeweils repräsentierenden digitalen Stromwerten ausgegeben wird. Über einen mit nämlichem Stromsignalausgang entsprechend verbundenen Stromsignaleingang des Mikroprozessors können die digitalen Stromwerte vom Mikroprozessor eingelesen und weiterverarbeitet werden, beispielsweise nämlich zur Ermittlung einer Abhängigkeit einer Klemmenspannung, die zwischen zwei

jeweils mit einer extern des Meßgeräts verlaufenden, im Betrieb den Signalstrom führenden Anschlußleitung verbundene Anschlußklemmen meßbar ist, von der mittels der Stromschnittstelle für den Signalstrom tatsächlich eingestellten Stromstärke verwendet werden.

[0007] Meßgeräte der in Rede stehenden Art sind auch nach deren Inbetriebnahme, insb. im Sinne einer Nachkalibrierung, gelegentlich daraufhin zu überprüfen – sei es auf Veranlassung des das Meßgerät betreibenden Anwenders und/oder auf Anforderung einer die mittels des Meßgerät gebildete Meßstelle beaufsichtigenden Behörde –, ob die geforderte bzw. in der Spezifikation ausgewiesene Meßgenauigkeit, nämlich jene Genauigkeit, mit der die Meßgröße schlußendlich auf das Meßwersignal abgebildet wird, nach wie vor verläßlich erreicht ist. Ein besonderes Augenmerk kommt bei solchen Überprüfung von Meßgeräten der in Rede stehenden Art u.a. auch deren jeweiliger Stromschnittstelle zu. Dies nicht zuletzt auch deshalb, weil regelmäßig davon auszugehen ist, daß die der Stromschnittstelle aktuell innewohnende Kennlinienfunktion, gemäß der die Stromstärke des Signalstroms in Abhängigkeit vom zugehörigen Steuerwert momentan tatsächlich einstellt wird, alterungsbedingt von einer der jeweiligen Stromschnittstelle ursprünglich, nämlich zu einem früheren Zeitpunkt, beispielsweise während einer Kalibrierung beim Hersteller oder während einer Inbetriebnahme des Meßgeräts, innewohnenden Kennlinienfunktion abweichen kann. Die Überprüfung der Stromschnittstelle erfolgt herkömmlicherweise dadurch, daß ein Strommeßgerät, beispielsweise ein digitale Amperemeter, in den mittels der Stromschnittstelle gebildeten Stromkreis eingeschleift wird, derart, daß auch nämliches Strommeßgerät auch den Signalstrom führen kann, und hernach der Mikroprozessor, ausgelöst durch einen entsprechenden Startbefehl, ein entsprechendes Testprogramm ausführt, in dem ein Ensemble vorab definierter Prüf-Steuerwerte nacheinander an die Stromschnittstelle übergeben und eine dementsprechende Abfolge von Stromstärkepegeln erzeugt wird. Als Prüf-Steuerwerte werden zumeist auch jene Steuerwerten verwendet, die der mit Bereichsuntergrenze und/oder der Bereichsobergrenze des Meßbereichs korrespondierende Grenzstromstärke des Meßspanne entsprechen, beispielsweise also Steuerwerten für 4 mA bzw. von 20 mA entsprechen. Der in Abhängigkeit vom jeweiligen Prüf-Steuerwert tatsächlich eingestellte stationäre Stromstärkepegel wird mittels des Strommeßgerät jeweils genau gemessen und entsprechend angezeigt. Zum Zweck der Dokumentation der Überprüfung können die Prüf-Steuerwerte zusammen mit dem jeweiligen Meßwert für dementsprechend tatsächlich eingestellten Stromstärkepegel auch mittels eines, beispielsweise an das Strommeßgerät direkt angeschlossenen oder darin implementierten, digitalen Aufzeichnungsgerät gespeichert werden. Gleichmaßen können auch die jeweils vom Mikroprozessor eingestellten Prüf-Steuerwerte am Meßgerät zur Anzeige gebracht und/oder an das – zumindest für diesen Fall über eine entsprechende Serviceschnittstelle der Meßgerät-Elektronik mit dem Mikroprozessor kommunizierende – digitale Aufzeichnungsgerät zwecks Speicherung übermittelt werden.

[0008] Die vom Strommeßgerät ermittelten Meßwerte für die einzelnen Stromstärkepegel werden im Anschluß an die Strommessung mit dem jeweils zugehörigen Prüf-Steuerwert verglichen, derart, daß jeweils eine Abweichung des tatsächlich eingestellten stationären Stromstärkepegels vom jeweiligen Prüf-Steuerwert ermittelt wird. Falls sämtliche der Abweichungen innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbandes liegen, mithin keine signifikante Abweichung der aktuellen von der ursprünglichen Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle festzustellen ist, kann die Überprüfung der jeweiligen Stromschnittstelle als bestanden eingestuft werden, anderenfalls kann eine entsprechende Neujustierung der Umformerschaltung erforderlich sein. Solch eine Justierung kann bei konventionellen Umformerschaltungen z.B. dadurch erfolgen, daß die Meßwerte für die verschiedenen Stromstärkepegel in den Mikroprozessor eingelesen werden, beispielsweise durch manuelle Eingabe über eine daran angeschlossene Tastatur oder durch direktes Auslesen aus dem erwähnten Aufzeichnungsgerät, und der Mikroprozessor basierend auf nämlichen Meßwerte, den jeweils zugehörigen Prüf-Steuerwerten, sowie den im Mikroprozessor hinterlegten Koeffizienten der Rechenvorschrift zur Ermittlung der Steuerwerte ein neuer Satz Ersatz-Koeffizienten für die Rechenvorschrift berechnet und hernach die Rechenvorschrift modifiziert wird, indem hernach die Ersatz-Koeffizienten anstelle der ursprünglichen Koeffizienten für die Rechenvorschrift verwendet werden. Die Modifizierung nämlicher Rechenvorschrift kann bei herkömmlichen Meßgeräten beispielsweise auch erfolgen, indem die Meßwerte für die Stromstärkepegel, die jeweils zugehörigen Prüf-Steuerwerten zusammen mit den im Mikroprozessor hinterlegten Koeffizienten zunächst von einem extern des Meßgeräts bereitgehaltenen, ggf. auch via Serviceschnittstelle oder per Funkschnittstelle mit der Umformerschaltung kommunizierenden, portablen Rechner, beispielsweise einem Laptop oder einem Tablet-Computer, eingelesen und basierend darauf die entsprechenden Ersatz-Koeffizienten errechnet werden, die hernach wiederum an den Mikroprozessor der Umformerschaltung übergeben werden.

[0009] Ein Nachteil konventioneller Meßgerät-Elektroniken der vorgenannten Art bzw. der darin implementierten Umformerschaltungen ist darin zu sehen, daß zur Überprüfung von deren Stromschnittstelle der normale Meßbetrieb des Meßgerät unterbrochen, mithin der von der Meßstelle aus überwachte Anlagenteil für die Dauer der Überprüfung außer Betrieb genommen werden muß. Darüberhinaus erfordert eine solche Überprü-

fung ein zumeist sehr teures bzw. gleichermaßen wiederkehrend zu kalibrierendes Strommeßgerät, mithin ein spezielles Prüfmittel. Ein weiterer Nachteil von herkömmlichen Meßgerät-Elektronik der in Rede stehenden Art bzw. deren jeweiliger Umformerschaltung ist in diesem Zusammenhang auch darin zu sehen, daß zum einen die Überprüfung der Stromschnittstelle erhebliche manuelle Eingriffe an dem jeweiligen, mittels des zu überprüfenden Meßgeräts sowie dem daran angeschlossenen Datenverarbeitungssystem gebildeten Meßsystem, hier nämlich das vorübergehende Einschleifen des für die Überprüfung unabdingbaren Strommeßgeräts, bedingt, und zum anderen auch eine allfällige Modifikation der Rechenvorschrift für die Steuerwerte weitere spezielle Prüfmittel in Form eines entsprechend kommunikationsfähigen Aufzeichnungsgeräts und/oder eines entsprechend programmierten Rechners, mithin einen nicht unerheblichen technischen Mehraufwand erfordert.

[0010] Dem Rechnung tragend besteht eine Aufgabe der Erfindung darin, Meßgerät-Elektroniken der in Rede stehenden Art, mithin damit gebildete Meßgeräte, dahingehend zu verbessern, daß nämlich Überprüfen der Stromschnittstelle auch allein mit bordeigenen, nämlich von der Meßgerät-Elektronik bereitgestellten Prüfmitteln, mithin auch ohne weitere manuelle Eingriff an installierten, nämlich via Anschlußleitungen bereits an ein übergeordnetes Datenverarbeitungssystem angeschlossenen Meßgeräten bzw. auch ohne spezielle externe Prüfmittel erfolgen kann, und zwar möglichst auch ohne langwährende Unterbrechungen des normalen Meßbetriebs.

[0011] Zur Lösung der Aufgabe besteht die Erfindung in einer Umformerschaltung, die dazu dient, ein einen zeitlichen Verlauf einer – beispielsweise innerhalb eines vorgegebenen Meßbereichs – zeitlich veränderlichen physikalischen und/oder chemischen Meßgröße repräsentierendes digitales Meßsignal in ein von nämlichem digitalen Meßsignal abhängiges analoges Meßwertsignal mit einem Signalstrom von dem eine Stromstärke einen Meßwert für die Meßgröße repräsentiert, zu wandeln. Die Umformerschaltung umfaßt dafür eine Stromschnittstelle mit einem Steuereingang, mit einem Stromsignalausgang, und mit einem Stromausgang sowie einen Mikroprozessor mit einem Meßsignaleingang für das digitale Meßsignal, mit einem mit dem Stromsignalausgang der Stromschnittstelle verbundenen Stromsignaleingang und mit einem mit dem Steuereingang der Stromschnittstelle verbundenen Steuerausgang. Bei der erfindungsgemäßen Umformerschaltung ist die Stromschnittstelle ferner dafür eingerichtet, den Signalstrom durch den Stromausgang fließen zu lassen und währenddessen sowohl die Stromstärke des Signalstroms auf einen einem am Steuereingang momentan angelegten Steuerwert entsprechenden stationären Stromstärkepegel einzuregeln, derart, daß jeder der stationären Stromstärkepegel gemäß einer der Stromschnittstelle immanenten – beispielsweise linearen – Kennlinienfunktion von jeweils einem zugehörigen Steuerwert abhängig ist, als auch am Stromsignalausgang eine Stromwertefolge, nämlich eine einen zeitlichen Verlauf der Stromstärke des Signalstroms repräsentierende Sequenz von für verschiedene Zeitpunkte gewonnenen, die Stromstärke momentan repräsentierenden digitalen Stromwerten, auszugeben. Desweiteren ist bei der erfindungsgemäßen Umformerschaltung der Mikroprozessor dafür eingerichtet, basierend auf dem digitalen Meßsignal am Meßsignaleingang eine Meßwertefolge, nämlich eine einen zeitlichen Verlauf der Meßgröße repräsentierende Sequenz von für verschiedene Zeitpunkte gewonnenen, die Meßgröße jeweils momentan repräsentierenden digitalen Meßwerten zu generieren, und basierend auf der Meßwertefolge eine Steuerwertefolge, nämlich eine Sequenz von digitalen Steuerwerten für die Stromschnittstelle, zu generieren und am Steuerausgang auszugeben, sowie basierend auf der Steuerwertefolge und der Stromwertefolge – beispielsweise nämlich basierend auf zumindest vorübergehend gespeicherten Steuerwerten sowie zumindest vorübergehend gespeicherten digitalen Stromwerten – die Stromschnittstelle zu überwachen und/oder zu überprüfen.

[0012] Darüberhinaus besteht die Erfindung in einem Meßgerät, umfassend: einen Meßaufnehmer zum Erfassen einer – beispielsweise innerhalb eines vorgegebenen Meßbereichs – zeitlich veränderlichen physikalischen und/oder chemischen Meßgröße und zum Generieren wenigstens eines einen zeitlichen Verlauf nämlichlicher Meßgröße repräsentierenden analogen Meßsignals sowie einen mit dem Meßaufnehmer elektrisch gekoppelte – beispielsweise in einem Elektronik-Gehäuse untergebrachte – Meßgerät-Elektronik, die dafür eingerichtet ist, das analoge Meßsignal in ein dieses, mithin einen zeitlichen Verlauf nämlichlicher Meßgröße repräsentierendes digitales Meßsignal zu wandeln, und die solche eine Umformerschaltung aufweist.

[0013] Nach einer ersten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Umformerschaltung ist der Mikroprozessor dafür eingerichtet, basierend auf der Steuerwertefolge und der Stromwertefolge – beispielsweise basierend auf zumindest vorübergehend gespeicherten Steuerwerten sowie zumindest vorübergehend gespeicherten digitalen Stromwerten – die Stromschnittstelle zu überprüfen, nämlich eine Abweichung zwischen einem Steuerwert und wenigstens einem zugehörigen digitalen Stromwert zu ermitteln; und/oder festzustellen, inwieweit nämlichlicher Stromwert vom Steuerwert abweicht; und/oder eine aktuelle Kennlinienfunktion, gemäß der die Stromschnittstelle die stationären Stromstärkepegel in Abhängigkeit von den digitalen Steuerwerten einstellt, zu ermitteln; und/oder festzustellen, ob bzw. inwieweit eine aktuelle Kennlinienfunktion, gemäß der die Stromschnitt-

stelle die stationären Stromstärkepegel in Abhängigkeit von den digitalen Steuerwerten einstellt, von einer zuvor für die Stromschnittstelle ermittelten Kennlinienfunktion abweicht.

[0014] Nach einer zweiten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Umformerschaltung ist vorgesehen, daß die Stromschnittstelle einen Freigabeeingang und der Mikroprozessor einen mit nämlichem Freigabeeingang der Stromschnittstelle verbundenen Freigabeausgang aufweisen, und daß die Stromschnittstelle zudem dafür eingerichtet ist, die Stromwertefolge am Stromsignalausgang auszugeben, nachdem ein den Stromsignalausgang aktivierender Steuerbefehl am Freigabeeingang angelegt ist bzw. der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, einen Steuerbefehl zum Aktivieren des Stromsignalausgangs zu generieren und am Freigabeausgang auszugeben. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend ist ferner vorgesehen, daß die Stromschnittstelle, zeitweise – beispielsweise bei Ausbleiben des den Stromsignalausgang aktivierenden Steuerbefehls bzw. nachdem ein vom Mikroprozessor generierter, den Stromsignalausgang deaktivierender Steuerbefehl am Freigabeeingang angelegt ist – keine Stromwertefolge am Stromsignalausgang ausgibt. Dies beispielsweise auch derart, daß eine Aktivierungszeit, nämlich eine über einen vorgegebenen Betriebszeitraum kumulierte Gesamtzeit, während der die Stromschnittstelle die Stromwertefolge am Stromsignalausgang ausgibt, kürzer ist als eine Deaktivierungszeit, nämlich eine über einen vorgegebenen Betriebszeitraum kumulierte Gesamtzeit, während der die Stromschnittstelle die Stromwertefolge am Stromsignalausgang nicht ausgibt.

[0015] Nach einer dritten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Umformerschaltung ist diese dafür eingerichtet, zeitweise – beispielsweise vorwiegend – in einem Normalbetriebsmodus betrieben zu werden, in dem die Meßgröße lediglich innerhalb eines dafür vorgegebenen Meßbereichs mit einer durch einen vorgegebenen kleinsten Meßwert für Meßgröße bestimmten Bereichsuntergrenze und einer durch einen vorgegebenen größten Meßwert für Meßgröße bestimmten Bereichsobergrenze zeitlich ändert, und in dem vom Mikroprozessor lediglich solche Steuerwerte am Steuerausgang ausgegeben werden, die die Stromschnittstelle veranlassen, die Stromstärke des Signalstroms so zu regeln, daß die stationären Stromstärkepegel jeweils innerhalb einer dafür vorgegebenen, nämlich mit dem für die Meßgröße vorgegebenen Meßbereich korrespondierenden, mithin eine mit dessen Bereichsuntergrenze korrespondierende erste Grenzstromstärke sowie eine mit dessen Bereichsobergrenze korrespondierende, von der ersten Grenzstromstärke verschiedene zweite Grenzstromstärke aufweisenden Meßspanne liegen. Die erste Grenzstromstärke kann hierbei z.B. 4 mA oder weniger, insb. mehr als 3,6 mA, bzw. die zweite Grenzstromstärke kann hierbei z.B. 20 mA oder mehr, insb. weniger als 21 mA, betragen.

[0016] Nach einer vierten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Umformerschaltung ist diese ferner eingerichtet – beispielsweise veranlaßt durch eine Störung der Umformerschaltung bzw. des digitalen Meßsignals und/oder veranlaßt durch eine außerhalb des Meßbereichs liegenden Meßgröße und/oder veranlaßt durch eine unzulässig hohen Abweichung wenigstens eines der stationären Stromstärkepegel von dem dafür vorgegebenen Steuerwert – zeitweise in einem Sonderbetriebsmodus betrieben zu werden, in dem vom Mikroprozessor am Steuerausgang, insb. ausschließlich, solche Steuerwerte ausgegeben werden, die die Stromschnittstelle veranlassen, die Stromstärke des Signalstroms so zu regeln, daß die stationären Stromstärkepegel außerhalb der vorgegebenen Meßspanne liegen.

[0017] Nach einer fünften Ausgestaltung der Erfindung ist der Mikroprozessor dafür eingerichtet, basierend auf der Steuerwertefolge und der Stromwertefolge – beispielsweise basierend auf gespeicherten Steuerwerten sowie gespeicherten digitalen Stromwerten – einen Umformerfehler zu ermitteln.

[0018] Nach einer sechsten Ausgestaltung der Erfindung ist die Umformerschaltung dafür eingerichtet ist, basierend auf der Steuerwertefolge und der Stromwertefolge zumindest gelegentlich zu überprüfen, ob ein stationärer Stromstärkepegel mit dem dafür vorgegebenen Steuerwert übereinstimmt bzw. inwieweit ein stationärer Stromstärkepegel von dem dafür vorgegebenen Steuerwert abweicht.

[0019] Nach einer siebenten Ausgestaltung der Erfindung ist der Mikroprozessor dafür eingerichtet, die Steuerwerte der Steuerwertefolge basierend auf einer von wenigstens zwei vorgegebenen, momentan gültigen Koeffizienten bestimmten Rechenvorschrift als Funktionswert einer, insb. linearen, Funktion wenigstens eines der digitalen Meßwerte der Meßwertefolge zu ermitteln. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend ist der Mikroprozessor ferner dafür eingerichtet, basierend auf der Steuerwertefolge und der Stromwertefolge – beispielsweise basierend auf gespeicherten Steuerwerten sowie gespeicherten digitalen Stromwerten – nämliche Rechenvorschrift auf eine aktuelle Kennlinienfunktion, gemäß der die Stromschnittstelle die stationären Stromstärkepegel in Abhängigkeit von den digitalen Steuerwerten einstellt, abzugleichen – beispielsweise derart, daß eine Abweichung der aktuellen Kennlinienfunktion von einer zuvor für die Stromschnittstelle ermittelten Kennlinienfunktion kompensiert wird. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend ist der Mikroprozessor dafür

eingerrichtet, gelegentlich – beispielsweise nachdem eine Abweichung eines stationären Stromstärkepegels von dem dafür vorgegebenen Steuerwert bzw. eine Abweichung einer aktuellen Kennlinienfunktion, gemäß der die Stromschnittstelle die stationären Stromstärkepegel in Abhängigkeit von den digitalen Steuerwerten einstellt, von einer zuvor für die Stromschnittstelle ermittelten Kennlinienfunktion festgestellt ist – wenigstens einen Ersatz-Koeffizienten für wenigstens einen der momentan gültigen gleichwohl zu ersetzenden Koeffizienten zu ermitteln. Dafür ist vorgesehen, daß die – beispielsweise zuvor in einem störungsfreien Normalbetriebsmodus betriebenen – Umformerschaltung zeitweise in einem Sonderbetriebsmodus versetzt wird – automatisch und/oder gesteuert durch den Mikroprozessor bzw. einen an diesen von extern übermittelten Steuerbefehl –, in dem vom Mikroprozessor am Steuerausgang – beispielsweise ausschließlich – solche Steuerwerte ausgegeben werden, die die Stromschnittstelle veranlassen, die Stromstärke des Signalstroms so zu regeln, daß die stationären Stromstärkepegel außerhalb der vorgegebenen Meßspanne liegen, und indem der Mikroprozessor den Ersatz-Koeffizienten ermittelt – beispielsweise derart, daß zum Ermitteln des wenigstens eines Ersatz-Koeffizienten wenigstens zwei voneinander abweichende Steuerwerte vom Mikroprozessor ausgegeben werden, von denen wenigstens einer die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke des Signalstroms so zu regeln, daß der zugehörige stationäre Stromstärkepegel unterhalb einer für eine Meßspanne vorgegebene kleinsten Grenzstromstärken liegt, und/oder von denen wenigstens einer die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke des Signalstroms so zu regeln, daß der zugehörige stationäre Stromstärkepegel oberhalb einer für eine Meßspanne vorgegebene größten Grenzstromstärken liegt.

[0020] Nach einer achten Ausgestaltung der Erfindung ist der Mikroprozessor dafür eingerichtet, die Steuerwerte der Steuerwertefolge als eine lineare Funktion eines der digitalen Meßwerte der Meßwertefolge, nämlich basierend auf einer von genau zwei vorgegebenen, momentan gültigen Koeffizienten bestimmten Polynomfunktion vom Polynomgrad, $N - 1 = 1$, zu ermitteln.

[0021] Nach einer neunten Ausgestaltung der Erfindung ist die Umformerschaltung dafür eingerichtet, in einem Inbetriebnahmehodus betrieben zu werden, in dem der Mikroprozessor zunächst gestartet wird und hernach, nämlich während des Inbetriebnahmehodus, die Stromschnittstelle zu überprüfen. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend ist ferner vorgesehen, daß der Mikroprozessor die Stromschnittstelle während des Inbetriebnahmehodus überprüft, indem am Steuerausgang ein Life-Zero-Steuerwert, nämlich ein Steuerwert ausgegeben wird, der die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke des Signalstroms so zu regeln, daß der zugehörige stationäre Stromstärkepegel einem Life-Zero-Wert, nämlich einer einen stromführenden Nullpunkt der Umformerschaltung signalisierenden Stromstärke, entspricht. Desweiteren ist vorgesehen, daß der Mikroprozessor die Stromschnittstelle während des Inbetriebnahmehodus überprüft, indem am Steuerausgang – beispielsweise zu einem späteren Zeitpunkt – ein vom Life-Zero-Steuerwert abweichender Steuerwert ausgegeben wird, der die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke, I_x , des Signalstroms so zu regeln, daß der zugehörige stationäre Stromstärkepegel einem oberhalb des Life-Zero-Wert liegenden – beispielsweise einem mehr als 20,5 mA und weniger als 23 mA betragenden Alarmstromwert – Stromwert entspricht. Basierend auf dem Life-Zero-Steuerwert, wenigstens einem nämlichem Life-Zero-Steuerwert entsprechenden digitalen Stromwert, dem vom Life-Zero-Steuerwert abweichenden Steuerwert sowie wenigstens einem nämlichem Steuerwert entsprechenden digitalen Stromwert kann der Mikroprozessor die Stromschnittstelle während des Inbetriebnahmehodus überprüfen, indem eine aktuelle Kennlinienfunktion, gemäß der die Stromschnittstelle die stationären Stromstärkepegel in Abhängigkeit von den digitalen Steuerwerten einstellt, ermittelt und mit einer dafür vorgegebenen Kennlinienfunktion verglichen wird und/oder sowohl eine Abweichung zwischen dem Life-Zero-Steuerwert und dem zugehörigen digitalen Stromwert als auch eine Abweichung zwischen dem anderen vom Life-Zero-Steuerwert abweichenden Steuerwert und dem zugehörigen digitalen Stromwert ermittelt werden und hernach festgestellt wird, ob jede der beiden ermittelten Abweichungen innerhalb bzw. außerhalb eines dafür vorgegebenen, zulässige Abweichungen repräsentierenden Toleranzbereichs liegt.

[0022] Nach einer ersten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Umformerschaltung ist ferner vorgesehen, daß diese weiters einen persistenten Datenspeicher aufweist. Ferner kann der Mikroprozessor zudem dafür eingerichtet sein, beispielsweise wenigstens einem zugehörigen digitalen Stromwert und/oder eine Abweichung zwischen einem Steuerwert und einem zugehörigen digitalen Stromwert nicht-flüchtig im Datenspeicher zu speichern, ggf. zusammen mit einem Zeitwert, der mit einem Zeitpunkt des Speicherns korrespondiert.

[0023] Nach einer zweiten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Umformerschaltung ist ferner vorgesehen, daß diese weiters einen flüchtigen Datenspeicher zum Speichern von digitalen Meßwerten und/oder digitalen Steuerwerten umfaßt. Ferner kann der Mikroprozessor zudem dafür eingerichtet sein, digitale Steuerwerte sowie digitale Stromwerte vorübergehend im Datenspeicher zu speichern.

[0024] Nach einer ersten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Meßgeräts umfaßt die Meßgerät-Elektronik weiters ein vom Mikroprozessor angesteuertes Anzeigeelement zum Anzeigen von mittels des Mikroprozessors generierten Meßwerten und zum Anzeigen eines mittels eines Stromwerts und eines Steuerwerts gebildeten Wertepaares und/oder einer Abweichung eines Stromwerts von einem Steuerwert und/oder zum Anzeigen eines Umformerfehlers.

[0025] Nach einer zweiten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Meßgeräts umfaßt die Meßgerät-Elektronik eine erste Anschlußklemme, die dafür eingerichtet ist, mit einer ersten extern der Umformerschaltung verlegten Anschlußleitung elektrisch verbunden zu werden, und eine zweite Anschlußklemme, die dafür eingerichtet ist, mit einer zweiten extern der Umformerschaltung verlegten Anschlußleitung elektrisch verbunden zu werden. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend ist ferner vorgesehen, daß der Stromausgang der Stromschnittstelle zwei Anschlußelektroden aufweist, von welchen Anschlußelektroden eine erste Anschlußelektrode mit der ersten Anschlußklemme und eine zweite Anschlußelektrode mit der zweiten Anschlußklemme elektrisch verbunden sind.

[0026] Nach einer dritten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Meßgeräts umfaßt die Meßgerät-Elektronik eine erste Anschlußklemme, die dafür eingerichtet ist, mit einer ersten extern der Umformerschaltung verlegten Anschlußleitung elektrisch verbunden zu werden, eine zweite Anschlußklemme, die dafür eingerichtet ist, mit einer zweiten extern der Umformerschaltung verlegten Anschlußleitung elektrisch verbunden zu werden, eine dritte Anschlußklemme, die dafür eingerichtet ist, mit einer dritten extern des Umformerschaltungs verlegten Anschlußleitung elektrisch verbunden zu werden, sowie eine vierte Anschlußklemme, die dafür eingerichtet ist, mit einer vierten extern des Umformerschaltungs verlegten Anschlußleitung elektrisch verbunden zu werden.

[0027] Nach einer vierten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Meßgeräts umfaßt die Meßgerät-Elektronik eine Energieversorgungsschaltung mit einem Eingang und mit wenigstens einem Ausgang, die dafür eingerichtet ist, an nämlichem Ausgang eine Nutzspannung zum Betreiben des Mikroprozessors und/oder zum Betreiben der Stromschnittstelle bereitzustellen. Diese Ausgestaltung der Erfindung weiterbildend ist die Energieversorgungsschaltung ferner dafür eingerichtet, zumindest einem Anteil des Signalstroms zu führen und dazu zu verwenden, die Nutzspannung zum Betreiben des Mikroprozessors und/oder zum Betreiben der Stromschnittstelle bereitzustellen.

[0028] Nach einer fünften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Meßgeräts umfaßt die Meßgerät-Elektronik eine Energieversorgungsschaltung mit einem Eingang und mit wenigstens einem Ausgang, die dafür eingerichtet ist, an nämlichem Ausgang eine Nutzspannung zum Betreiben des Mikroprozessors und/oder zum Betreiben der Stromschnittstelle bereitzustellen, und umfaßt die Meßgerät-Elektronik eine erste Anschlußklemme, die dafür eingerichtet ist, mit einer ersten extern der Umformerschaltung verlegten Anschlußleitung elektrisch verbunden zu werden, eine zweite Anschlußklemme, die dafür eingerichtet ist, mit einer zweiten extern der Umformerschaltung verlegten Anschlußleitung elektrisch verbunden zu werden, eine dritte Anschlußklemme, die dafür eingerichtet ist, mit einer dritten extern des Umformerschaltungs verlegten Anschlußleitung elektrisch verbunden zu werden, sowie eine vierte Anschlußklemme, die dafür eingerichtet ist, mit einer vierten extern des Umformerschaltungs verlegten Anschlußleitung elektrisch verbunden zu werden, wobei der Spannungseingang der Energieversorgungsschaltung zwei Anschlußelektroden aufweist, von welchen Anschlußelektroden eine erste Anschlußelektrode an die dritte Anschlußklemme und eine zweite Anschlußelektrode an die vierte Anschlußklemme angeschlossen sind.

[0029] Ein Grundgedanke der Erfindung besteht darin, die Stromschnittstelle von Meßgerät-Elektroniken der in Rede stehenden Art bzw. der damit gebildeten Meßgeräte jeweils dadurch zu überprüfen, daß im Betrieb des jeweiligen Meßgeräts von der Stromschnittstelle für den damit des tatsächlich eingestellten Strompegel – beispielsweise automatisch und/oder veranlaßt durch einen entsprechenden Steuerbefehl – gelegentlich ein digitaler Stromwert, nämlich ein einen momentan eingestellten Strompegel des Signalstroms repräsentierender Meßwert, generiert und an den Mikroprozessor übermittelt wird, und daß mittels des Mikroprozessors – beispielsweise wiederum automatisch und/oder veranlaßt durch einen entsprechenden Steuerbefehl – nämlich digitaler Stromwert mit dem dafür vorgegebenen, nämlich zuvor entsprechend an die Stromschnittstelle übermittelten Steuerwert verglichen wird, um so allfällige Veränderungen der der Stromschnittstelle immanenten Kennlinienfunktion, mithin daraus resultierenden Veränderungen der entsprechenden Umformerschaltung innewohnenden Umformerkenlinie möglichen frühzeitig erkennen zu können. Die Erfindung basiert u.a. auf der überraschenden Erkenntnis, daß der zur Ermittlung der digitaler Stromwerte erforderliche Analog-zu-Digitalwandler hinsichtlich seiner die Genauigkeit der Signalwandlung bestimmenden Kennwerte eine weitaus höhere Langzeitstabilität aufweisen kann, als die die Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle bestimmenden Kennwerte des letztlich den Signalstrom auf den jeweils vom Mikroprozessor vorgegebene Stromstärkepegel

einregelnde Stromreglers. Umgekehrt sind allfällige Diskrepanzen zwischen für die Meßgröße ermittelten Meßwerten und dafür schlußendlich eingestellten stationären Stromstärkepegel in überwiegendem Maße allein auf zeitlich änderndes Übertragungsverhalten nämlich Stromreglers und/oder des diesem vorangeschalteten Digital-zu-Analog-Wandlers zurückzuführen, nicht aber auf ein gleichermaßen nennenswertes Driften des im Vergleich dazu als zeitinvariant anzusehenden Analog-zu-Digitalwandlers, wodurch dieser als Referenz bzw. als Vergleichsnorm für den tatsächlich eingestellten stationären Stromstärkepegel nutzbar ist.

[0030] Wenngleich also eine Realisierung des mittels der Stromschnittstelle gebildeten Regelkreises zum Einstellen des Stromstärkepegels des Signalstroms, nicht zuletzt aufgrund der für solche Stromschnittstellen zu meist geforderten sehr niedrigen Ansprechzeiten (bzw. umgekehrt hohen Dynamik), nach wie vor nennenswert auch mittels Komponenten der Analogtechnik, wie etwa Operationsverstärkern, Transistoren etc., erfolgt bzw. erfolgen muß, so kann nunmehr dennoch allfälliges Driften der Stromschnittstelle sehr schnell und sehr verlässlich mittels des Mikroprozessors, mithin mit "bordeigenen" Prüfmitteln, erkannt und ggf. auch durch eine passendes Nachführen der Rechenvorschrift für die Steuerwerte geeignet kompensiert werden. Darüberhinaus können beispielsweise aber auch allfällige Prüfintervalle zwischen den gelegentlich dennoch mittels externer Prüfmittel durchzuführenden Re-Kalibrierung erfindungsgemäßer Umformerschaltungen, etwa zwecks der Erfüllung behördlicher Vorschriften, gegenüber nämlich Prüfintervallen bei konventionellen Umformerschaltungen nennenswert verlängert werden.

[0031] Für den Fall, daß mittels des Mikroprozessors eine außerhalb eines dafür vorgegebenen Toleranzbandes liegende Abweichung zwischen nämlichem digitalen Stromwert und dem jeweiligen Steuerwert festgestellt wird, kann dies zudem entsprechend zunächst signalisiert werden, beispielsweise visuell wahrnehmbar mittels eines vom Mikroprozessor angesteuerten Anzeigeelements des Meßgeräts quantitativ, etwa mit einer entsprechenden alphanumerischen Klartextanzeige, und/oder qualitativ, etwa mittels eines farbcodiertes Licht abgebenden und/oder entsprechend blinkenden Leuchtmittels. Darüberhinaus kann für den Fall, daß eine zu hohe, nämlich eine eine Nachjustierung der Umformerschaltung erfordernde Abweichung zwischen Strom- und Steuerwert festgestellt ist, mittels des Mikroprozessors, nämlich basierend auf dafür generierten Wertepaaren von digitalem Stromwert und jeweils zugehörigem Steuerwert, eine Neuberechnung der die für Generierung der Steuerwerte verwendeten Rechenvorschrift bestimmenden Koeffizienten erfolgen, derart, daß die mit der erneuerten Rechenvorschrift die die vorgenannten Abweichungen bewirkenden, beispielsweise alterungsbedingten, Veränderungen in der der Stromschnittstelle immanenten Kennlinienfunktion kompensiert werden, und/oder kann eine vorgezogene Re-Kalibrierung der jeweiligen Umformerschaltung mittels externer Prüfmittel automatisch veranlaßt werden.

[0032] Während die vorgenannte Überprüfung (Kalibrierung) der Stromschnittstelle bzw. der damit gebildeten Umformerschaltung ohne weiteres auch "on-the-fly", nämlich auch während des regulären Meßbetriebs durchführbar ist, kann im Falle, daß eine Nachjustierung der Umformerschaltung erforderlich geworden ist, gelegentlich auch ein Wechsel von einem dem normalen Meßbetrieb entsprechenden Normalbetriebsmodus in einen Sonderbetriebsmodus des Meßgeräts notwendig sein, beispielsweise derart, daß vom Mikroprozessor währenddessen am Steuerausgang ausschließlich solche Steuerwerte ausgegeben werden, die die Stromschnittstelle veranlassen, die Stromstärke des Signalstroms auf Stromstärkepegel außerhalb der vorgegebenen Meßspanne, beispielsweise auch in innerhalb eines für die Signalisierung von Alarmzuständen reservierten Bereichs, liegende, gleichwohl voneinander abweichende Strompegel einzuregeln.

[0033] Die Erfindung sowie weitere vorteilhafte Ausgestaltungen davon werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Gleiche Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen; wenn es die Übersichtlichkeit erfordert oder es anderweitig sinnvoll erscheint, wird auf bereits erwähnte Bezugszeichen in nachfolgenden Figuren verzichtet. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen oder Weiterbildungen, insb. auch Kombinationen zunächst nur einzeln erläuterter Teilaspekte der Erfindung, ergeben sich ferner aus den Figuren der Zeichnung wie auch den Unteransprüchen an sich. Im einzelnen zeigen:

[0034] Fig. 1 schematisch eine, insb. für ein Meßgerät der industriellen Meß- und Automatisierungstechnik geeigneten, Umformerschaltung mit einer von einem Mikroprozessor angesteuerten Stromschnittstelle;

[0035] Fig. 2, Fig. 3 schematisch eine Varianten für ein Meßgerät der industriellen Meß- und Automatisierungstechnik mit einer Umformerschaltung gemäß Fig. 1; und

[0036] Fig. 4 eine Zusammenstellung von die Wirkungsweise der in Fig. 1 gezeigten Umformerschaltung schematisch illustrierenden Zeitreihen- bzw. Kennlinien-Diagrammen.

[0037] In der Fig. 1 ist schematisch nach Art eines Blockschaltbildes ein Ausführungsbeispiel für eine, insb. für die Verwendung in der industriellen Meß- und Automatisierungstechnik geeignetes, Meßgerät mit einem Meßaufnehmer MA und mit einer daran elektrisch angeschlossenen elektronischen, nämlich zumindest anteilig mittels Halbleiterelementen gebildeten, Meßgerät-Elektronik ME dargestellt. Die Meßgerät-Elektronik ME in vorteilhafter Weise in einem entsprechenden, insb. schlag- und/oder auch explosionsfest und/oder hermetisch dicht ausgebildeten und/oder modular aufgebauten, Elektronik-Gehäuse H untergebracht. Das Elektronik-Gehäuse H kann beispielsweise vom Meßaufnehmer entfernt angeordnet oder, wie in Fig. 1 schematisch angedeutet, unter Bildung eines einzigen Kompaktgeräts direkt am Meßaufnehmer MA, beispielsweise von außen an einem den Meßaufnehmer MA einhausenden Aufnehmer-Gehäuse fixiert sein.

[0038] Der Meßaufnehmer MA dient dem Erfassen einer zeitlich veränderlichen physikalischen und/oder chemischen Meßgröße x , beispielsweise einer Dichte, einer Viskosität einer Temperatur und/oder einem Druck eines Fluids, einer Volumendurchflußrate bzw. einer Massendurchflußrate eines in einer Leitung, insb. einer Rohrleitung oder einem Gerinne, strömenden Fluids oder einem Füllstand eines in einem Behälter, insb. in einem Tank oder einem Becken, vorgehaltenen Mediums, insb. einer Flüssigkeit oder einem Schüttgut, sowie dem Generieren wenigstens eines einen zeitlichen Verlauf nämlicher Meßgröße x repräsentierenden – zunächst analogen – Meßsignals, das wiederum mittels der Meßgerät-Elektronik ME zunächst in ein dieses, mithin einen zeitlichen Verlauf nämlicher Meßgröße x , repräsentierendes digitales Meßsignal gewandelt und hernach zwecks der Generierung von die Meßgröße x repräsentierenden – digitalen – Meßwerten X_D ausgewertet wird. Die Meßgröße x selbst ist naturgemäß zeitlich veränderlich, nämlich derart, daß sie sich während des störungsfreien Betriebs der mittels des jeweiligen Meßgeräts gebildete Meßstelle lediglich innerhalb eines, insb. für die Meßstelle bzw. das jeweilige Meßgerät spezifisch, vorgegebenen Meßbereichs Δx_{12} ändert, der sich von einer durch einen vorgegebenen kleinsten Meßwert für Meßgröße x bestimmten Bereichsuntergrenze x_1 und einer durch einen vorgegebenen größten Meßwert für Meßgröße x bestimmten Bereichsobergrenze x_2 erstreckt. Eine außerhalb nämlichen Meßbereichs liegende Meßgröße würde dementsprechend als eine Störung der Meßstelle eingestuft.

[0039] Die Meßgerät-Elektronik ME ist ferner dafür vorgesehen, basierend auf dem digitalen Meßsignal bzw. den daraus abgeleiteten Meßwerten, ein von nämlichem digitalen Meßsignal abhängiges analoges Meßwertsignal mit einem Signalstrom zu generieren, von dem eine Stromstärke I_x einen Meßwert X für die Meßgröße repräsentiert; dies im besonderen in der Weise, daß ein stationärer Stromstärkepegel $I_{x,j}$ nämlicher Stromstärke I_x jeweils innerhalb einer dafür vorgegebenen Meßspanne ΔI_{12} liegen. Die Meßspanne ΔI_{12} korrespondiert hierbei mit dem für die Meßgröße x vorgegebenen Meßbereich Δx_{12} und weist daher eine der Bereichsuntergrenze x_1 entsprechende erste Grenzstromstärke I_1 sowie eine mit der Bereichsobergrenze x_2 entsprechende – selbstredend von der Grenzstromstärke I_1 verschiedene – zweite Grenzstromstärke I_2 auf. Eine kleinste der beiden Grenzstromstärke I_1 , I_2 entspricht hierbei einem – gelegentlich auch als Life-Zero-Wert bezeichnetene – stromführenden Nullpunkt der Umformerschaltung. Das Meßwertsignal kann beispielsweise einem in der industriellen Meß- und Automatisierungstechnik häufig verwendeten 4 mA-20 mA-Stromsignal entsprechen, mithin ein in einem die Meßgerät-Elektronik umfassenden Signalstromkreis fließender Signalstrom sein, der innerhalb einer Meßspanne verläuft, deren Grenzstromstärke I_1 4 mA oder weniger, möglichst aber mehr als 3,6 mA beträgt, und deren Grenzstromstärke I_2 20 mA oder mehr, möglichst aber weniger als 21 mA, beträgt. Außerhalb der Meßspanne liegende Stromstärkepegel können ferner zur Signalisierung von Sonderbetriebszuständen, insb. auch von durch Störungen veranlaßten Alarmzuständen, dienen.

[0040] Zum Wandeln des digitalen Meßsignals x_D in das analoge Meßwertsignal umfaßt die Meßgerät-Elektronik ME eine – beispielsweise als ein der eingangs erwähnten NAMUR-Empfehlung NE43:18.01.1994 genügender digitaler Meßumformer mit analogem Ausgangssignal ausgebildete – Umformerschaltung Tr mit einer Stromschnittstelle DCC und mit einem nämliche Stromschnittstelle steuernden Mikroprozessor μC , dem das digitale Meßsignal x_D an einem Meßsignaleingang zugeführt ist. Der Mikroprozessor μC ist u.a. dafür eingerichtet, basierend auf dem digitalen Meßsignal x_D an seinem Meßsignaleingang eine Meßwertefolge, nämlich eine einen zeitlichen Verlauf der Meßgröße repräsentierende Sequenz von für verschiedene Zeitpunkte t_i gewonnenen, die Meßgröße jeweils momentan repräsentierenden digitalen Meßwerten $X_{D,i}$ zu generieren.

[0041] Die mittels der Umformerschaltung Tr generierten Meßwerte können beispielsweise vor Ort, nämlich direkt an der Meßstelle bzw. in deren unmittelbaren Nähe, angezeigt werden. Zum Visualisieren von Meßgerät intern erzeugten Meßwerten und/oder gegebenenfalls Meßgerät intern generierten Systemstatusmeldungen, wie etwa einer Fehlermeldung oder einem Alarm, vor Ort kann das Meßgerät beispielsweise Meßgerät-Elektronik kommunizierendes, insb. ein vom Mikroprozessor angesteuertes und/oder portables, Anzeige- bzw. Anzeige- und Bedienelement HMI aufweisen, wie etwa ein im Elektronik-Gehäuse H hinter einem darin entsprechend vorgesehenen Fenster platziertes LCD-, OLED- oder TFT-Display sowie eine entsprechende Eingabe-

tastatur und/oder ein Touchscreen. In vorteilhafter Weise kann die, beispielsweise auch fernparametrierbare, Meßgerät-Elektronik ferner so ausgelegt sein, daß sie im Betrieb des Meßgeräts mit einem diesem übergeordneten elektronischen Datenverarbeitungssystem, beispielsweise einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS), einem Personalcomputer und/oder einer Workstation, via Datenübertragungssystem, beispielsweise einem Ethernet, einem Feldbus und/oder drahtlos per Funk, Meß- und/oder andere Betriebsdaten, ggf. auch in Echtzeit, austauschen kann, wie etwa aktuelle Meß- und/oder Systemdiagnosewerte oder der Steuerung des Meßgeräts dienende Einstellwerte. Des weiteren weist die Meßgerät-Elektronik ME ferner eine von einer externen Energieversorgung gespeiste Energieversorgungsschaltung EV mit einem, zwei Anschlußelektroden aufweisenden, Eingang und mit wenigstens einem Ausgang auf, die dazu dient, an nämlichem Ausgang eine Nutzspannung U_N zum Betreiben der Stromschnittstelle DCC bzw. des Mikroprozessors μC , mithin zum Betreiben der damit gebildeten Meßgerät-Elektronik, bzw. eine entsprechende elektrische Nutzleistung für die Meßgerät-Elektronik bereitzustellen.

[0042] Die Stromschnittstelle DCC wiederum weist einen Stromausgang für den Signalstrom, einen Steuereingang I_{ctrl_in} sowie einen Stromsignalausgang I_{D_out} auf und ist dafür eingerichtet, im Betrieb den Signalstrom durch den Stromausgang fließen zu lassen und währenddessen sowohl die Stromstärke des Signalstroms auf einen einem am Steuereingang I_{ctrl_in} momentan angelegten Steuerwert $W_{D,j}$ entsprechenden stationären Stromstärkepegel I_x einzuregulieren als auch am Stromsignalausgang I_{D_out} eine Stromwertefolge i_D auszugeben. Die Stromwertefolge i_D ist eine Sequenz von für verschiedene, z.B. auch äquidistante, (Abtast-)Zeitpunkte t_j gewonnenen, die Stromstärke bzw. den dafür eingestellten Stromstärkepegel I_x jeweils momentan repräsentierenden digitalen Stromwerten $I_{D,j}$ und bildet somit einen zeitlichen Verlauf des Signalstroms i_x nach. Wie in den **Fig. 2** und **Fig. 3** schematisch dargestellt, kann die Stromschnittstelle, wie bei Meßgeräten der in Rede stehenden Art durchaus üblich, mittels eines von einem Operationsverstärker OV angesteuerten Transistor T1, beispielsweise einem Bipolar-Transistor oder einem Feldeffekt-Transistor, und einem im Betrieb den gesamten Signalstrom führenden und eine dazu proportionale Meßspannung U_A für den Operationsverstärker liefernden Meßwiderstand R_M , mithin hier ausschließlich in Analogtechnik realisierten, linearen Stromreglers gebildet sein. Nämliche Meßspannung U_A ist zudem an einen Analogeingang eines Analog-zu-Digital-Wandlers ADC geführt, von dem ein Digitalausgang wiederum der Realisierung des Stromsignalausgang I_{D_out} der Stromschnittstelle DCC dient. Der Steuereingang I_{ctrl_in} der Stromschnittstelle DCC kann, wie in **Fig. 2** bzw. **Fig. 3** schematisch dargestellt, beispielsweise mittels eines in der Stromschnittstelle integrierten Digital-zu-Analog-Wandler DAC gebildet sein, der an einem Digitaleingang den momentanen Steuerwert $W_{D,j}$ empfängt und in eine dementsprechende analoge Gleichspannung W_A für den erwähnten Stromregler an einem Analogausgang umsetzt. Nämlicher Digital-zu-Analog-Wandler DAC kann z.B. ein nach einem Zählverfahren arbeitender 1-Bit-Wandler sein, bei dem also als analoge Gleichspannung W_A ein arithmetische Mittelwert einer mit einem dem momentanen Steuerwert $W_{D,j}$ entsprechenden Tastgrad pulswertenmodulierten Rechteckspannung dient.

[0043] Zum Einbinden der Umformerschaltung Tr, mithin des damit gebildeten Meßgeräts in einen schlußendlich den Signalstrom führenden Signalstromkreis weist die Umformerschaltung Tr eine erste Anschlußklemme P1 sowie eine zweite Anschlußklemme P2 auf. Jeder der beiden Anschlußklemmen P1, P2 ist dafür vorgesehen, mit einer von zwei extern der Umformerschaltung verlegten Anschlußleitungen L1 bzw. L2 elektrisch verbunden zu werden. Darüberhinaus weist der Stromausgang der Stromschnittstelle dementsprechend zwei Anschlußelektroden auf, von denen eine erste Anschlußelektrode I1 mit der Anschlußklemme P1 (und dementsprechend auch mit der Anschlußleitung L1) bzw. eine zweite Anschlußelektrode I2 mit der Anschlußklemme P2 (und dementsprechend auch mit der Anschlußleitung L2) elektrisch verbunden sind. Das Meßgerät kann hierbei z.B. als sogenanntes Zweileiter-Meßgerät, nämlich lediglich mittels der zwei Anschlußleitungen L1, L2 mit einem externen elektronischen Datenverarbeitungssystem elektrisch verbindbares, im Betrieb allein über nämliche zwei Anschlußleitungen L1, L2 mit elektrischer Energie versorgtes Meßgerät ausgebildet sein, derart, daß die Energieversorgungsschaltung EV, wie in **Fig. 2** schematisch dargestellt, mit zumindest einer der beiden Anschlußelektroden P1, P2 elektrisch direkt verbunden ist und eine für den Betrieb der Meßgerät-Elektronik, einschließlich des daran elektrisch angeschlossen Meßaufnehmers, erforderliche elektrische Nutzleistung aus einer vom Signalstrom i_x sowie einer über den Anschlußklemmen P1, P2 anliegenden Klemmenspannung U_K abhängigen bereitgestellten elektrischen Leistung bezieht. Demnach ist die Energieversorgungsschaltung EV gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ferner dafür eingerichtet, zumindest einem Anteil des Signalstroms zu führen und dazu zu verwenden, die Nutzspannung U_N bereitzustellen. Alternativ dazu kann das Meßgerät aber z.B. auch sogenanntes Vierleiter-Meßgerät ausgebildet sein, derart, daß die interne Energieversorgungsschaltung EV der Meßgerät-Elektronik ME, wie auch in **Fig. 3** schematisch dargestellt, mittels eines zusätzlichen Paares Anschlußleitungen L3, L4 mit einer externen Energieversorgung verbunden ist und die für den Betrieb der Meßgerät-Elektronik, einschließlich des daran elektrisch angeschlossen Meßaufnehmers, benötigte elektrische Leistung über diese – im Betrieb nicht den Signalstrom i_x führenden – Anschlußleitungen L3, L4 bezogen wird. Dafür weist die Meßgerät-Elektronik nach einer anderen Ausgestaltung der

Erfindung zusätzlich zu den beiden erwähnten Anschlußklemmen P1, P2 eine dritte Anschlußklemme P3, die dafür eingerichtet ist, mit einer dritten extern des Umformerschaltungs verlegten Anschlußleitung L3 elektrisch verbunden zu werden, sowie eine vierte Anschlußklemme P4, die dafür eingerichtet ist, mit einer vierten extern des Umformerschaltungs verlegten Anschlußleitung L4 elektrisch verbunden zu werden, auf. Ferner sind bei dieser Ausgestaltung der Spannungseingang der Energieversorgungsschaltung mit einer ersten Anschlußelektrode an die Anschlußklemme P3 und mit einer zweiten Anschlußelektrode an die Anschlußklemme P4 angeschlossen. Während für letzteren Fall, kann die Stromschnittstelle DCC entweder als passive oder aber auch aktive Schnittstelle ausgebildet sein; für den anderen Fall, daß nämlich das Meßgerät als ein Zweileiter-Meßgerät ausgebildet ist, ist die Stromschnittstelle DCC passiv.

[0044] Zum Ansteuern der Stromschnittstelle DCC ist im Mikroprozessor μC ferner ein mit deren Steuereingang I_{ctrl_in} verbundenen, beispielsweise mittels eines Steuerausgang I_{ctrl_out} vorgesehen und ist der Mikroprozessor ferner dafür eingerichtet, basierend auf der Meßwertefolge eine Steuerwertefolge w_D , nämlich eine Sequenz von digitalen Steuerwerten $W_{D,j}$ für die Stromschnittstelle zu generieren, von welchen Steuerwerten $W_{D,j}$ jeder jeweils einen mittels der Stromschnittstelle DCC einzustellen Stromstärkepegel momentan repräsentiert, und am Steuerausgang I_{ctrl_out} auszugeben. Zum Speichern von im Betrieb generierten digitalen Meß- und/oder Steuerwerten ist der Mikroprozessor μC desweiteren mit einem flüchtigen Datenspeicher RAM der Umformerschaltung verbunden. Den Mikroprozessor steuernde Ablaufprogramme, nicht zuletzt auch der Generierung der Sollwertefolge dienende Rechenprogramme bzw. Teile davon, sind darüberhinaus in einem weiteren, mittels des Mikroprozessors μC ausles- und beschreibbaren, persistenten Datenspeicher EEPROM der Umformerschaltung Tr vorgehalten.

[0045] Wie in der Fig. 4 schematisch dargestellt, wohnt der Stromschnittstelle DCC eine – nicht zuletzt auch durch das Betriebsverhalten der nämliche Stromschnittstelle bildenden einzelnen elektronischen Komponenten bzw. Baugruppen bestimmte – Kennlinienfunktion inne, gemäß der Stromschnittstelle den jeweils aktuellen Steuerwert ($W_{D,j} = W_{D,0}$) in einen entsprechenden Stromstärkepegel umsetzt bzw. gemäß der jeder der stationären Stromstärkepegel des eingestellten Signalstroms i_x von jeweils einem zugehörigen Steuerwert am Steuereingang I_{ctrl_in} abhängig ist. Die Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle ist idealerweise eine lineare, nämlich idealerweise lediglich zunächst, nämlich bei Inbetriebnahme des installierten Meßgeräts, durch die beiden Kenngrößen Steigung C und Nullpunkt D bestimmte, Funktion, etwa in der Form:

$$I_{x,j} = C \cdot W_{D,j} + D,$$

bzw. kann, nachdem in solchen Stromschnittstellen regelmäßig auch gewisse Abhängigkeiten des tatsächlich eingestellten Stromes auch von Temperatur- bzw. von effektiven Strombelastungen, mithin Abhängigkeit von mehreren Einflußgrößen, und/oder in geringem Maße auch nichtlineare bzw. zeitliche Abhängigkeiten vom aktuellen Steuerwert auftreten können, zum Zwecke der Modellierung der jeweiligen Stromschnittstellen zunächst mit ausreichender Genauigkeit als linear angenommen werden.

[0046] Der Mikroprozessor wiederum ermittelt die Steuerwerte $W_{D,j}$ der Steuerwertefolge als ein Funktionswert einer Funktion wenigstens eines der digitalen Meßwerte $X_{D,j}$ der Meßwertefolge, nämlich basierend auf dem wenigstens einen zuvor ermittelten (momentanen) Meßwert sowie einer von wenigstens zwei vorgegebenen, momentan gültigen – im Mikroprozessor μC entsprechend vorgehaltene bzw. im Datenspeicher EEPROM abgespeicherten – Koeffizienten $A_1, \dots, A_N$ bestimmten Rechenvorschrift. Als Rechenvorschrift kann beispielsweise eine Polynomfunktion

$$W_{D,j} = \sum_{k=1}^N A_k \cdot X_{D,j}^{k-1} = A_1 + A_2 \cdot X_{D,j} + \dots + A_N \cdot X_{D,j}^{N-1}$$

dienen. Die Koeffizienten $A_1, \dots, A_N$ – für die ein ursprünglicher Satz beispielsweise vom Hersteller der Meßgerät-Elektronik bzw. dem damit gebildeten Meßgerät vor dessen Auslieferung durch Einmessen mit einer, ggf. auch akkreditierten, Meß- und Prüfanordnung ermittelt und in einem nicht-flüchtigen Datenspeicher, wie etwa dem Datenspeicher EEPROM, hinterlegt werden kann – sind hierbei so gewählt, daß der jeweilige Meßwert $X_{D,j}$ gemäß einer sich aus dem Zusammenspiel von Mikroprozessor und Stromschnittstelle insgesamt ergebenden Umformerkennlinie der Umformerschaltung

$$I_{x,j} = C \cdot \left(\sum_{k=1}^N A_k \cdot X_{D,j}^{k-1} \right) + D$$

in einen dazu passenden, nämlich jeweils vorab entsprechend vereinbarten, stationären Stromstärkepegel gewandelt wird. Hierbei kann es durchaus von Vorteil sein, zumindest den ursprünglichen Satz Koeffizienten $A_1, \dots, A_N$ mit einem Passwort geschützt im Mikroprozessor abzuspeichern, um so ein ungewolltes Löschen von Koeffizienten $A_1, \dots, A_N$ zu verhindern bzw. jederzeit ein Zurücksetzen des Mikroprozessors auf nämlichen ursprünglichen Satz Koeffizienten $A_1, \dots, A_N$ zu ermöglichen.

[0047] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung ist der Mikroprozessor μC im besonderen auch dafür eingerichtet, die Steuerwerte $W_{D,j}$ der Steuerwertefolge als eine lineare Funktion eines der digitalen Meßwerte $X_{D,j}$ der Meßwertefolge, nämlich basierend auf einer von genau zwei vorgegebenen, momentan gültigen Koeffizienten A_1, A_2 bestimmten Polynomfunktion:

$$W_{D,j} = \sum_{k=1}^{N-2} A_k \cdot X_{D,j}^{k-1} = A_1 + A_2 \cdot X_{D,j},$$

[0048] mithin einer Polynomfunktion vom Polynomgrad, $N - 1 = 1$, zu ermitteln, derart also, daß die Umformer-Kennlinie in der Form:

$$I_{x,j} = C \cdot (A_1 + A_2 \cdot X_{D,j}) + D$$

definiert ist. Bei Stromschnittstellen mit denen der Signalstrom proportional zum zu signalisierenden Meßwert eingestellt werden soll, sind die Koeffizienten ferner in vorteilhafter Weise so gesetzt, daß im Ergebnis jeder stationäre Stromstärkepegel $I_{x,j}$ des eingestellten Signalstroms i_x während des Normalbetriebs, mithin bei lediglich innerhalb des vorgegebenen Meßbereichs Δx_{12} schwankender Meßgröße x , die Bedingung:

$$I_{x,j} = X_{D,j} \cdot \frac{I_2 - I_1}{X_2 - X_1} = X_{D,j} \cdot \frac{\Delta I_{12}}{\Delta X_{12}}$$

erfüllt.

[0049] Die Umformerschaltung Tr ist, wie bereits angedeutet, u.a. dafür eingerichtet, zeitweise – idealerweise nämlich vorwiegend – in einem Normalbetriebsmodus betrieben zu werden, in dem die Meßgröße x lediglich innerhalb des dafür vorgegebenen Meßbereichs Δx_{12} zeitlich ändert und in dem vom Mikroprozessor zudem auch lediglich solche Steuerwerte am Steuerausgang I_{ctrl_out} ausgegeben werden, die die Stromschnittstelle DCC veranlassen, passend zum jeweiligen Meßwert $X_{D,j}$, die Stromstärke I_x des Signalstroms so zu regeln, daß die stationären Stromstärkepegel $I_{x,j}$ jeweils innerhalb der Meßspanne ΔI_{12} liegen, beispielsweise, wie in **Fig. 4** schematisch dargestellt, lediglich auf jeweils innerhalb einer sich zwischen etwa 3,8 mA und etwa 20, 5 mA erstreckenden Meßspanne liegende Stromstärkepegel eingestellt werden. Darüberhinaus ist die Umformerschaltung ferner auch dafür eingerichtet, etwa veranlaßt durch eine – durch die Meßgerät-Elektronik selbst diagnostizierte – Störung der Umformerschaltung bzw. des digitalen Meßsignals und/oder veranlaßt durch eine – durch die Meßgerät-Elektronik selbst diagnostizierte – außerhalb des Meßbereichs liegenden Meßgröße und/oder veranlaßt durch eine – mittels der Meßgerät-Elektronik selbst diagnostizierte – unzulässig hohen Abweichung wenigstens eines der stationären Stromstärkepegel $I_{x,j}$ von dem dafür vorgegebenen Steuerwert $W_{D,j}$, zeitweise in einem Sonderbetriebsmodus betrieben zu werden, in dem vom Mikroprozessor am Steuerausgang, insb. ausschließlich, solche Steuerwerte ausgegeben werden, die die Stromschnittstelle veranlassen, die Stromstärke I_x des Signalstroms so zu regeln, daß die stationären Stromstärkepegel $I_{x,j}$ außerhalb der vorgegebenen Meßspanne, ΔI_{12} , insb. aber innerhalb eines für die Alarmierung reservierten bzw. in der eingangs erwähnten NAMUR-Empfehlung NE43:18.01.1994 dafür vorgeschlagenen, etwa unterhalb von 3,6 mA oder oberhalb von 21 mA festgelegten Strombereichs, liegen. Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Umformerschaltung Tr , mithin die die damit gebildete Meßgerät-Elektronik ME , ferner dafür eingerichtet, gelegentlich, beispielsweise im Falle einer selbst diagnostizierten Störung der Meßgerät-Elektronik bzw. der Meßgröße, automatisch vom Normalbetriebsmodus in den vorgenannten Sonderbetriebsmodus zu wechseln.

[0050] Wie bereits erwähnt, können Stromschnittstellen der in Rede stehenden Art, nicht zuletzt auch wegen ihres auch bei modernen Meßgeräten der industriellen Meß- und Automatisierungstechnik nach wie vor nennenswert in Analogtechnik realisierten Schaltungsaufbaus, dazu neigen, ihre von der Gesamtheit der an der Einstellung bzw. Regelung des Signalstromstrom beteiligten elektronischen Komponenten bzw. Baugruppen bestimmte, letztlich ein momentanes Übertragungsverhalten der jeweiligen Stromschnittstelle charakterisierende Kennlinienfunktion schleichend und/oder sukzessive zu ändern, derart, daß die jeweils aktuelle Kennlinienfunktion $I_{x,j}^* = C^* \cdot W_{D,j} + D^*$, gemäß der die Stromschnittstelle die stationären Stromstärkepegel $I_{x,j}$ in Ab-

hängigkeit von den digitalen Steuerwerten $W_{D,j}$ momentan einstellt, von der zuvor – beispielsweise beim Einmessen im Herstellerwerk oder bei einer in-situ, nämlich am in der Anlage installierten Meßgerät während dessen Inbetriebnahme durchgeführten (Nach-)Kalibrierung der Meßgerät-Elektroink – für die Stromschnittstelle ermittelbaren Kennlinienfunktion $I_{x,j} = C \cdot W_{D,j} + D$ abweicht, beispielsweise infolge einer zunehmenden Alterung der elektronischen Komponenten bzw. Baugruppen der Stromschnittstelle, mithin ändert sich auch die gesamte Umformer-Kennlinie, nämlich:

$$\dots C \cdot \left(\sum_{k=1}^N A_k \cdot X_{D,j}^{k-1} \right) + D \rightarrow C^+ \cdot \left(\sum_{k=1}^N A_k \cdot X_{D,j}^{k-1} \right) + D^+ \quad \text{bzw.}$$

$$C \cdot (A_1 + A_2 \cdot X_{D,j}) + D \rightarrow C^+ \cdot (A_1 + A_2 \cdot X_{D,j}) + D^+$$

und dementsprechend auch der oben erwähnte – hier proportionale – Zusammenhang zwischen ermitteltem Meßwert $X_{D,j}$ und dafür aktuell eingestelltem Stromstärkepegel $I_{x,j}$, nämlich:

$$X_{D,j} \cdot \frac{\Delta I_{12}}{\Delta X_{12}} \rightarrow X_{D,j} \cdot \frac{\Delta I_{12}^+}{\Delta X_{12}}.$$

[0051] Somit paßt also die vormals korrekte, nämlich auf die ehemalige Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle DCC seinerzeit exakt abgestimmte, Rechenvorschrift (☺) für die Steuerwerte in zunehmendem Maße immer weniger genau zur damit angesteuerten – inzwischen in ihrem Übertragungsverhalten veränderten – Stromschnittstelle DCC. Dies kann bei anhaltendem Fortschreiten nämlicher Änderung der Kennlinienfunktion auch dazu führen, daß eine Diskrepanz zwischen der aktuellen Rechenvorschrift und der momentanen Kennlinienfunktion zunächst immer größer wird und daraus resultierend eine Abweichung zwischen einem Steuerwert $W_{D,j}$ und dem dadurch veranlaßten stationären Stromstärkepegel $I_{x,j}$, mithin eine Abweichung zwischen einem Meßwert $W_{D,j}$ und dem korrespondierenden stationären Stromstärkepegel $I_{x,j}$ ab einem – regelmäßig nicht exakt vorhersag- oder bestimmbar – Zeitpunkt t_{fail} unzulässig hohe Ausmaße annimmt. Im Ergebnis führt diese Abweichung dazu, daß die aktuell gültige Rechenvorschrift nicht mehr zur aktuellen Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle DCC paßt (☹), weil die danach ermittelten Steuerwerte jeweils einen Umformerfehler Err , nämlich eine Diskrepanz zwischen dem mit dem tatsächlich eingestellten stationären Stromstärkepegel $I_{x,j}$ angezeigten Meßwert und dem dem jeweils zugehörigen Steuerwert $W_{D,j}$ jeweils zugrunde liegenden Meßwert $X_{D,j}$, zur Folge haben, der unzulässig hoch, ggf. auch zu vermeiden und/oder zu korrigieren ist. Der Umformerfehler Err kann beispielsweise gemäß der Formel:

$$Err = X_{D,j} \cdot \frac{\Delta I'_{12}}{\Delta X_{12}} - X_{D,j} \cdot \frac{\Delta I_{12}}{\Delta X_{12}}$$

quantitativ angegeben werden. Ab diesem Zeitpunkt t_{fail} ist also die – zunächst ausreichend genau zur Stromschnittstelle passende – Rechenvorschrift als für die Stromschnittstelle bzw. deren momentane Kennlinienfunktion $C \cdot W_{D,j} + D \rightarrow C' \cdot W_{D,j} + D'$ bis auf weiteres nicht mehr passende Rechenvorschrift anzunehmen, mithin ist der mittels der Umformerschaltung, nämlich gemäß deren aktueller Umformer-Kennlinie:

$$I_{x,j} = C' \cdot \left(\sum_{k=1}^N A_k \cdot X_{D,j}^{k-1} \right) + D' \rightarrow I'_{x,j},$$

gelieferte Signalstrom $I_{x,j} \rightarrow I'_{x,j}$ als momentan fehlerhaft (☹) einzustufen. Bei der erfindungsgemäßen Umformerschaltung Tr , mithin bei dem damit gebildeten erfindungsgemäßen Meßgerät, ist daher ferner vorgesehen, allfällige – nicht zuletzt auch mit fortschreitender Betriebsdauer bzw. Alterung der Stromschnittstelle DCC einhergehende – Veränderungen der Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle DCC möglichst frühzeitig zu erkennen und ggf. zu vermeiden und/oder durch geeignetes, nämlich mittels Mikroprozessor μC und der Stromschnittstelle DCC selbst realisiertes Nachführen der Rechenvorschrift für die Steuerwerte entsprechend zu kompensieren. Dafür weist der Mikroprozessor μC einen mit Stromsignalausgang $I_{D,\text{out}}$ der Stromschnittstelle DCC elektrisch verbundenen Stromsignaleingang $I_{D,\text{in}}$ auf. Zudem ist der Mikroprozessor μC der erfindungsgemäßen Umformerschaltung Tr dafür eingerichtet, basierend auf der Steuerwertefolge w_D und der – via Stromsignaleingang $I_{D,\text{in}}$ eingelesenen – Stromwertefolge $i_{D,\text{in}}$, die Stromschnittstelle gelegentlich, insb. auch turnusmäßig wiederkehrend, zu überprüfen, nämlich zumindest zeitweise zu ermitteln, ob die momenta-

ne Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle DCC nach wie vor zur aktuell für die Ermittlung der Steuerwerte gültigen, mithin vom Mikroprozessor μC für die Generierung der Steuerwerte ausgeführten, Rechenvorschrift paßt (☺), oder ob sich z.B. das Übertragungsverhalten der Stromschnittstelle DCC inzwischen derart drastisch verändert hat, daß der Umformerfehler Err unzulässig hoch, ggf. auch entsprechend zu vermeiden und/oder zu korrigieren ist, mithin die aktuell gültige Rechenvorschrift nicht mehr zur aktuellen Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle DCC paßt (☹), mithin die Stromschnittstelle bzw. deren Funktionstüchtigkeit zu überwachen.

[0052] Nämliches Überprüfen bzw. Überwachen der Stromschnittstelle DCC kann dadurch erfolgen, indem mittels des Mikroprozessors μC beispielsweise eine Abweichung zwischen einem einen mittels der Stromschnittstelle DCC einzustellen Stromstärkepegel momentan repräsentierenden Steuerwert $W_{D,j}$ und wenigstens einem zugehörigen digitalen Stromwert $I_{D,j}$ ggf. auch regelmäßig wiederkehrend, ermittelt und hernach festgestellt wird, ob die ermittelte Abweichung innerhalb bzw. außerhalb eines dafür vorgegebenen, zulässige Abweichungen repräsentierenden Toleranzbereichs liegt, und/oder indem mittels des Mikroprozessors μC berechnet wird, inwieweit bzw. um wieviel Prozent nämlicher Stromwert $I_{D,j}$ vom Steuerwert $W_{D,j}$, mithin vom davon repräsentierten Meßwert $X_{D,j}$ abweicht. Alternativ oder in Ergänzung können basierend auf einer zwei oder mehr, durch jeweils einen Steuerwert $W_{D,i}$ und einen jeweils zugehörigen Stromwert $I_{D,j}$ gebildete Wertepaare die jeweils aktuelle Kenngrößen Steigung C' und Nullpunkt D' der – aktuellen – Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle DCC zumindest näherungsweise mittels des Mikroprozessors μC ermittelt, und mit dafür zuvor ermittelten, beispielsweise im persistenten Datenspeicher EEPROM abgelegten, Referenzwerten C, D verglichen werden, etwa um festzustellen, ob bzw. inwieweit nämliche aktuelle Kennlinienfunktion von einer zuvor, beispielsweise im Zuge einer Kalibrierung im Herstellerwerk, für die Stromschnittstelle DCC ermittelten Kennlinienfunktion abweicht.

[0053] Nachdem eine solche Überprüfung der Stromschnittstelle DCC im Vergleich zu einer – etwa im Bereich von einigen wenigen Millisekunden liegenden – Wiederholrate, mit der die eigentlichen Meßwerte bzw. die Steuerwerte im Mikroprozessor generiert werden, als nicht zeitkritisch angesehen, mithin über einen viel größeren Zeitraum ausgedehnt werden kann, beispielsweise auch über einige Minuten, kann die Überprüfung der Umformerschaltung zunächst ohne weiteres auch während deren Normalbetriebsmodus erfolgen, beispielsweise auch in der Weise, daß zunächst, kontrolliert durch den Mikroprozessor, eine vorgegebene Anzahl von mittels Steuerwert $W_{D,i}$ und jeweils zugehörigem Stromwert $I_{D,j}$ gebildete Wertepaare zumindest vorübergehend, nämlich zumindest bis zum Abschluß der aktuelle durchzuführenden Überprüfung, im Datenspeicher EEPROM gespeichert und hernach zur vorgenannten Ermittlung der Kennlinienfunktion herangezogen werden. Hierbei kann es durchaus von Vorteil sein, den Steuerwert und wenigstens einen zugehörigen digitalen Stromwert, mithin das wenigstens eine damit gebildete Wertepaar zusammen mit einem Zeitstempel, nämlich einem Zeitwert, der mit einem Zeitpunkt des Speicherns korrespondiert, im Datenspeicher EEPROM abzuspeichern. Die, ggf. jeweils zusammen mit zugehörigem Zeitstempel, abgespeicherten Wertepaare und/oder die zwischen deren Stromwerten und dem jeweils zugehörigen Steuerwert ermittelten Abweichungen bzw. Umformerfehler Err können beispielsweise auch mittels des Anzeigeelements HMI vor Ort zur Anzeige gebracht werden, etwa auf einen entsprechend an den Mikroprozessor übermittelten Steuerbefehl hin und/oder nichtflüchtig im Datenspeicher EEPROM abgespeichert werden, ggf. ebenfalls zusammen mit einem entsprechenden Zeitstempel.

[0054] In Anbetracht dessen, daß sich die Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle DCC typischerweise nur sehr langsam zeitlich ändert, etwa auch im Vergleich zur vorgenannten Wiederholrate mit der die Meßwerte ermittelt werden bzw. im Vergleich zu typischen Änderungsraten der zu erfassenden Meßgröße, kann es durchaus genügen, wenn eine Überprüfung der Stromschnittstelle nur, wie bereits angedeutet, gelegentlich, beispielsweise zeitgesteuert und/oder auf Abruf, durchgeführt wird. Dementsprechend ist es aber durchaus auch möglich, den Stromsignalausgang $I_{D,out}$ der Stromschnittstelle zu- bzw. abschaltbar auszubilden, derart, daß die Stromschnittstelle die Stromwertefolge i_D am Stromsignalausgang $I_{D,out}$ erst nach Erhalt eines den Stromsignalausgang $I_{D,out}$ zuschaltenden, mithin aktivierenden Steuerbefehl ON auszugeben bzw. umgekehrt, daß die Stromschnittstelle zeitweise, z.B. bei Ausbleiben des Steuerbefehls ON, keine Stromwertefolge i_D am Stromsignalausgang $I_{D,out}$ ausgibt, hierfür kann der den Stromausgang bildende Analog-zu-Digitalwandler ADC ggf. auch insgesamt ausgeschaltet werden, etwa um die für den Betrieb der Umformerschaltung erforderliche elektrische Nutzleistung vorübergehend abzusenken und/oder um die ein Alterungsverhalten mitbestimmende Betriebszeit nämlich Analog-zu-Digitalwandlers ADC so gering wie möglich zu halten. Dem Rechnung tragend kann es hierbei auch von Vorteil sein, eine Aktivierungszeit, nämlich eine über einen vorgegeben Betriebszeitraum kumulierte Gesamtzeit, während der die Stromschnittstelle die Stromwertefolge i_D am Stromsignalausgang $I_{D,out}$ ausgibt, kürzer auszubilden als eine Deaktivierungszeit, nämlich eine über einen vorgegeben Betriebszeitraum kumulierte Gesamtzeit, während der die Stromschnittstelle die Stromwertefolge i_D am Stromsignalausgang $I_{D,out}$ nicht ausgibt. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wei-

sen dementsprechend, wie auch in **Fig. 1** schematisch angedeutet, die Stromschnittstelle ferner einen Freigabeeingang EN und der Mikroprozessor einen mit n  mlichem Freigabeeingang der Stromschnittstelle verbundenen Freigabeausgang I_{out_ctrl} auf. Die Stromschnittstelle ist ferner so ausgestaltet, daß die Stromwertefolge i_D am Stromsignalausgang I_{IST_out} ausgegeben wird, nachdem ein den Stromsignalausgang I_{IST_out} aktivierender Steuerbefehl ON am Freigabeeingang EN angelegt ist. In entsprechender Weise ist Mikroprozessor ferner dafür eingerichtet, gelegentlich einen Steuerbefehl zum Aktivieren des Stromsignalausgangs I_{IST_out} zu generieren und am Freigabeausgang I_{out_ctrl} auszugeben. Ferner ist die Stromschnittstelle eingerichtet, keine Stromwertefolge i_D am Stromsignalausgang I_{D_out} auszugeben, falls kein aktivierender Steuerbefehl ON am Freigabeeingang EN bzw. nachdem ein den Stromsignalausgang I_{D_out} deaktivierender Steuerbefehl OFF am Freigabeeingang EN angelegt ist. Für letzteren Fall kann der Mikroprozessor ferner auch so ausgestaltet sein, daß er gelegentlich auch einen Steuerbefehl zum Deaktivieren des Stromsignalausgangs I_{D_out} generiert und am Freigabeausgang I_{out_ctrl} ausgibt. Alternativ oder in Ergänzung zum zeitweisen Deaktivieren des Stromausgangs bzw. zum Abschalten des diesen bildende Analog-zu-Digitalwandler ADC kann die für den Betrieb der Umformerschaltung erforderliche elektrische Nutzleistung vor bergehend auch dadurch abgesenkt werden, indem ein n  mlichen Analog-zu-Digitalwandler ADC steuerndes Taktsignal lediglich vor bergehend, beispielsweise während einer Überprüfung der Stromschnittstelle DCC, eine im Vergleich zu einer ansonsten eingestellten Grundtakttrate höhere Arbeitstakttrate aufweist.

[0055] Für den regelmäßig nicht auszuschließenden Fall, daß mittels des Mikroprozessors μC aufgrund einer während des Betriebs durchgeführten Überprüfung der Stromschnittstelle DCC gelegentlich festgestellt wird, daß die aktuell gültige Rechenvorschrift nicht mehr zur aktuellen Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle DCC paßt ($\odot$), mithin eine  berschreiten des Zeitpunktes t_{fail} erkannt worden ist, kann dies zunächst zur Anzeige gebracht werden, beispielsweise auch vor Ort mittels des erwähnten Anzeigeelements HMI, um so zunächst den Bedarf an einer entsprechenden Korrektur von Einstellungen der Umformerschaltung lediglich zu vermeiden. Alternativ oder in Ergänzung kann aber auch basierend auf vom Mikroprozessor generierten Steuerwerten sowie daraufhin von der Stromschnittstelle ausgegebenen und vom Mikroprozessor eingelesenen Stromwerten eine entsprechende Korrektur der Umformer-Kennlinie vorgenommen werden, um so den Umformerfehler Err entsprechend zu minimieren. Daher ist der Mikroprozessor μC nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ferner dafür eingerichtet ist, basierend auf der Steuerwertefolge w_D und der Stromwertefolge i_D , insb. basierend auf gespeicherten Steuerwerten $W_{D,j}$ sowie gespeicherten digitalen Stromwerten $I_{D,j}$, die Rechenvorschrift für die Steuerwerte auf die aktuelle Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle DCC hin abzugleichen, um so den Umformerfehler Err wieder – n  mlich ab einem Zeitpunkt t_{korrt} – zu verringern; dies idealerweise auch so, daß eine Abweichung der aktuellen Kennlinienfunktion von einer zuvor für die Stromschnittstelle ermittelten Kennlinienfunktion möglichst vollständig kompensiert, und somit der Umformerfehler Err praktisch eliminiert wird.

[0056] Zum Zwecke der Korrektur der Umformer-Kennlinie ist nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ferner vorgesehen, daß der Mikroprozessor μC , nachdem eine zu hohe Abweichung eines station ren Stromstärkepegels $I_{x,j}$ von dem dafür vorgegebenen Steuerwert $W_{D,j}$, mithin ein zu hoher Umformerfehler Err bzw. eine  berschreiten des Zeitpunktes t_{fail} festgestellt ist ($\odot$), wenigstens einen Ersatz-Koeffizienten A'_M für wenigstens einen der momentan gültigen gleichwohl zu ersetzenden Koeffizienten $A_M \in \{A_1, \dots, A_N\}$ ermittelt. Dies im besonderen in der Weise, daß im Ergebnis die korrigierte, n  mlich mittels der nunmehr vom wenigstens einen Ersatz-Koeffizienten $A'_M \rightarrow A_M$ mitbestimmten Rechenvorschrift neu eingestellte Umformer-Kennlinie ($\odot'$) der ursprünglichen Umformer-Kennlinie möglichst exakt entspricht, mithin für die korrigierte bzw. die ursprüngliche Umformer-Kennlinie idealerweise:

$$C' \cdot (A'_1 + A'_2 \cdot X_{D,j}) + D' = C \cdot (A_1 + A_2 \cdot X_{D,j}) + D$$

gilt. Der wenigstens eine Ersatz-Koeffizient wird – gleichermaßen wie zuvor der nunmehr ersetzte Koeffizient – nicht-flüchtig abgespeichert, beispielsweise also im Datenspeicher EEPROM, und somit dem Mikroprozessor zur Verfügung gehalten. N  mliches Abspeichern des Ersatz-Koeffizienten kann ggf. wiederum in Verbindung mit einem entsprechenden Zeitstempel erfolgen. Zum Korrigieren der als unzulässige hohe Umformerfehler Err verursachenden Umformer-Kennlinie ist der Mikroprozessor gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ferner so eingerichtet, daß er gemäß der aktuellen, n  mlich von den momentan gültigen Koeffizienten $A_1, \dots, A_N$ bestimmten, gleichwohl nicht mehr zur Stromschnittstelle passenden Rechenvorschrift zumindest zwei voneinander abweichende Steuerwerte $W_{D,j}$ bzw. $W_{D,j+n}$ ermittelt und zu unterschiedlichen Zeitpunkten t_j bzw. t_{j+n} am Steuerausgang I_{ctrl_out} ausgibt. Darüberhinaus ermittelt der Mikroprozessor anhand der während der Ausgabe der Steuerwerte $W_{D,j}$ bzw. $W_{D,j+n}$ Steuerausgang I_{ctrl_out} von der Stromschnittstelle entsprechend generierten Stromwertefolge am Stromsignalausgang I_{D_out} jeweils zugehörige, n  mlich die von der Stromschnittstelle für Steuerwerte $W_{D,j}$ bzw. $W_{D,j+n}$ jeweils tatsächlich eingestellten station ren Stromst rkepe-

gel repräsentierende, digitale Stromwerte $I_{D,j}$ und $I_{D,j+n}$. Basierend auf sowohl den wenigsten zwei Steuerwerten $W_{D,j}$ bzw. $W_{D,j+n}$ als auch den wenigstens zwei digitalen Stromwerten $I_{D,j}$ und $I_{D,j+n}$ ermittelt der Mikroprozessor schließlich wenigstens einen Ersatz-Koeffizienten A'_M für wenigstens einen der momentan gültigen gleichwohl zu ersetzenden Koeffizienten $A_M \in \{A_1, \dots, A_N\}$ um hernach, nämlich ab dem mit dem Vollzug der Änderung der Rechenvorschrift korrespondierenden Zeitpunkt t_{korrt} , die Steuerwertefolge w_D unter Verwendung des wenigstens einen Ersatz-Koeffizienten $A'_M \rightarrow A_M$ anstelle des zu ersetzenden Koeffizienten A_M zu generieren.

[0057] Für den typischen Fall, daß zum einen die momentane Kennlinienfunktion im wesentlichen einer linearen Funktion entspricht, mithin ausreichenden genau durch die Formel $I_{x,j} = C \cdot W_{D,j} + D$ approximiert ist, und daß zum anderen die Rechenvorschrift einer Polynomfunktion vom Polynomgrad Eins ($N = 2$) entspricht, mithin lediglich zwei Ersatz-Koeffizienten A'_1, A'_2 zu ermitteln sind, um die Umformerkennlinie zu korrigieren bzw. die Rechenvorschrift für die Steuerwerte an die momentane Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle anzupassen, können die mittels des Mikroprozessors μC auszuführende Berechnung des Ersatzkoeffizienten $A'_2 \rightarrow A_2$ entsprechend folgender Rechenvorschrift:

$$A'_2 = A_2 \cdot \frac{W_{D,j+n} - W_{D,j}}{I_{D,j+n} - I_{D,j}} \quad (n > 0 \ \& \ W_{D,j} \neq W_{D,j+n})$$

bzw. die mittels des Mikroprozessors μC auszuführende Berechnung des Ersatzkoeffizienten $A'_1 \rightarrow A_1$ entsprechend folgender Rechenvorschrift:

$$A'_1 = A_1 - \frac{1 - \frac{I_{D,j+n} - I_{D,j}}{W_{D,j+n} - W_{D,j}}}{1 - \frac{I_{D,j}}{W_{D,j}}} = A_1 - \frac{1 - \frac{A_2}{A'_2}}{1 - \frac{I_{D,j}}{W_{D,j}}} \quad (n > 0 \ \& \ W_{D,j} \neq W_{D,j+n})$$

realisiert werden.

[0058] Für den Fall, daß die Meßgröße x im Vergleich zur erwähnten Wiederholrate, mit der die eigentlichen Meßwerte bzw. die Steuerwerte im Mikroprozessor generiert werden, regelmäßig sehr langsam bzw. über längere Zeiträume stationär ist, kann die Berechnung der vorgenannten Ersatzkoeffizienten A'_M ($A'_1, A'_2, \dots$) durchaus auch während des Normalbetriebsmodus der Umformerschaltung Tr erfolgen. Für den anderen Fall, daß die Meßgröße x typischerweise erheblich schwankt bzw. allenfalls in nicht vorhersehbarer Weise oder nur für kurze Zeit stationär ist, kann es allerdings durchaus erforderlich sein, daß die Umformerschaltung Tr , nachdem ein Bedarf für eine Änderung der Rechenvorschrift diagnostiziert worden ist, veranlaßt wird, vom Normalbetriebsmodus in den Sonderbetriebsmodus zu wechseln, um den Ersatz-Koeffizienten A'_M zu ermitteln. Nämlicher Wechsel vom Normal- in den Sonderbetriebsmodus kann beispielsweise von extern gesteuert, etwa durch einen an den Mikroprozessor via Anzeige- und Bedienelement HMI übermittelten Steuerbefehl, oder beispielsweise auch automatisch, nämlich durch den Mikroprozessor bei Vorliegen eines entsprechenden Diagnoseergebnisses selbsttätig und ohne Abwarten eines weiteren externen Steuerbefehls, ausgeführt werden. Zum Ermitteln des wenigstens eines Ersatz-Koeffizienten A'_M können dann entsprechend zwei oder mehrere voneinander abweichende Steuerwerte vom Mikroprozessor μC ausgegeben werden, von denen jeder die Stromschnittstelle DCC veranlaßt, die Stromstärke I_x des Signalstroms so zu regeln, daß der jeweils zugehörige stationäre Stromstärkepegel I_x außerhalb der Meßspanne ΔI_{12} , mithin unterhalb einer niedrigsten der beiden Grenzstromstärken der Meßspanne oder aber oberhalb einer höchsten der beiden Grenzstromstärken der Meßspanne liegt, beispielsweise also 3,6 mA oder weniger bzw 21 mA oder mehr beträgt.

[0059] Bei der erfindungsgemäßen Umformerschaltung bzw. der damit gebildeten Meßgerät-Elektroniken ist eine weitere Möglichkeit, die Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle, die Rechenvorschrift für die Steuerwerte und/oder die Umformerkennlinie in-situ zu überprüfen zudem auch während der im Anschluß an die Installation des jeweiligen Meßgeräts in der Anlage vorgenommen (Erst-)Inbetriebnahme bzw. auch während einer (Wieder-)Inbetriebnahme nach einem Neustart des Mikroprozessors gegeben. Dies hat u.a. den Vorteil, daß währenddessen die Anlage ohnehin planmäßig bzw. kontrolliert ohne das durch die zu überprüfenden Meßgerät-Elektronik gebildete Meßgerät gefahren wird, mithin keine weitere, ggf. auvh unplanmäßige Störung des Betrieb der übrigen Anlage erforderlich ist. Dementsprechend ist die Umformerschaltung gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung dafür eingerichtet, in einem Inbetriebnahmestadium betrieben zu werden, in dem der Mikroprozessor zunächst gestartet wird und hernach die Stromschnittstelle mittels des Mikropro-

zessors überprüft wird. Während des Inbetriebnahmemodus kann die Stromschnittstelle mittels des Mikroprozessors, selbstredend nachdem dieser gestartet worden ist, sehr einfach überprüft werden, indem am Steuer-
 ausgang zunächst, nämlich zu einem Zeitpunkt t_j , ein Life-Zero-Steuerwert, nämlich ein Steuerwert, der die
 Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke I_x des Signalstroms so zu regeln, daß der zugehörige stationäre
 Stromstärkepegel $I_{x,j}$ einer den Life-Zero-Wert (stromführenden Nullpunkt der Umformerschaltung) signalisie-
 renden Stromstärke entspricht, als auch zu einem späteren Zeitpunkt t_{j+n} , insb. nachdem der Mikroprozessor
 wenigstens einen dem Life-Zero-Steuerwert entsprechenden digitalen Stromwert eingelesen hat, einen vom
 Life-Zero-Steuerwert abweichenden Steuerwert, der die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke I_x des
 Signalstroms so zu regeln, daß der zugehörige stationäre Stromstärkepegel $I_{x,j+n}$ einem oberhalb des Life-
 Zero-Werts liegenden Stromwert, beispielsweise auch einem mehr als 20,5 mA und weniger als 23 mA betra-
 genden Alarmstromwert, entspricht, ausgegeben werden und indem mittels des Life-Zero-Steuerwerts, mittels
 wenigstens eines nämlichem Life-Zero-Steuerwert entsprechenden digitalen Stromwerts, mittels des vom Life-
 Zero-Steuerwerts abweichenden Steuerwerts sowie mittels wenigstens eines nämlichem Steuerwert entspre-
 chenden digitalen Stromwerts die aktuelle Kennlinienfunktion ermittelt und mit der ursprünglich vorgegebenen
 Kennlinienfunktion verglichen wird. Alternativ oder in Ergänzung dazu können zwecks der Überprüfung der
 Stromschnittstelle mittels des Mikroprozessors auch eine Abweichung zwischen Life-Zero-Steuerwert und dem
 zugehörigen digitalen Stromwert $I_{D,j}$ sowie eine Abweichung zwischen dem anderen vom Life-Zero-Steuerwert
 abweichenden Steuerwert und dem zugehörigen digitalen Stromwert $I_{D,j+n}$ ermittelt werden und kann hernach
 die Stromschnittstelle überprüft werden, indem mittels des Mikroprozessors festgestellt wird, ob jede der bei-
 den ermittelten Abweichungen innerhalb bzw. außerhalb des erwähnten, zulässige Abweichungen repräsen-
 tierenden Toleranzbereichs liegt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1591977 A [0002]
- GB 2229897 A [0002]
- US 2001/0016802 A [0002, 0004]
- US 2010/0026322 A [0002, 0004]
- US 2011/0062942 A [0002, 0004]
- US 5672975 A [0002]
- US 6014100 A [0002, 0004]
- US 6140940 A [0002]
- US 6452493 B [0002, 0004]
- US 6472884 B [0002]
- US 6684340 B [0002]
- US 7162651 B [0002]
- US 7296482 B [0002]
- US 7630844 B [0002, 0004]
- US 7778784 B [0002, 0004]
- US 7792646 B [0002, 0004]
- WO 00/26739 A [0002]
- WO 00/48157 A [0002]
- WO 01/71291 A [0002]
- WO 03/106931 A [0002]
- WO 2008/091548 A [0002]
- WO 2009/002341 A [0002]
- WO 2011/005938 A [0002]
- WO 2012/009003 A [0002, 0004]
- WO 2012/159683 A [0002]
- WO 88/02476 A [0002]
- WO 88/02853 A [0002]
- WO 94/20940 A [0002]
- WO 95/08123 A [0002, 0004, 0006]
- WO 95/08758 A [0002]
- EP 2012/057791 [0002]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Norm DIN IEC 60381-1 [0003]

Patentansprüche

1. Umformerschaltung zum Wandeln eines einen zeitlichen Verlauf einer, insb. innerhalb eines vorgegebenen Meßbereichs, zeitlich veränderlichen physikalischen und/oder chemischen Meßgröße (x) repräsentierenden digitalen Meßsignals (x_D) in ein von nămlichem digitalen Meßsignal abhăngiges analoges Meßwertsignal mit einem Signalstrom (i_x) von dem eine Stromstărke einen Meßwert (X) fŭr die Meßgrŭŭe reprăsentiert, welche Umformerschaltung umfaŭt:

- eine Stromschnittstelle (DCC)
- mit einem Steuereingang (I_{ctrl_in}),
- mit einem Stromsignalausgang (I_1, I_2), und
- mit einem Stromausgang (I_{D_out}); sowie
- einen Mikroprozessor (μC)
- mit einem Meŭsignaleingang (x_{D_in}) fŭr das digitale Meŭsignal (x_D),
- mit einem mit dem Stromsignalausgang (I_{IST_out}) der Stromschnittstelle verbundenen Stromsignaleingang (I_{D_in}) und
- mit einem mit dem Steuereingang (I_{ctrl_in}) der Stromschnittstelle verbundenen Steuerausgang (I_{ctrl_out});
- wobei die Stromschnittstelle dafŭr eingerichtet ist,
- den Signalstrom durch den Stromausgang flieŭen zu lassen
- und wăhrenddessen
- sowohl die Stromstărke des Signalstroms auf einen einem am Steuereingang (I_{ctrl_in}) momentan angelegten Steuerwert ($W_{D,j}$) entsprechenden stationăren Stromstărkepegel (I_x) einzuregeln, derart, daŭ jeder der stationăren Stromstărkepegel gemăŭ einer der Stromschnittstelle immanenten, insb. linearen, Kennlinienfunktion von jeweils einem zugehŭrigen Steuerwert abhăngig ist,
- als auch am Stromsignalausgang (I_{IST_out}) eine Stromwertefolge (i_D), nămlich eine einen zeitlichen Verlauf der Stromstărke des Signalstroms (i_x) reprăsentierende Sequenz von fŭr verschiedene Zeitpunkte ($\dots, t_j, \dots, t_{j+n}, \dots$) gewonnenen, die Stromstărke momentan reprăsentierenden digitalen Stromwerten ($I_{D,j}$), auszugeben; und
- wobei der Mikroprozessor dafŭr eingerichtet ist,
- basierend auf dem digitalen Meŭsignal (x_D) am Meŭsignaleingang eine Meŭwertefolge, nămlich eine einen zeitlichen Verlauf der Meŭgrŭŭe reprăsentierende Sequenz von fŭr verschiedene Zeitpunkte (t_i) gewonnenen, die Meŭgrŭŭe jeweils momentan reprăsentierenden digitalen Meŭwerten ($X_{D,i}$) zu generieren, und
- basierend auf der Meŭwertefolge (x_D) eine Steuerwertefolge (w_D), nămliche eine Sequenz von digitalen Steuerwerten ($W_{D,j}$) fŭr die Stromschnittstelle, zu generieren und am Steuerausgang auszugeben, und
- wobei der Mikroprozessor dafŭr eingerichtet ist, basierend auf der Steuerwertefolge (w_D) und der Stromwertefolge (i_D), insb. nămlich basierend auf zumindest vorŭbergehend gespeicherten Steuerwerten ($W_{D,j}$) sowie zumindest vorŭbergehend gespeicherten digitalen Stromwerten ($I_{D,j}$), die Stromschnittstelle zu ŭberwachen und/oder zu ŭberprŭfen, insb. nămlich eine Abweichung zwischen einem Steuerwert ($W_{D,j}$) und wenigstens einem zugehŭrigen digitalen Stromwert ($I_{D,j}$) zu ermitteln und/oder festzustellen, inwieweit ein Stromwert ($I_{D,j}$) von einem zugehŭrigen Steuerwert ($W_{D,j}$) abweicht, und/oder eine aktuelle Kennlinienfunktion, gemăŭ der die Stromschnittstelle die stationăren Stromstărkepegel ($I_{x,j}$) in Abhăngigkeit von den digitalen Steuerwerten ($W_{D,j}$) einstellt, zu ermitteln, und/oder festzustellen, ob bzw. inwieweit eine aktuelle Kennlinienfunktion, gemăŭ der die Stromschnittstelle die stationăren Stromstărkepegel ($I_{x,j}$) in Abhăngigkeit von den digitalen Steuerwerten ($W_{D,j}$) einstellt, von einer frŭheren Kennlinienfunktion der Stromschnittstelle abweicht.

2. Umformerschaltung nach einem der vorherigen Ansprŭche, wobei der Mikroprozessor dafŭr eingerichtet ist, basierend auf der Steuerwertefolge (w_D) und der Stromwertefolge (i_D), insb. basierend auf zumindest vorŭbergehend gespeicherten Steuerwerten ($W_{D,j}$) sowie zumindest vorŭbergehend gespeicherten digitalen Stromwerten ($I_{D,j}$), die Stromschnittstelle zu ŭberprŭfen, nămlich

- eine Abweichung zwischen einem Steuerwert ($W_{D,j}$) und wenigstens einem zugehŭrigen digitalen Stromwert ($I_{D,j}$) zu ermitteln; und/oder
- festzustellen, inwieweit nămlicher Stromwert ($I_{D,j}$) vom Steuerwert ($W_{D,j}$) abweicht; und/oder
- eine aktuelle Kennlinienfunktion, gemăŭ der die Stromschnittstelle die stationăren Stromstărkepegel ($I_{x,j}$) in Abhăngigkeit von den digitalen Steuerwerten ($W_{D,j}$) einstellt, zu ermitteln; und/oder
- festzustellen, ob bzw. inwieweit eine aktuelle Kennlinienfunktion, gemăŭ der die Stromschnittstelle die stationăren Stromstărkepegel ($I_{x,j}$) in Abhăngigkeit von den digitalen Steuerwerten ($W_{D,j}$) einstellt, von einer zuvor fŭr die Stromschnittstelle ermittelten Kennlinienfunktion abweicht.

3. Umformerschaltung nach einem der vorherigen Ansprŭche,

- wobei die Stromschnittstelle einen Freigabeeingang (EN) und der Mikroprozessor einen mit nămlichem Freigabeeingang der Stromschnittstelle verbundenen Freigabeausgang (I_{out_ctrl}) aufweisen,

- wobei die Stromschnittstelle dafür eingerichtet ist, die Stromwertefolge (i_D) am Stromsignalausgang (I_{IST_out}) auszugeben, nachdem ein den Stromsignalausgang (I_{IST_out}) aktivierender Steuerbefehl (ON) am Freigabeeingang (EN) angelegt ist und der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, einen Steuerbefehl zum Aktivieren des Stromsignalausgangs (I_{IST_out}) zu generieren und am Freigabeausgang (I_{out_ctrl}) auszugeben, und
- wobei die Stromschnittstelle dafür eingerichtet ist, zeitweise, insb. bei Ausbleiben des den Stromsignalausgang (I_{IST_out}) aktivierenden Steuerbefehls (ON), keine Stromwertefolge (i_D) am Stromsignalausgang (I_{D_out}) auszugeben.

4. Umformerschaltung nach dem vorherigen Anspruch,

- wobei die Stromschnittstelle dafür eingerichtet ist, keine Stromwertefolge (i_D) am Stromsignalausgang (I_{D_out}) auszugeben, nachdem ein den Stromsignalausgang (I_{D_out}) deaktivierender Steuerbefehl (OFF) am Freigabeingang (EN) angelegt ist, und
- wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, einen Steuerbefehl zum Deaktivieren des Stromsignalausgangs (I_{D_out}) zu generieren und am Freigabeausgang (I_{out_ctrl}) auszugeben, insb. derart, daß eine Aktivierungszeit, nämlich eine über einen vorgegebenen Betriebszeitraum kumulierte Gesamtzeit, während der die Stromschnittstelle die Stromwertefolge (i_D) am Stromsignalausgang (I_{D_out}) ausgibt, kürzer ist als eine Deaktivierungszeit, nämlich eine über einen vorgegebenen Betriebszeitraum kumulierte Gesamtzeit, während der die Stromschnittstelle die Stromwertefolge (i_D) am Stromsignalausgang (I_{D_out}) nicht ausgibt.

5. Umformerschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Umformerschaltung dafür eingerichtet ist, zeitweise, insb. vorwiegend, in einem Normalbetriebsmodus betrieben zu werden,

- in dem die Meßgröße (x) lediglich innerhalb eines dafür vorgegebenen Meßbereichs, Δx_{12} , mit einer durch einen vorgegebenen kleinsten Meßwert für Meßgröße (x) bestimmten Bereichsuntergrenze, x_1 , und einer durch einen vorgegebenen größten Meßwert für Meßgröße (x) bestimmten Bereichsobergrenze, x_2 , zeitlich ändert, und
- in dem vom Mikroprozessor lediglich solche Steuerwerte am Steuerausgang ausgegeben werden, die die Stromschnittstelle veranlassen, die Stromstärke, I_x , des Signalstroms so zu regeln, daß die stationären Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) jeweils innerhalb einer dafür vorgegebenen, nämlich mit dem für die Meßgröße (x) vorgegebenen Meßbereich, Δx_{12} , korrespondierenden, mithin eine mit dessen Bereichsuntergrenze, x_1 , korrespondierende erste Grenzstromstärke, I_1 , sowie eine mit dessen Bereichsobergrenze, x_2 , korrespondierende, von der ersten Grenzstromstärke verschiedene zweite Grenzstromstärke, I_2 , aufweisenden Meßspanne, ΔI_{12} , liegen.

6. Umformerschaltung nach dem vorherigen Anspruch,

- wobei die erste Grenzstromstärke 4 mA oder weniger, insb. mehr als 3,6 mA, beträgt; und/oder
- wobei die zweite Grenzstromstärke 20 mA oder mehr, insb. weniger als 21 mA, beträgt.

7. Umformerschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche,

- wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, die Steuerwerte ($W_{D,j}$) der Steuerwertefolge basierend auf einer von wenigstens zwei vorgegebenen, momentan gültigen Koeffizienten ($A_1, \dots, A_N$) bestimmten Rechenvorschrift, insb. gemäß einer Polynomfunktion

$$W_{D,j} = \sum_{k=1}^N A_k \cdot X_{D,j}^{k-1} = A_1 + A_2 \cdot X_{D,j} + \dots + A_N \cdot X_{D,j}^{N-1}$$

, als Funktionswert einer, insb. linearen, Funktion wenigstens eines der digitalen Meßwerte ($X_{D,j}$) der Meßwertefolge zu ermitteln, und

- wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, basierend auf der Steuerwertefolge (w_D) und der Stromwertefolge (i_D), insb. basierend auf gespeicherten Steuerwerten ($W_{D,j}$) sowie gespeicherten digitalen Stromwerten ($I_{D,j}$), nämlich Rechenvorschrift auf eine aktuelle Kennlinienfunktion, gemäß der die Stromschnittstelle die stationären Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) in Abhängigkeit von den digitalen Steuerwerten ($W_{D,j}$) einstellt, abzugleichen, insb. derart, daß eine Abweichung der aktuellen Kennlinienfunktion von einer zuvor für die Stromschnittstelle ermittelten Kennlinienfunktion kompensiert wird.

8. Umformerschaltung nach einem der Ansprüche 11 bis 13,

- wobei die Umformerschaltung dafür eingerichtet ist – veranlaßt durch eine Störung der Umformerschaltung bzw. des digitalen Meßsignals und/oder veranlaßt durch eine außerhalb des Meßbereichs liegenden Meßgröße und/oder veranlaßt durch eine unzulässig hohen Abweichung wenigstens eines der stationären Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) von dem dafür vorgegebenen Steuerwert ($W_{D,j}$) – zeitweise in einem Sonderbetriebsmodus betrieben zu werden, in dem vom Mikroprozessor am Steuerausgang, insb. ausschließlich, solche Steuerwerte

ausgegeben werden, die die Stromschnittstelle veranlassen, die Stromstärke, I_x , des Signalstroms so zu regeln, daß die stationären Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) außerhalb der vorgegebenen Meßspanne, ΔI_{12} , liegen, und – wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist,

– gelegentlich – nämlich im Sonderbetriebsmodus und/oder nachdem eine Abweichung eines stationären Stromstärkepegels ($I_{x,j}$) von dem dafür vorgegebenen Steuerwert ($W_{D,j}$) bzw. eine Abweichung einer aktuellen Kennlinienfunktion, gemäß der die Stromschnittstelle die stationären Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) in Abhängigkeit von den digitalen Steuerwerten ($W_{D,j}$) einstellt, von einer zuvor für die Stromschnittstelle ermittelten Kennlinienfunktion festgestellt ist – wenigstens einen Ersatz-Koeffizienten (A'_M) für wenigstens einen der momentan gültigen gleichwohl zu ersetzenden Koeffizienten ($A_M \in \{A_1, \dots, A_N\}$) zu ermitteln, insb. derart, daß zum Ermitteln des wenigstens eines Ersatz-Koeffizienten (A'_M) wenigstens zwei voneinander abweichende Steuerwerte vom Mikroprozessor ausgegeben wird, von denen wenigstens einer die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke, I_x , des Signalstroms so zu regeln, daß der zugehörige stationäre Stromstärkepegel unterhalb einer kleinsten der beiden Grenzstromstärken, I_1, I_2 , liegt, und/oder von denen wenigstens einer die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke, I_x , des Signalstroms so zu regeln, daß der zugehörige stationäre Stromstärkepegel oberhalb einer größten der beiden Grenzstromstärken, I_1, I_2 , liegt.

9. Umformerschaltung nach dem vorherigen Anspruch,

– wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, insb. automatisch oder von extern gesteuert, vom Normalbetriebsmodus in den Sonderbetriebsmodus zu wechseln, um den Ersatz-Koeffizienten (A'_M) zu ermitteln, insb. derart, daß zum Ermitteln des wenigstens eines Ersatz-Koeffizienten (A'_M) wenigstens zwei voneinander abweichende Steuerwerte vom Mikroprozessor ausgegeben werden, von denen jeder die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke, I_x , des Signalstroms so zu regeln, daß der jeweils zugehörige stationäre Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) außerhalb der Meßspanne, ΔI_{12} , liegt; und/oder,

– wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, zum Ermitteln des wenigstens einen Ersatz-Koeffizienten (A'_M) am Steuerausgang einen Steuerwert auszugeben, der die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke, I_x , des Signalstroms auf einen unterhalb einer niedrigsten der beiden Grenzstromstärken der Meßspanne liegenden, insb. 3,6 mA oder weniger betragenden, stationären Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) zu regeln; und/oder

– wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, zum Ermitteln des wenigstens einen Ersatz-Koeffizienten (A'_M) am Steuerausgang einen Steuerwert auszugeben, der die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke, I_x , des Signalstroms auf einen oberhalb einer höchsten der beiden Grenzstromstärken der Meßspanne liegenden, insb. 21 mA oder mehr betragenden, stationären Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) zu regeln.

10. Umformerschaltung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,

– wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, sowohl basierend auf wenigstens einem zu einem ersten Zeitpunkt (t_j) gemäß der von nämlichen momentan gültigen Koeffizienten ($A_1, \dots, A_N$) bestimmten Rechenvorschrift ermittelten, am Steuerausgang (I_{ctrl_out}) ausgegebenen ersten Steuerwert ($W_{D,j}$) und wenigstens einem daraufhin von der Stromschnittstelle an deren Stromsignalausgang (I_{D_out}) ausgegebenen ersten digitalen Stromwert ($I_{D,j}$) als auch basierend auf wenigstens einem zu einem zweiten Zeitpunkt (t_{j+n}) gemäß der von nämlichen momentan gültigen Koeffizienten ($A_1, \dots, A_N$) bestimmten Rechenvorschrift ermittelten, am Steuerausgang (I_{ctrl_out}) ausgegebenen zweiten Steuerwert ($W_{D,j+1}$), der vom ersten Steuerwert ($W_{D,j}$) abweicht, und wenigstens einem daraufhin von der Stromschnittstelle an deren Stromsignalausgang (I_{D_out}) ausgegebenen zweiten digitalen Stromwert ($I_{D,j+n}$) wenigstens einen Ersatz-Koeffizienten (A'_M) für wenigstens einen der momentan gültigen gleichwohl zu ersetzenden Koeffizienten ($A_M \in \{A_1, \dots, A_N\}$) zu ermitteln, und

– wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, die Steuerwertefolge (w_D) unter Verwendung des wenigstens einen Ersatz-Koeffizienten ($A'_M \rightarrow A_M$) anstelle des zu ersetzenden Koeffizienten (A_M) zu generieren.

11. Umformerschaltung nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist,

– unter Verwendung des ersten Steuerwerts ($W_{D,j}$) und des ersten digitalen Stromwerts ($I_{D,j}$) sowie unter Verwendung des zweiten Steuerwerts ($W_{D,j+1}$) und des zweiten digitalen Stromwerts ($I_{D,j+n}$) einen Ersatz-Koeffizienten (A'_1) für einen ersten zu ersetzenden Koeffizienten ($A_1 \in \{A_1, \dots, A_N\}$) gemäß einer ersten Rechenvorschrift für Ersatz-Koeffizienten:

$$A'_1 = A_1 - \frac{1 - \frac{I_{D,j+n} - I_{D,j}}{W_{D,j+n} - W_{D,j}}}{1 - \frac{I_{D,j}}{W_{D,j}}} = A_1 - \frac{1 - \frac{A_2}{A'_2}}{1 - \frac{I_{D,j}}{W_{D,j}}} \quad (n > 0 \ \& \ W_{D,j} \neq W_{D,j+n})$$

sowie einen Ersatz-Koeffizienten (A'_2) für einen zweiten zu ersetzenden Koeffizienten ($A_2 \in \{A_1, \dots, A_N\}$) gemäß einer zweiten Rechenvorschrift für Ersatz-Koeffizienten:

$$A'_2 = A_2 \cdot \frac{W_{D,j+n} - W_{D,j}}{I_{D,j+n} - I_{D,j}} \quad (n > 0 \ \& \ W_{D,j} \neq W_{D,j+n})$$

zu ermitteln,

– und hernach die Steuerwertefolge (w_D) sowohl unter Verwendung des ersten Ersatz-Koeffizienten ($A'_1 \rightarrow A_1$) anstelle des ersten zu ersetzenden Koeffizienten (A_1) als auch unter Verwendung des zweiten Ersatz-Koeffizienten ($A'_2 \rightarrow A_2$) anstelle des zweiten zu ersetzenden Koeffizienten (A_2) zu generieren.

12. Umformerschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche,

– wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, basierend auf der Steuerwertefolge (w_D) und der Stromwertefolge (i_D), insb. basierend auf gespeicherten Steuerwerten ($W_{D,j}$) sowie gespeicherten digitalen Stromwerten ($I_{D,j}$), einen Umformerfehler (Err) zu ermitteln; und/oder
 – wobei die Umformerschaltung dafür eingerichtet ist, basierend auf der Steuerwertefolge und der Stromwertefolge zumindest gelegentlich zu überprüfen, ob ein stationärer Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) mit dem dafür vorgegebenen Steuerwert ($W_{D,j}$) übereinstimmt bzw. inwieweit ein stationärer Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) von dem dafür vorgegebenen Steuerwert ($W_{D,j}$) abweicht; und/oder
 – wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, die Steuerwerte ($W_{D,j}$) der Steuerwertefolge als eine lineare Funktion eines der digitalen Meßwerte ($X_{D,j}$) der Meßwertefolge, nämlich basierend auf einer von genau zwei vorgegebenen, momentan gültigen Koeffizienten (A_1, A_2) bestimmten Polynomfunktion

$$W_{D,j} = \sum_{k=1}^{N-2} A_k \cdot X_{D,j}^{k-1} = A_1 + A_2 \cdot X_{D,j}$$

vom Polynomgrad, $N - 1 = 1$, zu ermitteln.

13. Umformerschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Umformerschaltung dafür eingerichtet ist, in einem Inbetriebnahmemodus betrieben zu werden, in dem der Mikroprozessor zunächst gestartet wird.

14. Umformerschaltung nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, während des Inbetriebnahmemodus die Stromschnittstelle, insb. automatisch, zu überprüfen, indem am Steuerausgang ein Life-Zero-Steuerwert, nämlich ein Steuerwert, der die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke, I_x , des Signalstroms so zu regeln, daß der zugehörige stationäre Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) einem einer kleinsten der beiden Grenzstromstärken, I_1, I_2 , entsprechenden, insb. weniger als 4 mA und mehr als 3,6 mA betragenden, Life-Zero-Wert, nämlich einer einen stromführenden Nullpunkt der Umformerschaltung signalisierenden Stromstärke, entspricht, ausgegeben wird.

15. Umformerschaltung nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, während des Inbetriebnahmemodus die Stromschnittstelle automatisch zu überprüfen, indem, insb. zu einem späteren Zeitpunkt bzw. nachdem der Mikroprozessor wenigstens einen dem Life-Zero-Steuerwert entsprechenden digitalen Stromwert eingelesen hat, ein vom Life-Zero-Steuerwert abweichender Steuerwert, der die Stromschnittstelle veranlaßt, die Stromstärke, I_x , des Signalstroms so zu regeln, daß der zugehörige stationäre Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) einem oberhalb der kleinsten der beiden Grenzstromstärken, I_1, I_2 , liegenden Stromwert, insb. einem mehr als 20,5 mA und weniger als 23 mA betragenden Alarmstromwert, entspricht, ausgegeben wird.

16. Umformerschaltung nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, während des Inbetriebnahmemodus die Stromschnittstelle automatisch zu überprüfen,
 – indem mittels des Life-Zero-Steuerwerts, mittels wenigstens eines nämlichem Life-Zero-Steuerwert entsprechenden digitalen Stromwerts, mittels des vom Life-Zero-Steuerwert abweichenden Steuerwerts sowie mittels wenigstens eines nämlichem Steuerwert entsprechenden digitalen Stromwerts eine aktuelle Kennlinienfunktion, gemäß der die Stromschnittstelle die stationären Stromstärkepegel ($I_{x,j}$) in Abhängigkeit von den digitalen Steuerwerten ($W_{D,j}$) einstellt, ermittelt und mit einer dafür vorgegebenen Kennlinienfunktion verglichen wird, und/oder
 – indem mittels des Mikrokorrektors sowohl eine Abweichung zwischen dem Life-Zero-Steuerwert und dem zugehörigen digitalen Stromwert als auch eine Abweichung zwischen dem anderen vom Life-Zero-Steuerwert

abweichenden Steuerwert und dem zugehörigen digitalen Stromwert ermittelt werden und hernach festgestellt wird, ob jede der beiden ermittelten Abweichungen innerhalb bzw. außerhalb eines dafür vorgegebenen, zulässige Abweichungen repräsentierenden Toleranzbereichs liegt.

17. Umformerschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, weiters umfassend:

- einen flüchtigen Datenspeicher (RAM) zum Speichern von digitalen Meßwerten und/oder digitalen Steuerwerten, wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, digitale Steuerwerte ($W_{D,j}$) sowie digitale Stromwerte ($I_{D,j}$) vorübergehend im Datenspeicher zu speichern; und/oder
- einen persistenten Datenspeicher (EEPROM), wobei der Mikroprozessor dafür eingerichtet ist, den wenigstens einen Ersatz-Koeffizienten (A'_M) und/oder zumindest einen Steuerwert ($W_{D,j}$) und wenigstens einem zugehörigen digitalen Stromwert ($I_{D,j}$) und/oder eine Abweichung zwischen einem Steuerwert ($W_{D,j}$) und einem zugehörigen digitalen Stromwert ($I_{D,j}$) nicht-flüchtig im Datenspeicher zu speichern, insb. zusammen mit einem Zeitwert, der mit einem Zeitpunkt des Speicherns korrespondiert.

18. Meßgerät, umfassend:

- einen Meßaufnehmer (MA) zum Erfassen einer, insb. innerhalb eines vorgegebenen Meßbereichs, zeitlich veränderlichen physikalischen und/oder chemischen Meßgröße (x) und zum Generieren wenigstens eines einen zeitlichen Verlauf nämlicher Meßgröße (x) repräsentierenden analogen Meßsignals;
- einen mit dem Meßaufnehmer elektrisch gekoppelte, insb. in einem Elektronik-Gehäuse (H) untergebrachte, Meßgerät-Elektronik (ME), die dafür eingerichtet ist, das analoge Meßsignal in ein dieses, mithin einen zeitlichen Verlauf nämlicher Meßgröße (x) repräsentierendes digitales Meßsignal (x_D) zu wandeln, und die eine Umformerschaltung (Tr) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 30 sowie eine Energieversorgungsschaltung (EV) mit einem Eingang und mit wenigstens einem Ausgang, die dafür eingerichtet ist, an nämlichem Ausgang eine Nutzspannung (U_N) zum Betreiben des Mikroprozessors (μC) und/oder zum Betreiben der Stromschnittstelle (DCC) bereitzustellen, aufweist; sowie
- ein vom Mikroprozessor (μC) angesteuertes Anzeigeelement (HMI) zum Anzeigen von mittels des Mikroprozessors generierten Meßwerten und zum Anzeigen eines mittels eines Stromwerts und eines Steuerwerts gebildeten Wertepaares und/oder einer Abweichung eines Stromwerts von einem Steuerwert und/oder zum Anzeigen eines Umformerfehlers (Err).

19. Meßgerät nach Anspruch 20, wobei die Energieversorgungsschaltung (EV) dafür eingerichtet ist, zumindest einem Anteil des Signalstroms zu führen und dazu zu verwenden, die Nutzspannung (U_N) zum Betreiben des Mikroprozessors (μC) und/oder zum Betreiben der Stromschnittstelle (DCC) bereitzustellen.

20. Meßgerät nach dem Anspruch 18 oder 19, wobei die Meßgerät-Elektronik

- eine erste Anschlußklemme (P1), die dafür eingerichtet ist, mit einer ersten extern der Umformerschaltung verlegten Anschlußleitung (L1) elektrisch verbunden zu werden; sowie
- eine zweite Anschlußklemme (P2), die dafür eingerichtet ist, mit einer zweiten extern der Umformerschaltung verlegten Anschlußleitung (L2) elektrisch verbunden zu werden, aufweist.

21. Meßgerät nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Stromausgang der Stromschnittstelle zwei Anschlußelektroden aufweist, von welchen Anschlußelektroden eine erste Anschlußelektrode (I1) mit der ersten Anschlußklemme (P1) und eine zweite Anschlußelektrode (I2) mit der zweiten Anschlußklemme (P2) elektrisch verbunden sind.

22. Meßgerät nach Anspruch 20 oder 21, wobei die Meßgerät-Elektronik

- eine dritte Anschlußklemme (P3), die dafür eingerichtet ist, mit einer dritten extern des Umformerschaltungs verlegten Anschlußleitung (L3) elektrisch verbunden zu werden, sowie
- eine vierte Anschlußklemme (P4), die dafür eingerichtet ist, mit einer vierten extern des Umformerschaltungs verlegten Anschlußleitung (L4) elektrisch verbunden zu werden, aufweist.

23. Meßgerät nach dem vorherigen Anspruch, wobei der Spannungseingang der Energieversorgungsschaltung zwei Anschlußelektroden aufweist, von welchen Anschlußelektroden eine erste Anschlußelektrode an die dritte Anschlußklemme (P3) und eine zweite Anschlußelektrode an die vierte Anschlußklemme (P4) angeschlossen sind.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

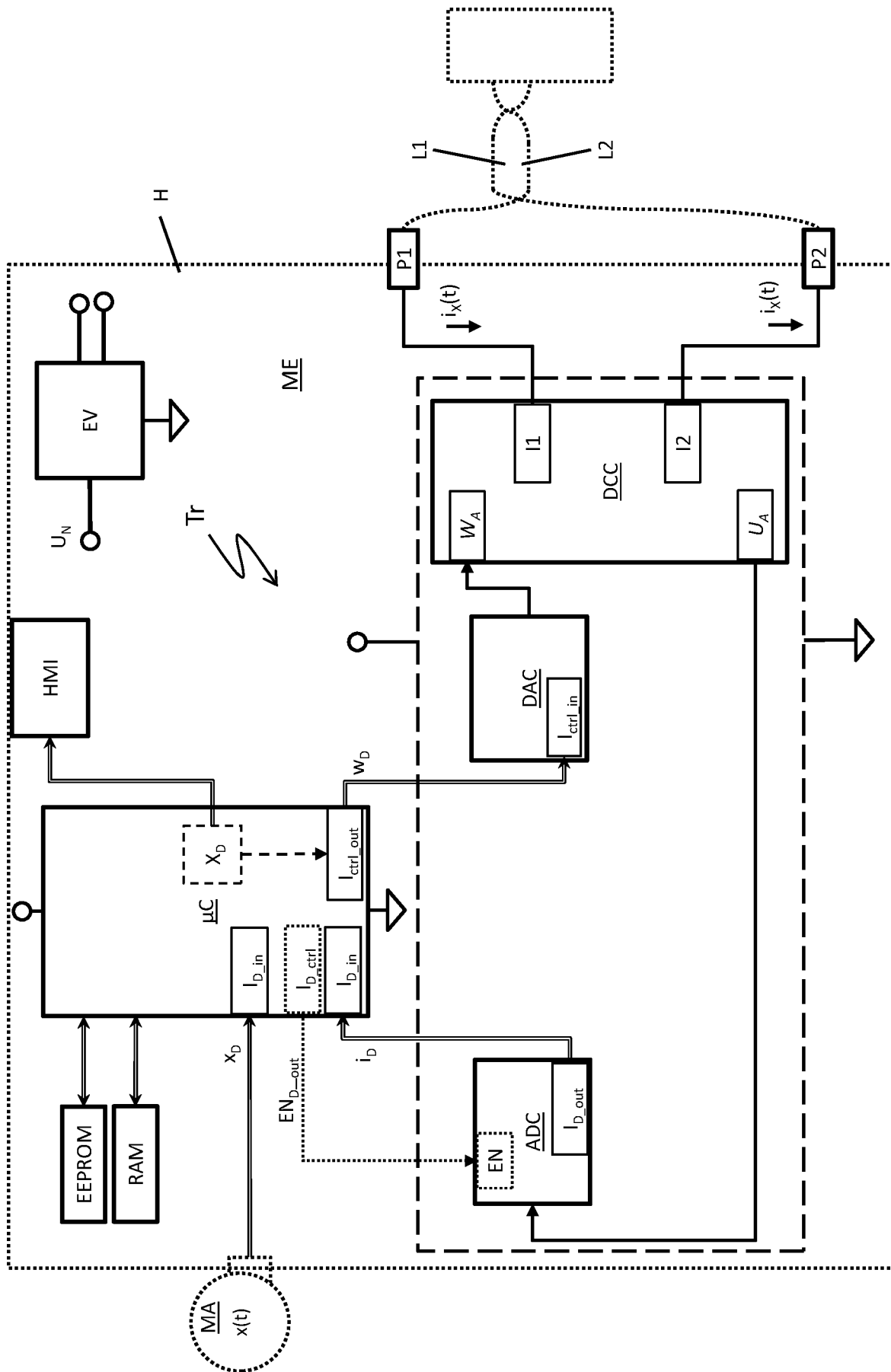


Fig. 1

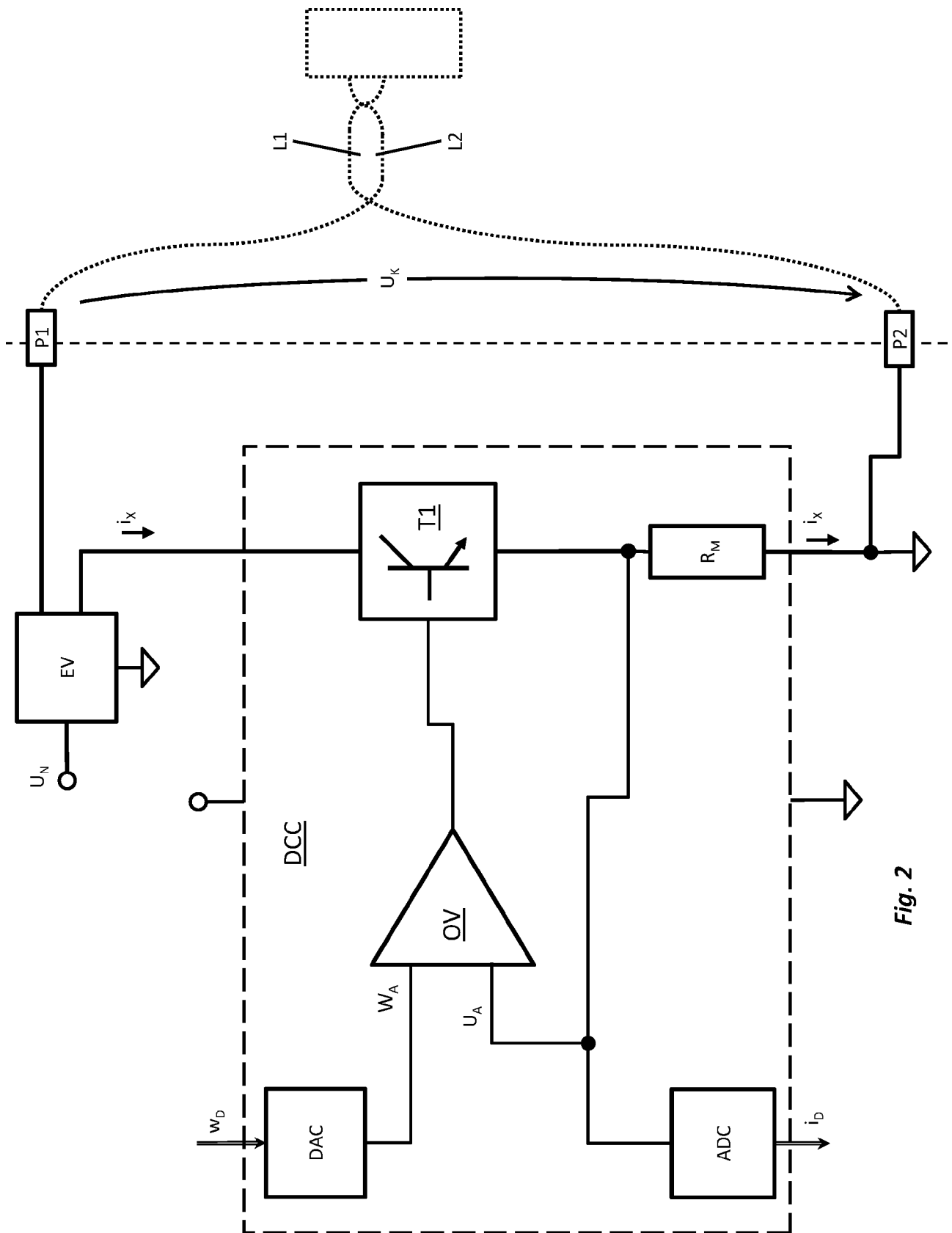


Fig. 2

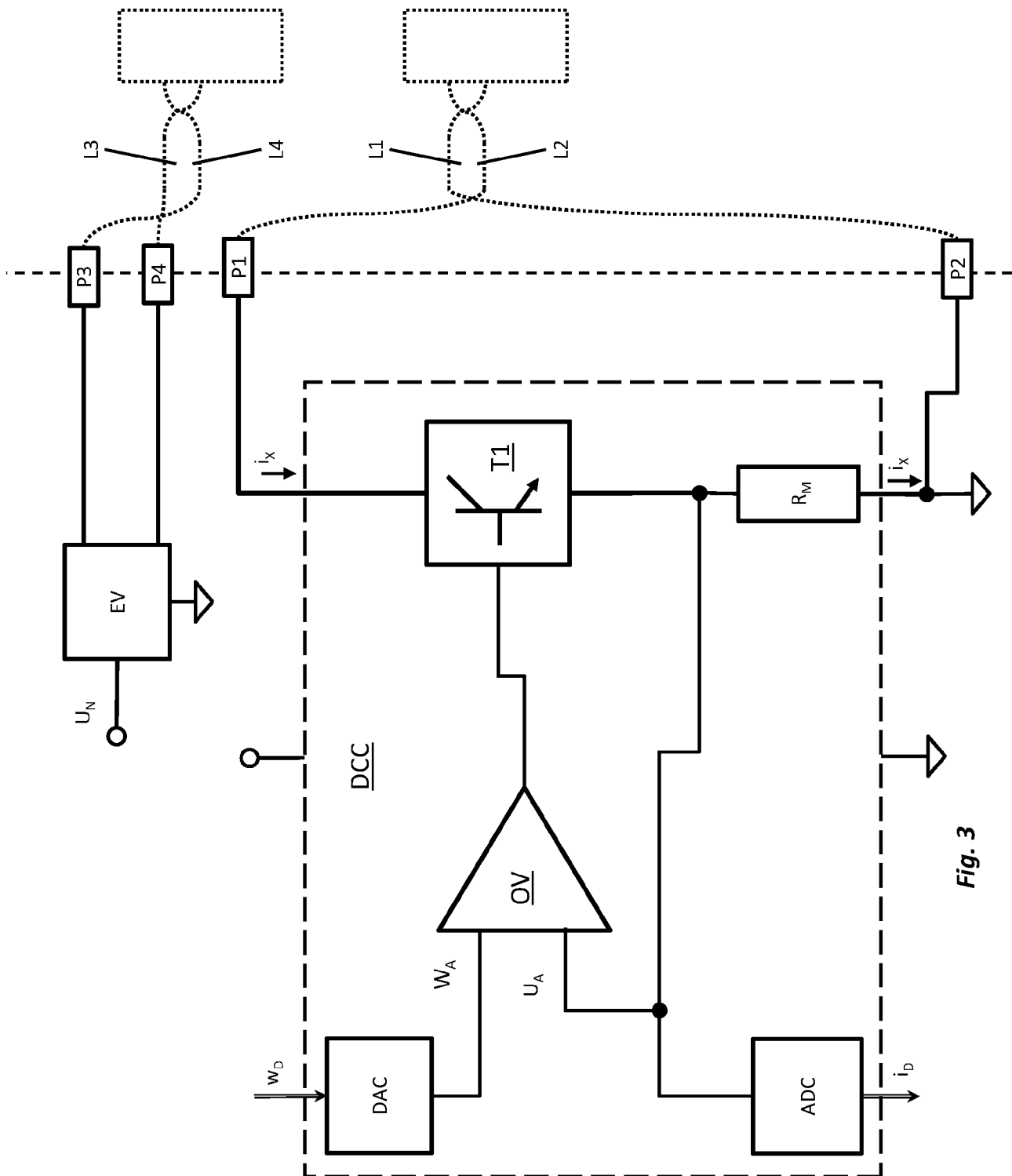


Fig. 3

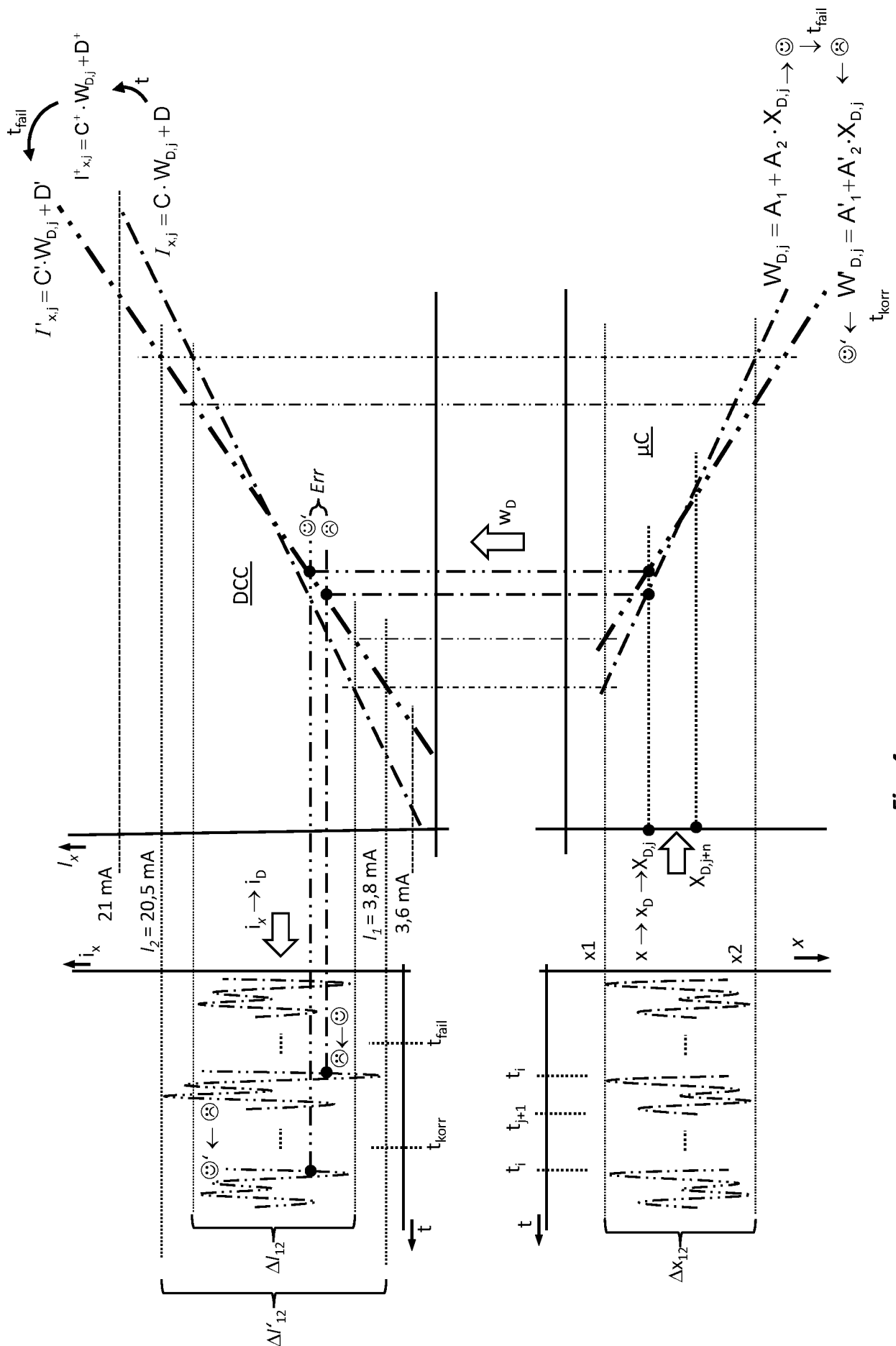


Fig. 4