

DIE MESSTECHNISCHE ÜBERWACHUNG VON PRODUKTIONSANLAGEN DURCH MESSUM- FORMER UND DIE ZWECKMÄSSIGE VERAR- BEITUNG DER MESSDATEN

HELLMUT SCHNEIDER

Hartmann & Braun AG, Frankfurt (Main), Deutschland

VERSCHIEDENE MÖGLICHKEITEN DER AUTOMA- TISCHEN MESSDATENVERARBEITUNG

Für Produktionsanlagen und Energieversorgungsbetriebe ist es wichtig, die Energiebilanz aus den dazu notwendigen Meßwerten zu errechnen. Bei der manuellen Lösung dieser Aufgabe geht man so vor, daß man die in Form von Diagrammen niedergeschriebenen Meßwerte nach einer bestimmten Periode einsammelt, in der Zentrale die Analogwerte der Diagrammstreifen in Zahlenwerte umsetzt und dann aus diesen Zahlen die Bilanz errechnet. Diese drei Teilvorgänge, die notwendig sind, um aus vielen, in analoger Form vorliegenden Meßwerten eine Endzahl zu bekommen, sind im Bild 1 schematisch dargestellt.

Automatisiert man nun diese Meßdatenverarbeitung, so kann man prinzipiell genauso vorgehen, indem man die als Analogwerte vorliegenden Meßwerte zur Zentrale übermittelt, hier selbsttätig in Digitalwerte umwandelt und aus diesen dann mittels Digitalrechenmaschinen automatisch die Bilanz errechnet. Geräte hierfür stehen heute zur Verfügung und sind auch im Einsatz. Derartige Rechenautomaten können die in analoger Form vorliegenden Meßwerte in Digitalwerte umwandeln und diese dann nach einem beliebigen, eingegebenen Programm miteinander verknüpfen und das Ergebnis in digitaler Form niederschreiben. Das entsprechende Schema ist in Bild 2a angegeben.

Diese Art der automatischen Meßdatenverarbeitung ist bei großen Produktions-Anlagen und komplizierten Rechenoperationen wirtschaftlich die interessanteste, insbesondere dann, wenn viele Meßwerte verarbeitet werden müssen und die Entfernungen zwischen der Meßstelle und der Zentrale nicht allzu groß sind. Werden die Übertragungsentfernungen wesentlich größer als 50 km, so ist es wirtschaftlicher, nicht Analogwerte, sondern Digitalwerte zur Zentrale zu übermitteln. Denn die Übertragung von Analogwerten belegt die Leitung ununterbrochen, die Übertragung von Digitalwerten kann nach einer Speicherung in zeitlichem Abstand erfolgen, so daß die Leitungen zwischenzeitlich noch für andere Zwecke benutzt

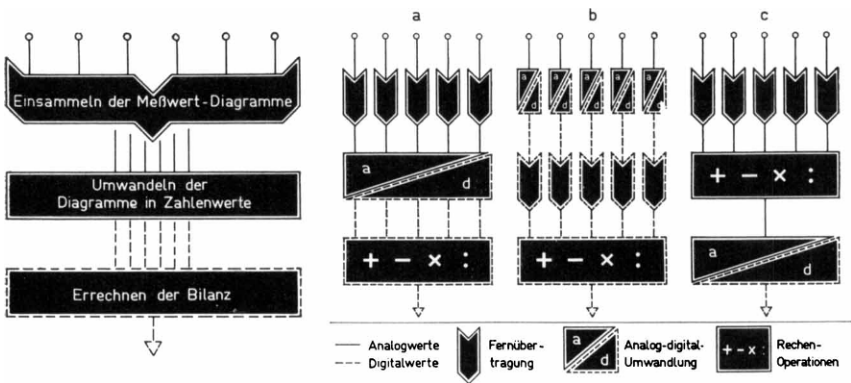


Bild 1.

Bild 2.

Bild 1.—Schema der manuellen Meßdatenverarbeitung. —, Analogwerte (Diagramm); ---, Digitalwerte (Zahlen).

Bild 2.—Grundschemata der automatischen Meßdatenverarbeitung.

werden können. Auf diese Weise kommt man zu einem anderen Schema gemäß Bild 2b. Hierbei steht an erster Stelle die Umwandlung der analogen Meßwerte in Digitalwerte, dann erst erfolgt die Übermittlung zur Zentrale, z. B. durch Fernschreiber. Elektronische Digitalrechenmaschinen eignen sich auch für diese Form der Datenverarbeitung, da sie nicht nur Eingänge für Analogwerte, sondern auch für Digitalwerte besitzen.

Derartige Digitalrechenmaschinen sind allerdings relativ teuer und ihr Einsatz bleibt aus wirtschaftlichen Gründen vorerst dem Großbetrieb vorbehalten. Für kleine Betriebe mit einer geringen Zahl von Meßstellen sind Analog-Rechengeräte vorteilhafter. Mit derartigen Geräten lassen sich analog die vier Grundrechnungsarten durchführen, sie sind einfach und billig, jedoch nicht so universal wie Digitalrechner und müssen auf den betreffenden Anwendungsfall zugeschnitten werden. Bei ihrer Verwendung kommt man dann zu einem Schema gemäß Bild 2c, hierbei steht die Um-

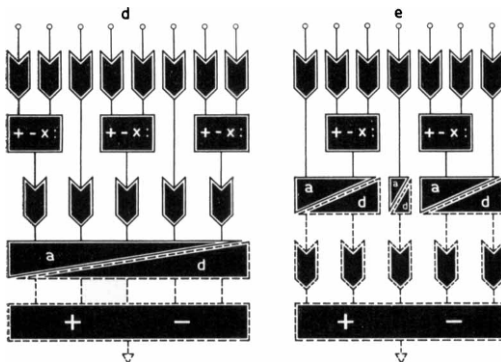


Bild 3.—Varianten der automatischen Meßdatenverarbeitung.

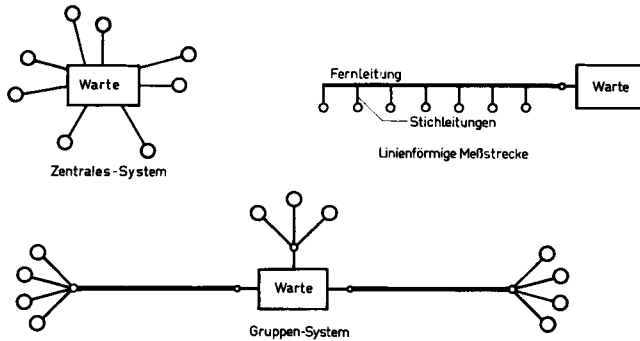


Bild 4.—Räumliche Anordnung von Datenverarbeitungsanlagen.

wandlung der Analogwerte in Digitalwerte an letzter Stelle. Diese Form wird sich vor allem für den Kleinbetrieb durchsetzen.

Für mittelgroße Betriebe sind jedoch besonders kombinierte Lösungen interessant, bei der Teilrechenoperationen analog, die Endrechnung digital durchgeführt wird. Das entsprechende Schema zeigt Bild 3d, die analog berechneten Zwischenergebnisse werden als Analogwerte der Zentrale übermittelt, dort in Digitalwerte umgesetzt und aus diesen die Bilanz errechnet. Dem Digitalrechner überläßt man hierbei nur die Bildung von Summen und Differenzen, er kann dann ein einfaches Gerät sein und arbeitet nicht elektronisch, sondern mit elektro-mechanischen Relais. Teilrechenoperationen, die sich mit einfachen Analogrechengegeräten durchführen lassen, sind z. B. die Errechnung des Gas-Durchflusses aus dem Differenzdruck, dem Druck und der Temperatur an einer Blende oder die Integration des Durchflusses zur durchgeflossenen Menge. Sind die Teilergebnisse über größere Entfernung zu übertragen, so ist es zweckmäßiger, sie vorher in Digitalwerte umzuwandeln und diese dann gemäß Bild 3e zur Zentrale zu übermitteln.

Wichtig für die zu wählende Lösung ist neben der räumlichen Ausdehnung der Anlage und der Zahl der notwendigen Rechenoperationen auch die „Geometrie“. (Bild 4). Liegt die Warte zentral innerhalb der Meßstellen, so ist die Übermittlung von Analogwerten wirtschaftlicher. Bei gruppenförmigen oder linienförmigen Anlagen hingegen ist die Übertragung von Digitalwerten zu bevorzugen, mit denen sich in einfacherer Weise eine Vielfachausnutzung der Leitung durchführen läßt.

ZWECKMÄSSIGE SIGNALE ZUR ÜBERTRAGUNG DER MESSDATEN

Gleichgültig, welche Form der Meßdatenverarbeitung man im Einzelfall auch wählen mag, stets sind entweder Analogwerte oder Digitalwerte zu übertragen. Unumstritten ist wohl in beiden Fällen, daß das elektrische

Signal allen anderen überlegen ist; selbst für kleine Entfernungen haben sich z. B. pneumatische Signale nicht durchsetzen können. Wenig umstritten ist heute auch, in welcher Form man digitale Signale wählen soll. Hier hat die Nachrichtentechnik, ganz besonders die Fernschreibtechnik, wertvolle Erfahrungen gesammelt und man kann deren seit langem bewährte Geräte auch für die Meßdatenübertragung verwenden. Bezüglich der Übermittlung von Analogwerten gehen die Auffassungen jedoch noch auseinander.

In den letzten Jahren wurden insbesondere für die elektrische Regeltechnik Geräte entwickelt, die die verschiedensten Meßwerte in einen eingepprägten Gleichstrom umwandeln. Sind diese elektrischen Meßumformer auch für die zentrale Meßwerterfassung geeignet oder ist es notwendig, hierfür neue Geräte zu schaffen? Eine Frage, die nicht nur für den Hersteller derartiger Geräte interessant ist, sondern ebenso sehr auch für den Anwender, dem ein Einheitsgerät viele Vorteile brächte.

Es wird in diesem Zusammenhang immer wieder die Frage gestellt, ob für die Übertragung analoger Meßwerte nicht eine Gleichspannung das geeignetere Signal sei als ein Gleichstrom. Denn bei einem Strom besteht zweifellos die Gefahr, daß durch Spannungsabfälle auf der Leitung und im Empfänger unzulässig hohe Spannungen auf der Übertragungsleitung entstehen können. Denn im Gegensatz zu Regelanlagen, bei denen heute zu meist noch Starkstromleitungen verlegt werden, muß man hier aus Preisgründen Fernmeldeleitungen nehmen, diese haben jedoch einen höheren spezifischen Widerstand und können nur mit begrenzten Spannungen betrieben werden. Ist nicht die Gefahr von unzulässig hohen Spannungen besonders dann gegeben, wenn die Leitung an irgendeiner Stelle unterbrochen wird, weil dann durch den eingepprägten Strom an der Unterbrechungsstelle mit ihrem unendlich hohen Unterbrechungswiderstand eine beliebig hohe Spannung entsteht?

Bei allen Meßumformern, die den Meßwert in einen eingepprägten Strom umwandeln, findet man einen Stromkreis vor, wie er in Bild 5 schematisch dargestellt ist. Von einer Batterie oder von einem Netzgerät B mit dem Innenwiderstand R_B fließt der Strom durch den Meßumformer MU , den zugehörigen elektronischen Verstärker V , der den Strom entsprechend dem jeweiligen Meßwert einstellt, dann durch einen Verbraucher, hier beispielsweise einen Schreiber S , weiterhin durch eine Ader der Fernleitung L , auf der Empfangsseite durch ein Empfangsgerät E (z. B. einen Analog-Digital-Wandler oder ein Analog-Rechengerät), und schließlich durch die zweite Ader der Fernleitung zurück zur Batterie.

Über die Größe des Stromes I seien noch keinerlei Festlegungen getroffen; er sei noch frei wählbar. Dabei soll I der jeweilige Maximalwert des Stromes sein, der dann vorhanden ist, wenn der Meßumformer bis zum Meßbereichsende angesteuert ist. Die Klemmspannung U_B der Batterie

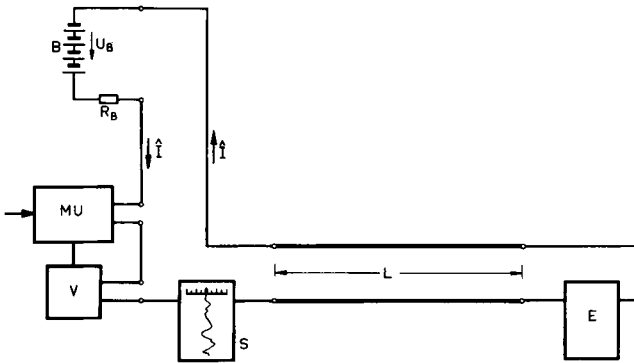


Bild 5.—Stromkreis eines Meßumformers. *MU*, Messumformer; *V*, Verstärker; *S*, Schreiber; *L*, Fernleitung; und *E*, Empfangsgerät.

soll nicht größer sein als die für die Leitung *L* maximal zugelassene Betriebsspannung, denn dann kann selbst beim Öffnen der Leitung am Ende keine Gefährdung dieser Leitung eintreten. Da für die Meßwertübermittlung Fernmeldeleitungen verwendet werden sollen, die für eine maximale Spannung von 100 V ausgelegt sind, sei dieser Wert auch für die Klemmspannung der Batterie angesetzt, also $U_B = 100 \text{ V}$.

Die im Kreis liegenden Geräte und Anlagenteile lassen sich in drei Gruppen mit jeweils gleichen elektrischen Eigenschaften einteilen.

Gruppe a.—Geräte, die eine von der Wahl des Signalstromes \hat{I} unabhängige Leistung verbrauchen. Hierzu gehören z. B. Schreiber, die für jeglichen Strom-Meßbereich etwa 200 mW benötigen. Dazu kann weiterhin der Meßumformer gehören, wenn er auf elektro-magnetischer Basis arbeitet. Weiterhin sind zu dieser Gruppe Magnetverstärker oder Regler mit Magnetverstärker-Eingängen zu rechnen.

Gruppe b.—Geräte, die eine vom gewählten Signalstrom unabhängige Spannung benötigen. Dies sind die meisten elektronischen Geräte, die man mit einer Spannung ansteuert, maximal in der Größe von 10 V (elektronische Regler, elektronische Analog-Digital-Wandler u. a.).

Gruppe c.—Teile des Kreises, die einen jeweils gleichen Widerstand haben, unabhängig davon, welchen Signalstrom man wählt. Der wichtigste Verbraucher dieser Art ist die Übertragungsleitung.

Die der Batterie entnommene Leistung

$$U_B \cdot \hat{I} = 100 \text{ V} \cdot \hat{I}$$

teilt sich nun auf die drei Verbrauchergruppen auf nach der Beziehung

$$100 \text{ V} \cdot \hat{I} = N_C + U_C \cdot \hat{I} + R_C \cdot \hat{I}^2,$$

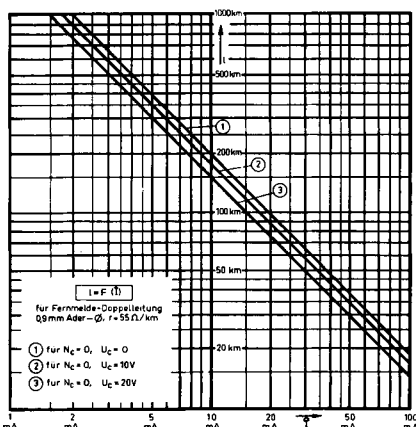


Bild 6.

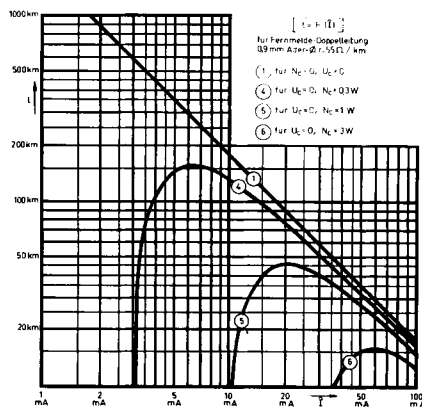


Bild 7.

Bild 6.—Reichweite von Gleichstrom-Meßumformern I.

Bild 7.—Reichweite von Gleichstrom-Meßumformern II.

wobei N_C = Summe der Leistungen, die von den Geräten der Gruppe a benötigt wird; U_C = Summe der Spannungen, die von den Geräten der Gruppe b benötigt wird; R_C = Summe der Widerstände aller Verbraucher der Gruppe c.

Nimmt man zuerst einmal an, daß N_C und auch $U_C = 0$ seien, also nur Verbraucher der Gruppe c vorhanden sind und die gesamte Batteriespannung für den Spannungsabfall auf der Leitung zur Verfügung steht, während alle anderen Geräte ideal sind, so wird

$$R_C = \frac{100 V}{\hat{I}}$$

Ist R_C nur der Widerstand der Leitung L von der Länge l und dem Widerstand/km = r , so kann die Länge der Leitung betragen

$$l = \frac{100 V}{r \cdot \hat{I}}$$

Diese mögliche Länge l der Leitung, die als „Reichweite“ des Meßumformers bezeichnet werden soll, ist also im Idealfall umgekehrt proportional dem jeweiligen Systemstrom \hat{I} . Im Bild 6 ist die ideale Reichweite 1 für eine Fernspreid-Doppelleitung von 0,9 mm ϕ ($r = 55$ Ohm/km) über verschiedenen Stromwerten als Kurve (1) aufgetragen.

Nimmt man als zweiten Fall an, daß auch Verbraucher der Gruppe b vorhanden sind, so daß auch $U_C \neq 0$ ist und z. B. 10 bzw. 20 V beträgt, so bekommt man für die gleiche Fernspreid-Doppelleitung die Kurven (2)

und (3) gemäß Bild 6. Die Geraden sind also nur parallel nach unten verschoben, die Reichweite geht prozentual zurück.

Als dritter Fall sei wieder $U_C = 0$ angenommen, jedoch sei $N_C \neq 0$ und betrage beispielsweise 0,3 Watt, 1 Watt oder 3 Watt. Jetzt erhält man drei Kurven für die Reichweite l , die jeweils ein Maximum aufweisen (Bild 7). Bei einer Leistung von 0,3 Watt liegt das Maximum bei einem Strom von 6 mA, für 1 Watt bei 20 mA und für 3 Watt bei 60 mA.

Nimmt man jetzt noch zusätzlich an, daß auch $U_C \neq 0$ sei, so werden die Kurven nach unten verschoben, die Maximas bleiben jedoch erhalten und liegen etwa bei den gleichen Stromwerten.

Das Auftreten von Maximas bedeutet aber, daß es für den Signalstrom von Meßumformern Optimalwerte gibt, bei denen man die größte Reichweite erzielt. Diese Optimalwerte sind abhängig von dem Gesamt-Leistungsverbrauch aller Geräte nach Gruppe a. Welche Werte kann man jedoch in der Praxis für N_C ansetzen? 0,3 Watt sind zweifellos zu wenig, da bereits ein einziger robuster Schreiber 0,2 Watt benötigt. Für das Kompensationssystem des Meßumformers, das ebenfalls zu dieser Gruppe gezählt werden muß, benötigt man etwa 0,4 Watt, sieht man für weitere Schreiber und Magnetverstärker noch einmal eine Reserve von 0,4 Watt vor, so wird man mit $N_C = 1$ Watt den in der Praxis vorkommenden Anforderungen mit Sicherheit gerecht werden können. Das bedeutet gemäß Kurve 5 in Bild 7, daß man dann für den Signalstrom einen Wert von 20 mA wählen muß. Dann ergibt sich auf einer normalen Fernsprech-Doppelleitung von 0,9 mm ϕ eine Reichweite von etwa 46 km. Kommen in dem Kreis auch noch Geräte der Gruppe b vor, das sind z. B. Analog-Digital-Wandler, so kann man damit rechnen, daß die Geräte der Gruppe a eine geringere Leistung benötigen, so daß man auch in diesem Fall mit einer Reichweite von 40–50 km rechnen kann. Die Praxis hat gezeigt, daß diese Entfernungen die größten darstellen, die man mit Analog-Signalen überbrücken muß. Räumlich noch größere Anlagen teilt man aus wirtschaftlichen Gründen in Gruppen auf und übermittelt die Meßwerte der einzelnen Gruppen in digitaler Form. Zudem bestehen für Einzelfälle noch einfache Möglichkeiten, um auch noch etwas größere Entfernungen zu überbrücken, z. B. dadurch, daß man den Verbrauch der Geräte nach Gruppe a reduziert, indem man zur Registrierung Kompensationsschreiber einsetzt, die eine wesentlich geringere Leistung als Galvanometerschreiber benötigen. Auf diese Weise lassen sich dann ohne weiteres Entfernungen von etwa 60 km überbrücken, so daß man derartige Sonderfälle nicht auszuschließen braucht.

ERGEBNISSE

Diese Ergebnisse zeigen, daß Meßumformer, die die Meßgröße in einen eingepprägten Gleichstrom umwandeln, auch für die Meßdatenverarbeitung geeignet sind, so daß keine Notwendigkeit besteht, für diese Zwecke einen neuen Gerätetyp zu schaffen. Die in der Praxis vorkommenden Aufgaben der Fernübertragung von analogen Meßwerten lassen sich jedoch nur dann zufriedenstellend lösen, wenn man den Signalstrom in der Größe von 20 mA wählt. Allein bei diesem Stromwert steht eine ausreichende Leistung für die angeschlossenen Geräte zur Verfügung, und die praktisch interessierenden Entfernungen können durch Fernmeldeleitungen mit ihrer begrenzten Betriebsspannung überbrückt werden.