Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 58 (1967)

Heft: 4

Rubrik: Mitteilungen SEV

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

s'avère suffisamment sûr et économique, permettrait de supprimer les installations actuelles de rails isolés avec toutes les complications qu'elles impliquent. Nous avons eu l'occasion de voir quelques solutions actuellement à l'étude et que nous décrirons brièvement [1]).

Un système de transmission à faibles pertes peut être réalisé en plaçant de chaque côté de la voie un réflecteur parabolique. Les ondes sont concentrées en un faisceau qui lorsqu'il est coupé par un obstacle produit une réflexion (fig. 14). L'excitation peut se faire depuis le train par une antenne centrale (fig. 15a) ou depuis le sol (pour les télécommunications avec le train) par un guide d'ondes rectangulaire avec trous de couplage (fig. 15b).

Une autre solution est basée sur le guide d'ondes de surface de la fig. 16. Le couplage au train utilise une

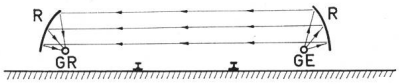

Fig. 18
Faisceau d'ondes dirigées pour télécommunications ou détection d'obstacles sur la voie
GE guide circulaire d'émission; *GR* guide circulaire de réception; *R* réflecteurs

structure analogue renversée (dents vers le bas). Le guide à rainures de la fig. 17 offre également des perspectives intéressantes, de même que les guides circulaires rayonnants associés à 2 réflecteurs (fig. 18).

Dans un domaine différent nous avons vu une réalisation intéressante pour l'identification des wagons marchandises (fig. 19). Le numéro du wagon sous forme codée est matérialisé par une série de bandes réfléchissantes collées sur une plaque à hauteur d'essieu. Lorsque la

[1]) Visites à l'Institut de Recherche des Chemins de Fer japonais de Kunitachi, ainsi qu'auprès de la maison Sumitomo Electric Industries Ltd., à Osaka.

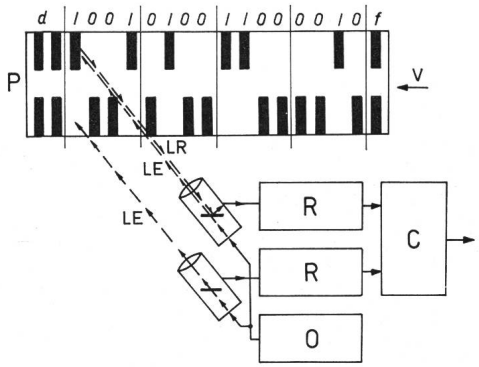

Fig. 19
Principe de l'identification d'un wagon
P plaque codée, début d, fin f; *v* direction du mouvement; *LE* lumière émise modulée; *LR* lumière réfléchie modulée; *O* oscillateur à 15 kHz; *R* récepteur à 15 kHz; *C* circuit logique, mémoires et sortie pour imprimante

plaque passe devant un pinceau lumineux modulé, la lumière réfléchie restitue aux récepteurs le code, y compris les signaux de début et de fin. Le tout peut actionner un imprimante ou être utilisé à d'autres fins. Grâce à la modulation à 15 kHz du faisceau, le dispositif est insensible à la lumière ambiante.

Nous espérons que cet exposé aura permis au lecteur de se faire une idée du dynamisme de l'industrie japonaise, de l'esprit d'entreprise de ses ingénieurs, lesquels savent tirer le meilleur parti de l'électronique dans les domaines les plus divers.

Bibliographie

[1] *The new Tokaido Line.* Japanese Railway Engineering 5(1964)4, Special Issue.
[2] Electrical Features of the new Tokaido Line. IEEE Spectrum 3(1966)1, p. 57...63.
[3] New Tokaido Line – World's Fastest Train. Science and Technology in Japan 1(1966)1, p. 36...48.

Adresse de l'auteur:
R. Dessoulavy, professeur ordinaire à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne, Chemin de Bellerive 16, 1007 Lausanne.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Eine neuere Methode zur Verminderung der Abweichungen bei der Leistungsfrequenzregelung

621.316.726

Es ist den Fachleuten seit langem bekannt, dass die Regelung der Übergabeleistung aus verschiedenen Gründen nicht völlig fehlerlos erfolgen kann. Hiefür sind verschiedene Ursachen verantwortlich [1; 2] [1]):

a) Fehler mit statischen Ursachen

1. Die Messwertgeber und -empfänger sind nicht fehlerfrei;
2. Der Fernregelkanal kann Fehler haben;
3. Die Frequenzmessung kann ungenau sein;
4. Die Leistungszahl kann ungenau eingestellt sein;
5. Die Turbinenregler können tote Zonen haben;
6. Die Regelmaschinen können zu wenig Marge haben.

b) Fehler mit dynamischen Ursachen

Vom Standpunkt einer genauen Regelung aus erscheint es zunächst wünschbar, alle Abweichungen sofort auszuregeln. Aus praktischen Gründen ist dies jedoch nicht immer möglich, so z. B. bei sehr raschen Laständerungen, herrührend vom Einschalten von Elektrokesseln, vom Einschalten grosser Motoren oder bei Laststössen von Walzenstrassen.

Versucht man rasch ändernde Lasten auszuregeln, dann stellt man fest, dass zwar der Turbinenregler den Befehl erhält, aber im Moment, wo die Turbine endlich eine Mehrleistung abgibt, schon wieder eine Minderleistung erzeugt werden sollte oder umgekehrt. Regeltechnisch gesehen ist es so, dass die Phasenverschiebung zwischen Eingangs- und Ausgangssignal praktisch 180° und mehr beträgt [2].

Man wird zwar um so mehr Schwankungen ausregeln können, je mehr Regelmaschinen zur Verfügung stehen. Aber eine bestimmte Grenze wird man nicht überschreiten können, das sog. Randrauschen wird auch bei grösstem Regelmaschineneinsatz in Erscheinung treten. Dieses Randrauschen [3] hat je nach seinem Charakter einen mehr oder weniger grossen Einfluss auf die Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Wert.

Da sich die relativ rasch verlaufenden Abweichungen nicht genau die Waage halten, muss es zu einer Differenz zwischen Soll- und Ist-Wert kommen.

c) Rechteckförmige Belastungsstösse

In den meisten schweizerischen grossen Netzen sind auch Industrie-Lichtbogenschmelzöfen angeschlossen, die speziell beim Anfahren in unregelmässiger aber rascher Folge rechteckförmige Belastungen bringen. Es ist natürlich kein Netzregler und keine Regelmaschine in der Lage, eine plötzliche Belastung von ca. 20 oder 30 MW genau so rasch aufzunehmen, wie sie auftritt und genau so rasch wieder abzustossen, wie sie abgeschaltet wird. Der Netzregler wird zwar mit dem plötzlichen Auftreten der Last auch die Erzeugung der angeschlossenen Regelmaschinen zu steigern versuchen. Trotzdem erfolgt die Erzeugerleistungsänderung im Verhältnis dazu langsam und im Moment, wo der Elektroofen

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

seine Last verliert, ist die Erzeugung nur einen Bruchteil um das gestiegen, was eigentlich die Ofenbelastung ausgemacht hätte. In der nachfolgenden Pause wird zwar der Regler die Erzeugerleistung zu senken versuchen, und vielleicht erreicht er bis zum nächsten Anstieg der Last den Wert, den er vorher hatte. Dabei bleibt natürlich eine Differenz zwischen Soll- und Ist-Wert übrig.

d) Anfahren grosser Motoren und Bahnen

Auch beim Anfahren grosser Motoren, wie solche z. B. in Walzwerken verwendet werden, ist es kaum möglich, die Erzeugerleistung so rasch zu steigern, dass die volle Anlaufleistung aus dem eigenen Netz gedeckt werden könnte. Solche Differenzen pflanzen sich ebenfalls über die Kuppelleitungen fort.

e) Regelfehler bei langsamen Laständerungen

Etwas anders verhält es sich mit den ganz langsamen Laständerungen, wie sie auch in den Belastungsdiagrammen zum Ausdruck kommen. Bei kleinen Laständerungen kann es sehr wohl sein, dass die Befehle zu ihrer Ausregelung an den Netzregler und von da an die Turbinenregler weitergegeben werden, und auch noch durch die Vorsteuerung hindurch gehen, der Hauptservokolben aber ruhig in seiner bisherigen Lage verharrt, weil die Änderung für ihn zu klein ist. Bleibt eine solche neue Belastung längere Zeit stehen, so kann sich auf diese Weise ebenfalls eine merkliche Differenz im Arbeitswert zwischen Soll- und Ist-Wert ergeben.

Regelfehlervergleich mit Zeigerinstrumenten

Würde man die Differenz zwischen Soll- und Ist-Wert von einzelnen Netzbezirken auf Zeiger- oder Registrierinstrumenten miteinander vergleichen, so müsste man feststellen, dass die Differenzen kaum gleichzeitig gleiches Vorzeichen aufweisen, dass sich also die Zeiger solcher Instrumente nicht etwa nur parallel, sondern ebenso oft entgegengesetzt bewegen. *Das ist aber noch kein Zeichen einer schlechten Regelung, sondern ganz einfach die Folge der technisch unmöglichen Ausregulierung aller schnellen Laständerungen für einen bestimmten Netzbezirk mit der nötigen Geschwindigkeit.*

Alle kleinen Fehlerquellen können sich summieren und zu den bekannten Regelabweichungen führen.

Verbesserungsvorschläge

Es hat denn auch nicht an Vorschlägen gefehlt, diese Abweichungen zu kompensieren. Neuere Fernmessgeber und -empfänger, digitale Fernregelkanäle und bessere Regler helfen natürlich den Fehler zu verkleinern. Aber ganz ausmerzen kann man sie auf diese Art und Weise nie. Zudem ist die Verbesserung aller Fernmessgeber und -empfänger, der allseitige Übergang auf digitale Erfassung und Übertragung, sowie vor allem die Verwendung nur ganz empfindlicher Regler und Hauptservomotoren derart aufwendig, dass eine solche Lösung sehr teuer kommen kann. Man wird zwar alle neuen Anlagen gerne damit ausrüsten, aber kaum alle bestehenden umbauen. Abgesehen davon treten auch trotz vergrösserter Regelleistung immer wieder Fälle auf, wo wegen der Rücksicht auf hydraulische Verhältnisse die Regelmaschinen den Befehlen nicht nachkommen können [4; 5; 6] oder wegen zu kleiner Regelleistung oben oder unten anstehen.

Fehler aus all diesen Ursachen könnten auch mit viel empfindlicheren Regelkanälen und Geräten nicht gänzlich korrigiert werden, so wenig wie die bereits erwähnten, durch den Frequenzgang des Turbinenreglers und seines Hauptservomotors beschränkten Regelmöglichkeiten.

Aus kaufmännischen Gesichtspunkten wird da und dort nur nach reiner Übergabeleistung geregelt, weil man einfach eine bestimmte Leistungsabgabe einhalten muss. Wollten dies aber alle Netzpartner so halten, so würde genau das Gegenteil erreicht von dem, was man bezweckt [7]. Jede Frequenzhilfe aller nicht am Netzregler angeschlossenen Maschinen wird auf die Art kompensiert, womit bei Abweichungen vom Sollwert die Frequenz noch tiefer sinkt oder ansteigt und die Austauschleistung *gerade deswegen noch stärker vom Sollwert abzuweichen versucht.*

Einen ersten technisch recht interessanten Lösungsversuch hat zuerst die Bayernwerk AG unternommen. Man hat in einem einfachen Gerät die Regelfehler summiert und aus dem Apparat einen Korrekturbefehl auf den Sollwert gegeben. Der Gedanke ist bestechend, doch war ein Erfolg je nach den Netzverhältnissen nicht immer zu erzielen. Das Gerät war für die mehr oder weniger komplexe Aufgabe noch etwas zu einfach.

Eine andere Art, den Fehler zu beheben, besteht in der Installation von Computern, welche an Hand der Zählervorschübe den Soll- mit dem Ist-Wert vergleichen und in bestimmten Zeitabständen, z. B. alle 5 min, einen Korrekturbefehl an den Netzregler geben, damit auf das Ende der Stunde Soll und Ist miteinander übereinstimmen. Diese Methode ergibt sehr gute Resultate, der Aufwand ist aber gross: einmal wegen des an sich teuren Computers, sofern man ihn nicht anderweitig ohnehin sehr gut ausnützen kann, dann aber vor allem wegen den Fernmesskanälen. Solange ihre Anzahl klein ist oder die HF-Verbindungen schon da sind, ist der Aufwand einigermassen tragbar. Sobald aber 10...20 Messwerte über besonders für diesen Zweck zu mietende oder zu erstellende lange Kanäle übertragen werden müssen, wird eine solche Überwachung überaus teuer.

Es hat aus den genannten Gründen auch an weiteren Versuchen, mit einfacheren Mitteln zum selben Ziele zu kommen, nicht gefehlt. Eine der neuesten und wie es scheint interessanteste Methode wurde von *CW. Ross,* Philadelphia entwickelt. Sie basiert auf dem genauen Studium der Regelabweichungen in vielen Netzen. Aufgrund solcher Studien wurde festgestellt, dass das Randrauschen in eine Anzahl Frequenzen aufgelöst werden kann. Der adaptiv control Computer besitzt daher einige zweckentsprechende Filter, welche den Befehl der einzelnen Rauschfrequenzen an den Netzregler individuell einzustellen gestatten. Bei genügend hohen Amplituden und genügend langsamen Variationen ist ein Regelbefehl an den Netzregler nützlich; bei zu schnellen Änderungen der Austauschleistungen muss ein Regelbefehl an den Netzregler unterbleiben. Sollte sich im Laufe der Zeit infolge zu grosser Totzeiten an den Turbinenreglern oder zu kleinem Maschineneinsatz etc. eine zu grosse Differenz ausbilden, so integriert ein besonderes Glied den Fehler und dosiert ihn zu einem Korrekturbefehl, welcher dann zusätzlich auf den Netzregler wirkt. Auf diese Art und Weise ist es möglich, die Regelabweichung stets innerhalb nützlicher kleiner Grenzen zu halten.

Literatur

[1] *C. W. Ross:* Error Adaptive Control Computer for Interconnected Power Systems. Trans. IEEE Power Apparatus and Systems 85(1966)7, S. 742...749.

[2] *F. Schär:* Aus der Praxis der Leistungsfrequenzregelung. Bull. SEV 49(1958)10, S. 448...456 : 465...468.

[3] *J. S. Bendat:* Principles and Applications of Random Noise Theory. John Wiley New York 1958.

[4] *H. Eilken:* Regelung von Wasserkraftwerken im Netzbetrieb. ETZ-A 81(1960)6, S. 203...209.

[5] *T. Stein:* Der Druckstoss als Hindernis bei der Regelung und Dimensionierung von Wasserkraftanlagen. Schweiz. Bauztg. 75(1957)42, S. 671...675.

[6] *C. Nichols:* Techniques in Handling Load Regulating Problems on Interconnected Power Systems. Trans. AIEE Power Apparatus and Systems 72(1953)–, S. 447...456.

[7] *N. Cohn:* Control of Interconnected Power Systems. In: Handbook of Automation, Computation and Control. John Wily New York 1961, Vol. III, S. 17–01...17–126.

F. Schär, Olten

Digitale Phasenwinkelmessung im Frequenzbereich der Starkstromtechnik

621.317.373

[Nach *H. Baldamus:* Beitrag zur digitalen Phasenwinkelmessung im Frequenzbereich der Starkstromtechnik. Beihefte der ETZ, 1966, Heft 2]

Als Aufgabenstellung wird die Entwicklung eines Verfahrens gewählt, welches die Messung des Phasenwinkels zwischen zwei Spannungen gestattet, wobei der Winkel φ den Zeitunterschied zwischen den Nulldurchgängen zweier periodischer, gleichfrequenter Funktionen angibt, welcher häufig nicht mit dem Zeitunterschied ihrer Grundwellen übereinstimmt.

Eine kurze Übersicht über die bereits bisher im Frequenzbereich der Starkstromtechnik verwendeten Phasenwinkelmessverfahren muss unterscheiden zwischen «mittelwertbildenden» und «periodisch arbeitenden» Messverfahren. Unter den mittelwertbildenden sollen solche Verfahren verstanden werden, welche es nicht erlauben eine diskrete Aussage über den Phasenwinkel jeder einzelnen Periode zu machen. Ein Verfahren soll aber als periodisch arbeitend bezeichnet werden, wenn der Phasenwinkel jeder einzelnen Periode gemessen und registriert werden kann.

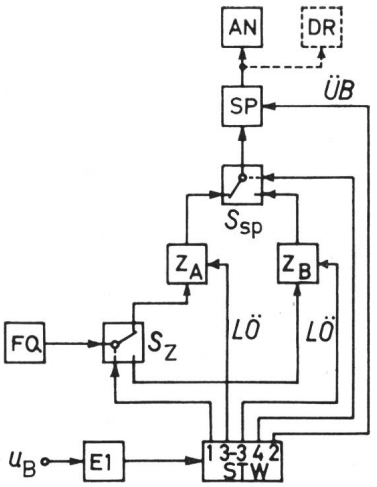

Fig. 1

Blockschema des Universalzählers

u_B Bezugsspannung; E_1 Eingangsglied; *FQ* Frequenznormal; *STW* Steuerwerk mit Befehlsreihenfolge; Z_A, Z_B Zähler; *S* Schalter; *AN* Anzeige; *DR* Derucker; *LÖ* Löschbefehl; *ÜB* Übertragungsbefehl; *SP* Speicher

Stromsummen- und Differenzmethoden, elektrodynamische Phasenmessung, Wechselspannungskompensatoren, Messung der relativen Einschaltdauer und ein digitales analoges Messverfahren gehören alle zu den mittelwertbildenden Methoden. Die erzielbare Messungenauigkeit liegt zwischen $\pm 3^0$ und $\pm 0{,}5^0$ je nach dem verwendeten Verfahren. Periodisch arbeitende Messverfahren sind z. B. die oszillographische Registrierung mit der Ausmessung der Phasenwinkel, die winkelproportionale Spannungsamplitudenmethode und die digitale Verhältnisbildung von Phasenwinkel und Periodendauer unter Benützung eines Generators mit sehr hoher und konstanter Frequenz. Sehr wesentlich für ein Verfahren, von dem hohe Genauigkeit erwartet wird, ist auch, dass es eine sehr geringe Unsicherheit in der elektrischen Erfassung des Nulldurchganges aufweist, welche durch allfällig vorhandene Oberschwingungen entstehen könnte.

Da für das Phasenwinkelmessverfahren ein stets nachzuregelndes «Raster» benützt wird, welches zwischen den Nulldurchgängen der Bezugsspannung eingespannt sein soll, so müssen die Abstände der Nulldurchgänge zunächst Periode für Periode ermittelt werden. Dazu muss ein Verfahren angewendet werden, welches die Dauer aufeinanderfolgender Perioden lückenlos messen und registrieren kann. Diese Anforderungen werden von einem von *C. Helmcke* erstellten Universalzähler erfüllt, dessen Blockschaltung aus Fig. 1 hervorgeht. Mittels des Eingangsgliedes E_1 werden die positiven Nulldurchgänge der Bezugsspannung erfasst und einem Steuerwerk zugeführt, welches daraus Befehle in der in der Figur gezeigten Reihenfolge ableitet, wobei der erste Befehl an den Schalter S_Z praktisch unverzögert erfolgt. Zwischen den einzelnen Nulldurchgängen der Bezugsspannung werden die aus einem 1-MHz-Quarznormal gewonnenen Impulse alternierend vom Zähler Z_A oder Z_B gezählt. Nach dem Ende jeder Periode der Bezugsspannung wird das Ergebnis des Zählers in den Speicher übertragen und der Zähler gelöscht. Gleichzeitig wird der andere Zähler auf den Speicher geschaltet. Mit diesem Universalzähler können die Signale des 1-MHz-Quarznormales derart ausgenützt werden, dass kein Eingangssignal unberücksichtigt bleibt. Die Fehlersumme einer ganzen Messreihe wird somit nicht grösser als ± 1 bit. Die Zahlenwerte dieser 1-MHz-Impulse jeder Messperiode werden digital ausgegeben. Die letzten 3 Ziffern werden analog bewertet und mit einem Philoscript-Gerät bei einem Vorschub von 10 cm/s registriert.

Wiederholte und zu ganz verschiedenen Tageszeiten aufgenommene Messreihen der Periodendauer an der Spannungskurve des Netzes der Berliner BEWAG zeigten einen überraschenden, periodisch schwankenden Verlauf. Die Periodendauer der Langzeitschwankung liegt zwischen 300 und 600 Netzperioden, d. h. zwischen 6 und 12 s. Die Ursache dieser Frequenzschwankung liegt in den Drehzahlreglern der von Dampfturbinen angetriebenen Generatoren, welche nur in gewissen Zeitabständen in die Dampfzufuhr eingreifen. Die Kurzzeitschwankung der Frequenz kann als eine Art Phasenrauschen des Netzes aufgefasst werden. Die Erklärung dafür liegt im Zu- und Abschalten grösserer Verbraucher, da sich dabei immer die Phasenwinkel der Spannungen ändern, wenn der Leistungsfaktor der Verbraucher nicht mit dem der Übertragungsleitung übereinstimmt. Bereits Laständerungen in der Grössenordnung von 100 kW können in einem Netz mit 50...100 MVA Kurzschlussleistung Ursache dieser statistischen Schwankung sein.

Auf Grund der Untersuchungen sind die zu erwartenden Frequenzschwankungen bekannt. Es kann also daran gegangen werden die einzelnen Bauelemente des Rastergenerators optimal zu gestalten. Für eine Messgenauigkeit des Phasenwinkels von $0{,}1^0$ reicht eine Rasterfrequenz aus, welche 3600mal grösser ist als die Bezugsfrequenz. Das Blockschaltbild des Gerätes zur digitalen Phasenwinkelmessung nach Fig. 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau. Die genaue Erfassung der Nulldurchgänge von Bezugs- und Meßspannung erfolgt durch Verstärkung, Begrenzung, Schmitt-Trigger und Impulsformator in den Eingangsgliedern E_1 und E_2. Diese liefern Ausgangsimpulse in Form von Nadelimpulsen zu den Zeiten der positiven und negativen Nulldurchgänge. Die eigentliche Winkelmessung geschieht mit dem Zähler Z_1. Diesem werden die Ausgangsimpulse des Rastergenerators *RG* über ein Tor T_1 zugeführt, welches gesteuert von einer bistabilen Kippstufe K_1 vom positiven Nulldurchgang der Bezugsspannung über das Eingangsglied E_1 geöffnet und vom positiven (oder wahlweise negativen) Nulldurchgang der Meßspannung durch das Eingangsglied E_2 wieder geschlossen wird. Ändert sich die Bezugsfrequenz, so muss auch die Frequenz des Rastergenerators nachgestellt werden. Im Regler *R* wird zu diesem Zweck eine Regelabweichung gewonnen und zur erforderlichen Stellspannung u_{st}, die dem Rastergenerator RG zugeführt wird, verarbeitet. Die Untersetzungszähler Z_2 und Z_3 zählen 3600 Impulse des Rastergenerators und geben jeweils nach dem 3600. Impuls ein Signal an den Regler, damit die Abweichung der Rasterfrequenz von der Bezugsfrequenz verglichen wird.

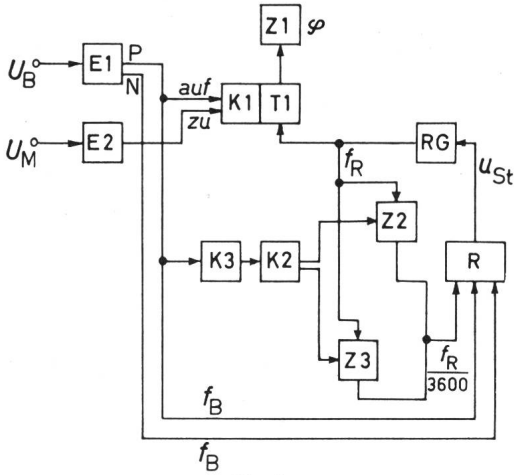

Fig. 2

Blockschema des Gerätes zur digitalen Phasenmessung

f_B Bezugsfrequenz; f_R Rasterfrequenz; B_B Bezugsspannung f_B; U_M Meßspannung f_B, φ; E_1, E_2 Eingangsglieder; K_1, K_2 bistabile Kippstufen; K_3 monostabile Kippstufe; *R* Regler; *RG* Rastergenerator; T_1 Tor; Z_1 anzeigender Zähler; Z_2, Z_3 Untersetzungszähler; *P*, *N* positiver bzw. negativer Signalausgang für den Nulldurchgang der Bezugsspannung

Für die meisten Bauelemente bestehen bereits Lösungsvorschläge oder sogar handelsübliche Apparate. Ausser der Untersuchung und Prüfung ihrer tatsächlichen Eignung müssen noch alle Unsicherheiten und Fehlergrössen ermittelt werden, welche die Messresultate beeinflussen könnten. An praktischen Messungen konnte nach Abschluss der ganzen Entwicklung festgestellt werden, dass es gelungen ist einen Phasenwinkelmesser zu bauen, welcher auf der äquidistanten Teilung oder Rasterung einer Periode, bzw. eines Winkels von 360^0 der Bezugsspannung beruht, welche in 3600 Rasterschritte zerlegt wird. Die Zahl der Rasterschritte, die während der der Messgrösse entsprechenden Zeit anfallen, gibt von Periode zu Periode den gesuchten Phasenwinkel direkt in Zehntelgrad an. *A. Baumgartner*

Fortsetzung auf Seite 203

Suite voir page 203