Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 50 (1959)

Heft: 12

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

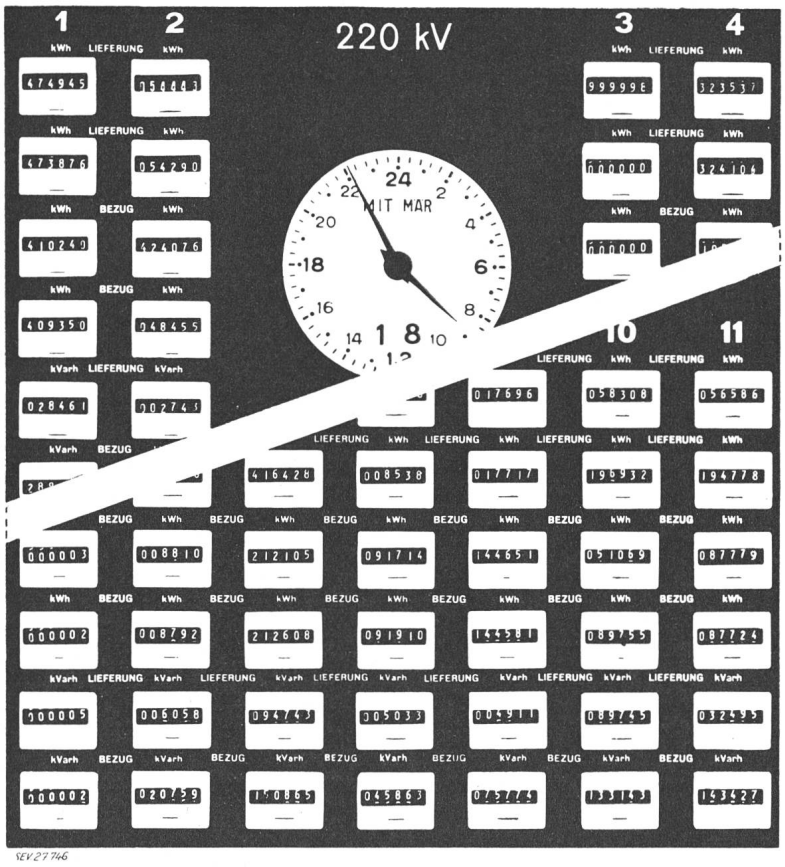
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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: 02.10.2025

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



rechnung und Statistik und sind ein Dokument für die zur gewünschten Zeit (z. B. Tarifzeiten) aufgenommenen Zählerstände. Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt aus einem Zählerblatt. Es ist auch möglich, vom Positiv weitere Photokopien herzustellen. Nach dem Photographieren wird der Apparat ausgehängt und wieder versorgt.

Je nach Art des Betriebes und Häufigkeit der Ablesungen wäre es möglich, diese Art des Photographierens anderen Bedürfnissen anzupassen und entsprechend zu ändern, z. B. durch fernbetätigte oder über eine Uhr gesteuerte Auslösungen in bedienungslosen Stationen. Dadurch, dass es möglich ist, die Reproduktion auf Papier, also ohne das Entwickeln von Filmmaterial auszuführen, ist diese Methode der Zählerablesung durch Einfachheit und geringen Zeitaufwand gekennzeichnet.

Fig. 4
Ausschnitt aus einem Zählerblatt

Adresse des Autors:
M. Keppler, Ingenieur, Kraftwerk Laufenburg, Laufenburg (AG).

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Fortschritte in der elektrischen Traktion als Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen Lieferant und Kunde

621.33.002.2

[Nach *M. Garreau:* La collaboration des constructeurs et du client dans les récents progrès de la traction électrique. Bull. Soc. franç. Electr., Bd. 8(1958), Nr. 86, S. 85...91]

Die erfolgreichen Bemühungen der französischen Staatsbahn (SNCF) zur Einführung und Verbreitung des elektrischen Zugförderungssystems mit Wechselstrom von Industriefrequenz sind der Fachwelt hinlänglich bekannt. Die Zusammenarbeit zwischen der SNCF und den Herstellerfirmen von Triebfahrzeugen hat zu einem bemerkenswerten Ergebnis geführt.

In den Sektoren der Technik, wo nur ein (oder evtl. wenige) Grossabnehmer einer Kleinzahl von Lieferanten gegenübersteht, findet ein enger gegenseitiger Kontakt statt, der den technischen Fortschritt fördert. Dies ist namentlich im Eisenbahnwesen der Fall.

In Frankreich sind in den Nachkriegsjahren auf dem Gebiet der Zugförderung mit Gleichstrom von 1500 V wesentliche Fortschritte erzielt worden. Sie werden jedoch überschattet durch die erfolgreiche Lösung des Problems der Zugförderung mit Wechselstrom von Industriefrequenz.

Wie war dieser Fortschritt möglich? Durch die Ausstrahlungen der starken, an der Spitze der französischen Staatsbahn stehenden Persönlichkeit, die ihre Überzeugung und Begeisterung allen beteiligten Dienststellen zu übertragen wusste. Der Umstand ferner, dass ein langjähriges Arbeitsprogramm aufgestellt werden konnte, gestattete den Herstellerfirmen grosse Aufwendungen für Forschungszwecke zu machen, die dank der gesicherten Seriefabrikation auch abgeschrieben werden konnten. Schliesslich war auch der Zeitpunkt ein günstiger, indem die Technik, unabhängig von den eigenen Bemühungen der SNCF, auf verschiedenen Teilgebieten auf einem Stand angekommen war, der Lösungen ermöglichte, die in einem früheren Zeitpunkt ausgeschlossen gewesen wären, wie z. B. der Einbau von Gleichrichtern auf einer Lokomotive oder die starke unsymmetrische Belastung eines schwachen Drehstromnetzes. Auch das Glück gesellte sich zum Rendezvous. Aber es brauchte mehr als Glück; was erforderlich war, war echtes Teamwork seitens der Ingenieure des Kunden und derjenigen der Herstellerfirmen.

Sowohl der Kunde als die Hersteller hatten viele bestehende Gewohnheiten zu überwinden und durften sich nicht damit begnügen, in ihren herkömmlichen Rollen zu verharren. Die Bahn und ihre Ingenieure mussten tatkräftig mithelfen, wenn es sich darum handelte, neue Apparate zu schaffen, die nur auf ihrem Netz und im Betrieb ausprobiert werden konnten, und der Hersteller musste einwilligen, dass seine Erzeugnisse über den vertraglich vereinbarten Punkt hinaus beansprucht wurden, um die äussersten Grenzen ihrer Anwendbarkeit zu bestimmen.

Die Zusammenarbeit kommt relativ leicht zustande, wenn es sich darum handelt, gemeinsam eine Störung zu beheben und deren Wiederentstehen zu verhindern. Eine edlere Tat ist es, wenn man sich wissentlich ein Problem stellt, das nicht durch die Umstände oder ein sofortiges Bedürfnis aufgezwungen wird, ein Problem, das eine zukünftige Errungenschaft enthält und das man hätte übergehen können, ohne sich einem Vorwurf auszusetzen. Eine neue Idee erscheint selten beiden Partnern gleich überzeugend, und es braucht für die Herstellerfirmen oft einen gewissen Opfersinn, um sich an neuen Entwicklungen zu beteiligen, die ihre momentan führende Stellung zu untergraben drohen.

Nachdem die französischen Herstellerfirmen zur Lösung von gemeinsamen Aufgaben zusammengeführt worden waren, entwickelte sich ihre Zusammenarbeit freiwillig weiter und führte zur Übernahme von grossen Exportaufträgen durch die in geeinigter Front auftretende französische Industrie. Ein Kern hatte sich gebildet, der auch die ersten Ansätze zu einer Zusammenarbeit der europäischen Herstellerfirmen geliefert hat.

Die Entwicklung und der Betrieb eines 10-kW-Unipolargenerators mit Quecksilber-Bürsten

621.313.291.3

[Nach *D. A. Watt:* The Development and Operation of a 10 kW Homopolar Generator with Mercury Brushes. Proc. IEE, Part A Bd. 105(1958), Nr. 21, S. 233...240]

Ein 10-kW-Versuchs-Unipolargenerator mit Quecksilber-Stromabnehmerringen wurde entwickelt, der reinen Gleichstrom im Bereich von 10...16 kA bei 1,0...0,625 V erzeugt. Dabei wird ein beachtlicher Wirkungsgrad von 91...88 % erreicht. Der Versuchsgenerator besitzt einen zylindrischen Kupferrotor und einen koaxial angeordneten Ausgleichsleiter aus magnetischem Material. Ferner werden die Möglichkeiten angegeben, die für den Bau ähnlicher Maschinen in wesentlich grösseren Dimensionen bestehen.

Den Unipolar-Maschinen wurde schon kurz nachdem sich der Elektromaschinenbau zur Industrie entwickelte, beachtliche Aufmerksamkeit geschenkt. Die Literatur enthält viele Angaben über deren Konstruktion. Die geringe Umfangsgeschwindigkeit und der Gleichstrom-Ausgang waren Nachteile, die nie zu einer Grossproduktion führten. Das Hauptinteresse gilt heute solchen Generatoren, die extrem hohe Gleichströme bei sehr kleinen Spannungen erzeugen.

Diese Forderung trat auf mit der Anwendung von elektromagnetischen Pumpen für die Umwälzung von flüssigen Metallen als Kühlmittel in Atomreaktoren. Die Gleichstrompumpe benötigt ein Minimum an Isolation und Unterhalt und ist deshalb am besten geeignet, Natrium oder andere alkalische Metalle bei Temperaturen zu fördern, für die Wechselstrom-Pumpen mit Mehrphasen-Wicklungen noch nicht angepasst sind. Ebenso gut ist sie geeignet zur Förderung von flüssigen Metallen hohen spezifischen Widerstandes wie Wismut. Der Gesamtnutzeffekt resultiert aus demjenigen des Generators und der Pumpe zusammen. Aus diesem Grunde wurde es wichtig, eine Stromquelle zu schaffen mit möglichst ebenso hohem Wirkungsgrad wie Generatoren der herkömmlichen Bauart.

Die neue Maschine stellt einen Fortschritt dar in der Entwicklung eines solchen Generators für hohe Ströme bei kleinen Spannungen mit hohem Wirkungsgrad. Mit Bürstenringen aus flüssigem Metall ist es möglich, einen solchen von 90 % bei kleinen Maschinen zu erreichen und mehr als 95 % bei solchen von ungefähr 100 kW. Bei sorgfältiger Konstruktion können die Bürstenreibung und die Ohmschen Verluste sehr klein gehalten werden. Die Anwendung von diskreten Kollektorringen beseitigt Nebenschluss-Stromverluste, die bei Tauch-Rotoren auftreten. Ebenso können lokale Wirbelstromverluste in den Bürsten besser beherrscht werden.

Ein Hauptproblem bei diesem Generatortyp bedeutet die Ausführung des Bürstensystems. Eingehende Versuche wurden gemacht, um die optimale Gestaltung des Bürstenkanals zu ermitteln. Als Kontaktflüssigkeit wurde Quecksilber und eine Natrium-Kalium-Legierung in Erwägung gezogen. Quecksilber bot dabei die meisten Vorteile. Ferner wurden die besten Resultate mit gekrümmten Bürstenkanälen erreicht, wobei der äussere konvexe Teil rotierte und der innere konkave Teil stillstand. Durch die Bürstenflüssigkeit durchtretende grosse Ströme führen zu elektromagnetischen Kräften, die die Flüssigkeit im Bürstenkanal verschieben oder gar daraus herauspressen. Zur Rechnung der Bürsten-Stabilität werden die elektromagnetische Kraft, die Zentrifugalkraft und die Schwerkraft benötigt, wobei Stromverteilung, Wirbelströme usw. zu berücksichtigen sind. Diese Rechnung und entsprechende Versuche ergaben ebenfalls, dass Quecksilber vorzuziehen ist. Überdies ist dessen Handhabung sehr viel einfacher. Während die obere Bürste aus Stabilitätsgründen die Grenze des zulässigen Stromes gibt, ist die untere Bürste wegen der höhern Umfangsgeschwindigkeit für die mechanische Festigkeit massgebend. Als widerstandsfähigster Schutz des Kupfers erwies sich eine starke Nickelplattierung mit einem Rhodium-Überzug. Rhodium ergibt einen ausgezeichneten elektrischen Kontakt mit Quecksilber, weil es frei von einem schützenden Oxyd-Film und in Quecksilber unlöslich ist.

Ein weiteres Merkmal der vorliegenden Ausführung ist die Verwendung von magnetischem Material für den Hauptstrompfad. Wenn bei einer Unipolarmaschine am Luftspalt anliegendes magnetisches Material verwendet wird, so kann die notwendige magnetisierende Leistung wesentlich kleiner sein als bei Anwendung von durchgehenden Kupferleitern. Ein System, das Kupferstäbe verwendet, die in magnetischem Material eingebettet sind, hätte den kleinsten magnetischen und elektrischen Widerstand, ist aber komplizierter zu konstruieren. Bei extrem hohen Strömen, z. B. 250 kA bei 1 oder 2 V, könnte dies lohnend sein. Bei kleinen Maschinen ist der Gewinn an Wirkungsgrad unbedeutend, wie nachgewiesen werden kann.

Der erfolgreiche Betrieb eines 10-kW-Generators, der einen Strom von 10...16 kA liefert, und zwar bei nur 300 W Bürstenverlusten, bedeutet den Anfang einer neuen Maschinenkonstruktion für hohe Gleichströme bei kleinen Spannungen mit bestem Wirkungsgrad. Bei einer Ausführung des Rotors aus magnetischem Material, vorzugsweise identisch mit dem innern Pol, könnte der innere Widerstand auf $1 \cdot 10^{-6}\ \Omega$ oder weniger reduziert werden. Eine Maschine von 100 kW Nennleistung könnte einen Wirkungsgrad von ca. 95 % erreichen, und zwar bei einem Ausgangsstrom von 50 kA bei bloss 2 V. Bei einer industriellen Anwendung hoher Gleichströme müsste gewöhnlich die Spannung etwas höher sein. Durch Kombination von Maschinen in einer Rückarbeits-Anordnung von magnetischen und elektrischen Kreisen kann die Spannung bei gegebenem Durchmesser verdoppelt werden. Eine weitere Erhöhung bei gleichen Abmessungen würde durch höhere Geschwindigkeiten erreicht, die aber noch eine Weiterentwicklung der Bürsten bedingen. Auf der Grundlage der vorhandenen Daten wurden 2 Generatoren in Serieschaltung ausgeführt, die 50 kA bei 7,0 V abgaben bei einer Bürstengeschwindigkeit von 13,7 m/s.

Die neuen Unipolar-Maschinen haben keinen Kommutator und bestehen aus relativ einfachen Teilen mit minimalem Erfordernis an Isolationsmaterial. Aus diesem Grunde kann erwartet werden, dass die Herstellungskosten kleiner sein werden als bei Maschinen höherer Spannung mit Kommutator bei gleicher Leistung. Ferner kann vom betrieblichen Standpunkt aus erwartet werden, dass der Unterhalt kleiner sein wird, da die dauernde Zirkulation von reinem Quecksilber das periodische Reinigen eines Kommutators erübrigt. Das Quecksilber-System arbeitet normalerweise mit einem sehr kleinen Temperaturanstieg, und geeignete Dichtungen sichern einen nur unbedeutenden Verlust an Dampf.

W. Lüdin

Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

Transistoren-Relais mit sehr kurzer Schaltzeit

621.318.57 : 621.314.7

[Nach *D. L. Anderson:* Fast Transistor Relay. Electronics Bd. 31(1958), Nr. 11, S. 145]

Transistoren zeigen im allgemeinen günstige Eigenschaften für Schaltzwecke. Bei gewöhnlichen Schaltungen ist allerdings eine Sprungfunktion am Eingang des Transistors erforderlich, um die Funktion eines schliessenden oder öffnenden Kontaktes eines mechanischen Relais zu reproduzieren. In der hier beschriebenen neuen Schaltung wird hingegen die sprungartige Änderung des Ausgangsstromes selbsttätig eingeleitet, sobald die Steuerspannung am Eingang bestimmte Schwellenwerte erreicht.

In Fig. 1 ist die Prinzipschaltung dargestellt. Der Kippvorgang wird durch eine Rückkopplung erreicht und die entsprechende Schwelle ist durch den Knick der Kennlinie einer Zener-Diode bestimmt. Steigt die Eingangsspannung, bis der Durchlassbereich der Diode D_1 erreicht ist, dann setzt ein Strom im Eingangskreis des Transistors Q_1 ein. Der Kollektorstrom desselben steuert den zweiten Transistor Q_2 in den Durchlassbereich, wobei der Kollektor von Q_2 eine positive Spannung erhält. Diese wird über den Widerstand R_5 auf den Eingang zurückgeführt und unterstützt somit den

Steuervorgang, bis der Sättigungszustand erreicht ist. Über Q_2 ist also die Speisespannung $B+$ auf den Belastungswiderstand R_L geschaltet. Dieser Vorgang vollzieht sich innerhalb weniger Mikrosekunden.

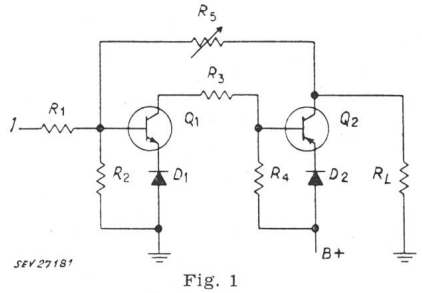


Fig. 1
Prinzipschaltung
1 Eingang

Wichtig ist ein scharfer Knick der Kennlinie der Zener-Diode D_1. Für die vorliegende Anwendung soll dieser Knick am besten bei etwa 7 V liegen. Die Widerstände R_1 und R_2 bilden einen Spannungsteiler und dienen gleichzeitig zur Trennung des Transistors Q_1. R_3 dient zur Begrenzung des Kollektorstromes von Q_1. R_4 sorgt für eine relativ niedrige Impedanz der Basis von Q_2 gegen den Speisepunkt $B+$ zum Zweck der Stabilisierung. Die Diode D_2 stellt eine hohe Impedanz für den Emitter von Q_2 dar, solange dieser nichtleitend ist, und bewirkt damit eine Stabilisierung gegen thermische Abwanderung bei hoher Umgebungstemperatur. Sobald Q_2 in den Durchlassbereich hineingesteuert ist, wird der Widerstand von D_2 sehr klein und bewirkt nur noch eine kleine Gegenkopplung.

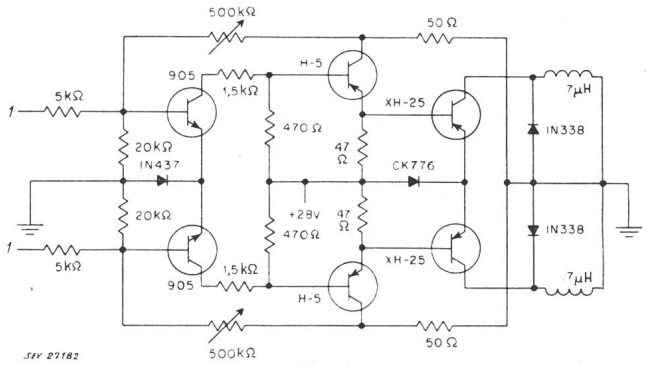


Fig. 2
Gegentaktschaltung für 4 A Schaltstrom und mit ca. 50 μs Schaltzeit
1 Eingänge

Die Schaltung von Fig. 2 stellt ein Gegentakt-Relais dar, welches einen Strom von 4 A bei 28 V schalten kann. Der Zener-Diode-Typ 1N437 (Silizium) ist beiden Hälften der Gegentaktschaltung gemeinsam, was einen besseren Ausgleich bewirkt als 2 getrennte Dioden. Die Transistoren H-5 dienen als Treiberstufe für die Leistungstransistoren XH-25. Beide über den Ausgang liegenden Dioden 1N338 schützen die Transistoren gegen Induktionsspannungen, die sich bei induktiver Last bilden könnten. Die Stabilisierung gegen Temperatureinflüsse wird durch die gemeinsame Diode CK 776 besorgt.

Die Schaltzeit beträgt ca. 50 μs gegenüber etwa 10 ms von mechanischen Relais. *W. Stäheli*

Grad der Zuverlässigkeit bei elektronischen Schaltungen

621.316.5.004.6 : 621.38

[Nach *H. L. Garbarino:* Selection of Reliability Levels in Equipment Design. Trans. IRE, Industrial Electronics, Bd. PGIE-5(1958), April, S 76...81]

Der exakte Betrieb eines Apparates wird mit der Zeit von verschiedenen Fehlerquellen bedroht, die in den folgenden nach ihrer Anfälligkeit geordneten Schaltungselementen zu finden sind: Elektronenröhren, Widerstände, Kondensatoren, Verbindungen, Schalter, Relais, Transformatoren, Drosselspulen, Messgeräte und Motoren. Die Fehlerhäufigkeit jedoch erfährt eine andere Verteilung, da die Anzahl in einer Schaltung verwendeter Elemente jeder Art jeweils stark verschieden ist. Schätzungsweise ist ein Drittel bis zur Hälfte aller Fehler auf defekte Elektronenröhren zurückzuführen, was allerdings nicht dazu verleiten darf, in den Röhren die grössten Schwierigkeiten zu sehen, denn solche Fehler sind verhältnismässig leichter festzustellen, als bei den anderen Schaltungselementen. Die Lebensdauer jedes Elementes, sowie diejenige vollständiger Schaltungen lässt sich statistisch feststellen, vor allem durch Versuche in Laboratorien eher als mit Angaben aus der Praxis, da diese nicht immer gleich einwandfrei und klar ausfallen. Aus diesen Erhebungen folgert man Funktionen, die auf folgender Definition der Zuverlässigkeit beruhen: die wahrscheinlichste Anzahl fehlerfreier Apparate bezogen auf den anfänglichen Einsatz, nach einer festgelegten Zeitspanne, unter den aufgelegten Betriebsverhältnissen.

Besteht eine Schaltung aus n verschiedenen Grundelementen, deren Zuverlässigkeiten $R_1, R_2, ...R_i ...R_n$ sind, so wird die Zuverlässigkeit der ganzen Schaltung

$$R = \Pi_1^n \; R_i \qquad (1)$$

Die Funktion R ist in Fig. 1 für verschiedene Anzahlen von Elementen dargestellt. Als Parameter ist die Unzuverlässigkeit $(1-R)$ der einzelnen Elemente gewählt worden, und

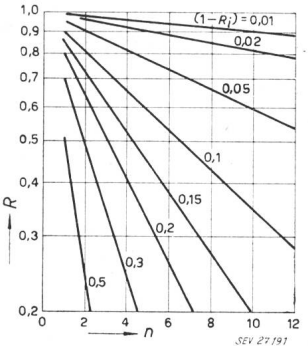


Fig. 1
Funktion der Zuverlässigkeit
R Zuverlässigkeit einer ganzen Schaltung; n Anzahl Bauelemente in der Schaltung; R_i Zuverlässigkeit der einzelnen Bauelemente; $(1-R_i)$ Unzuverlässigkeit der einzelnen Bauelemente

zwar unter der Voraussetzung $R_1 = R_2 = ...R_n$. Dieses Diagramm lässt sich auf sehr zahlreiche Schaltungsglieder erweitern. So hat z. B. eine Schaltung mit 10 Elementen der Unzuverlässigkeit 0,01 die gleiche Zuverlässigkeit wie die Schaltung mit 1000 Elementen der Unzuverlässigkeit 10^{-4}, denn in beiden Fällen wird die Schaltungs-Zuverlässigkeit 0,9.

Der Verzicht auf eine festgelegte Zeitspanne führt zur allgemeinen Zeitfunktion

$$dR/dt = -qR \qquad (2)$$

mit $q > 0$, worin R die Anzahl noch mangelfreier Apparate oder Bauelemente und q die relative Fehlerzahl bedeuten. Die Auflösung von Gl. (2) lautet:

$$R = R_0 \exp\left(-\int_0^t q \, dt\right) \qquad (3)$$

mit der Grundbedingung $R = R_0$ wenn $t = 0$. Wird $R_0 = 1$ gesetzt, so bedeutet R die Zuverlässigkeit zur Zeit t. Die Erfahrung zeigte, dass die vereinfachende Annahme einer zeitunabhängigen relativen Fehlerzahl q mit der Wirklichkeit übereinstimmt, womit Gl. (3) in folgenden Ausdruck der Zuverlässigkeit übergeht:

$$R = e^{-qt} \qquad (4)$$

Fig. 2 zeigt die relative Fehlerzahl in Funktion der Zeit: wie vorausgesetzt, ist q zwischen den Zeiten t_1 und t_2 konstant. Anfänglich ist die Zahl der Versager verhältnismässig hoch, was den fabrikatorischen Mängeln zuzuschreiben ist. Eine übermässig lange Betriebszeit bedingt den Kurvenanstieg nach t_2. Dennoch werden diese Abweichungen nicht berücksichtigt, ebenso die Tatsache, dass einzelne Bauelemente anderen Fehlerfunktionen unterworfen sein können. Schliesslich ist in einer Schaltung die Zeit t nicht für alle Komponenten die gleiche, und was die Berechnung weiter erschwert, ist die Vorgeschichte dieser Komponenten, die reichlich verschieden ausfallen kann, je nach Fabrikationszeit, Lagerung, Versand, Klima usw.

Von grösster Bedeutung ist eine andere Grösse: die mittlere Zeitspanne zwischen aufeinanderfolgenden Ausfällen,

d. i. der Reziprokwert der relativen Fehlerzahl. Bei einer einwandfreien Schaltung soll die mittlere Zeitspanne T zwischen aufeinanderfolgenden Ausfällen gross sein gegen die Zeit, in der die vorgegebene relative Zahl der Ausfälle noch gering ist. In der Zeit von z. B. 0,1 T werden 9,5 % der Apparate, nach 0,01 T 1 % der Apparate ausfallen.

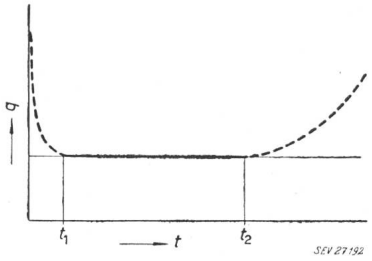


Fig. 2
Relative Fehlerzahl in Funktion der Zeit
q relative Fehlerzahl; t Zeit

Beim Entwerfen und Konstruieren von Schaltungen können die Zuverlässigkeits-Faktoren auf verschiedene Arten den Wünschen angepasst werden: durch mehr oder weniger sorgfältige Fabrikation, durch die Wahl des Materials, durch Überdimensionierung der Bauelemente und durch Anwendung alterprobter Schaltungen. Eine erhöhte Zuverlässigkeit bewirkt meistens eine Zunahme des Volumens, des Gewichtes oder des Preises, so dass stets diese Nachteile mit den durch die Langlebigkeit des Apparates gebotenen Vorteilen verglichen werden müssen. So kann die Lebensdauer einer Glühlampe durch Herabsetzung der Betriebsspannung wesentlich erhöht werden, doch wird der Wirkungsgrad dabei schlechter und verursacht viel höhere Stromkosten für die gleiche Lichtabgabe. Weitere Beispiele findet man bei Elektronenröhren, deren Qualität durch Vergrösserung der Elektrodenabstände sinkt, wobei die Lebensdauer steigt, oder bei überdimensionierten Widerständen.

Isolierstoffe zerfallen nach einer gewissen Zeit unter Einwirkung der Betriebserwärmung; allgemein wird pro 10° Erwärmung eine jeweilige Halbierung der Lebensdauer t angenommen:

$$t = t_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{T-T_0}{10}} \tag{5}$$

Die Lebensdauer des Dielektrikums eines Kondensators nimmt, wie Versuche zeigten, mit der 5. Potenz einer steigenden Spannung ab. Unter dem Einfluss von Wärme und Spannung wird die Lebensdauer t eines Kondensators aus der Nennlebensdauer t_0 bei Nennspannung U_0 und Nenntemperatur T_0

$$t = t_0 \left(\frac{U_0}{U}\right)^5 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{T-T_0}{10}} \tag{6}$$

Eine weitere wichtige Funktion in diesem Zusammenhang verbindet die Erwärmung und die erzeugte Verlustleistung:

$$\Delta T = kP^{0,8} \tag{7}$$

worin k von der Umgebungstemperatur, der Beschaffenheit und der Befestigungsart abhängt. Der Exponent 0,8 berücksichtigt die Wärmeleitung durch Konvektion und durch Abstrahlung. Die Lebensdauer ist der relativen Fehlerzahl q umgekehrt proportional, lässt sich also in Gl. (4) einsetzen.

B. Hammel

Miscellanea

Persönliches und Firmen

(Mitteilungen aus dem Leserkreis sind stets erwünscht)

Dr. sc. techn. **G. M. A. Blanc**, Mitglied des SEV seit 1924 (Freimitglied), bisher Direktor, wurde zum Delegierten des Verwaltungsrates der Fontargen AG, Zürich, gewählt.

—

Aluminium-Industrie-AG, Chippis (VS). Le Dr W. Hämmerli, le Dr H.-R. Niggli, ainsi que J. Wohnlich, jusqu'ici sous-directeurs, ont été nommés directeurs de département; leur signature ne subit pas de modification. H. M. Wipf est maintenant sous-directeur et engage la société par sa signature à deux; sa procuration est radiée.

—

Kraftwerk Laufenburg, Laufenburg (AG). A. Kunz, Ingenieur, wurde zum Prokuristen ernannt.

—

Elektrizitätswerk Rheinau AG, Rheinau (ZH). Kollektivprokura wurde erteilt Dr. W. Goldschmid und O. Schryber.

—

Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey S. A., Vevey. Procuration collective est conférée à B.-F. Bortolotti.

—

Kleine Mitteilungen

Generalversammlung der «Pro Telephon»

Die «Pro Telephon», Vereinigung zur Verbreitung des Telephons in der Schweiz, hielt am 22. Mai 1959 ihre 32. Generalversammlung in Locarno ab. So sehr sonst das Tessin für besonderes Wetterglück bekannt ist, so waren diesmal die Verhältnisse umgekehrt; die Alpensüdseite lag in einer Regenzone, welche die Alpennordseite verschonte.

Im schönen Festsaal der Società Elettrica Sopracenerina nahm die Versammlung, die durch die Anwesenheit von Generaldirektor Dr. Ed. Weber geehrt wurde, ihren durch die Traktandenliste vorbestimmten Verlauf. Der bisherige Präsident, der die Versammlung leitete, Dipl. Ing. *O. Gfeller*, Bern, erklärte nach sechsjähriger Führung der Vereinigung seinen Rücktritt. Seine Verdienste wurden dadurch gewürdigt, dass er weiterhin dem Vorstand als Mitglied angehören wird; ausserdem ernannte ihn die Generalversammlung zum Ehrenmitglied. Als neuer Präsident wurde *W. Ehrat*, Direktor der Hasler AG, Bern, gewählt, der in seiner bisherigen Funktion als Vizepräsident durch *W. Werdenberg*, Dipl. Ing., Direktor der S. A. des Câbleries et Tréfileries, Cossonay, ersetzt wurde. Auch in der Besetzung der Rechnungsrevisorenstellen trat ein Wechsel ein, indem an die Stelle der Zellweger AG, Apparate- und Maschinenfabrik, Uster, die Albiswerk Zürich AG tritt.

Das Referat von dipl. Ing. *G. A. Wettstein*, Direktor der TT-Abteilung der GD PTT, Bern, war auf die die Entwicklung des Telephons kennzeichnenden Zahlen einer Million Telephonteilnehmer, 1,5 Millionen Sprechstellen und 300 000 Telephonrundspruchhörer ausgerichtet. In sehr interessanten geschichtlichen Darlegungen zeigte der Referent, wie das Telephon in der Schweiz sich entwickelte, nachdem die Eidg. Telephonverwaltung am 23. November 1877 bei Siemens und Halske AG in Berlin «ein Paar Telephone» bestellt hatte. Es war ein langer Weg, der bis zu den jetzt erreichten markanten Zahlen und zum heutigen Telephonverkehr führte, an dem jedes Kind mit aller Selbstverständlichkeit teilnimmt.

Ein gemeinsames Nachtessen nach der Versammlung und am darauffolgenden Morgen eine Bootfahrt zu den Inseln von Brissago vereinigten die Versammlungsteilnehmer. Vor allem kam dabei die Geselligkeit zu ihrem Recht, aber auch manches längst geplante fachliche oder geschäftliche Gespräch konnte zur Entlastung der Beteiligten beitragen. Der Wettergott war so gnädig, den Genuss der Bootfahrt auf dem oberen Teil des Lago Maggiore nicht zu trüben.

—

Generalversammlung der Schweizerischen Vereinigung für Dokumentation

Der SEV steht durch seine Literaturnachweisprobleme der Vereinigung für Dokumentation nahe und ist deren Mitglied. Diese schweizerische Vereinigung blickt auf ihr zwanzigjähriges Bestehen zurück. Sie verband die Begehung dieses «Jubiläums» mit ihrer in Sitten durchgeführten Generalversammlung vom 24. Mai 1959. Der Präsident der Vereinigung,

Direktor U. Vetsch, Mitglied des SEV, war wegen eines noch nicht ausgeheilten Unfalles nicht in der Lage, der Versammlung beizuwohnen. In der vorausgehenden Sitzung des Vorstandes wurde Dipl. Ing. O. Merz mit der Leitung der Generalversammlung betraut. Dr. P. Bourgeois, Direktor der Landesbibliothek, Bern, trat als Vizepräsident zurück; an seine Stelle wurde Dipl. Ing. O. Merz, Leiter der Patent- und Literaturabteilung der Georg Fischer AG, Schaffhausen, gewählt.

Die Vereinigung, der 216 Mitglieder angehören, veranstaltete im abgelaufenen Geschäftsjahr Tagungen über Probleme der Dokumentation und der dabei gebrauchten Hilfsmittel. In ihrem Rahmen bearbeiten verschiedene Ausschüsse spezielle Fragen, z. B. die Klassifikation, die technischen Hilfsmittel, die mechanische Selektion, die Ausbildung usw. Wer mit Dokumentationsfragen sich zu befassen hat, findet in diesem Zusammenschluss wertvollen Rat.

—

Concours 1960 de la «Fondation George Montefiore». Le Prix quinquennal de la «Fondation George Montefiore» est décerné à la suite d'un concours international au meilleur travail original, présenté sur l'avancement scientifique et sur les applications techniques de l'électricité dans tous les domaines, à l'exclusion des ouvrages de vulgarisation ou de simple compilation. Les travaux présentés doivent être rédigés en français ou en anglais et peuvent être imprimés ou dactylographiés en 8 exemplaires. — Le montant du prix de 1960 est de francs belges 100 000.—. Les travaux doivent être adressés avant le 1er juillet 1960 au Secrétaire-Archiviste de la «Fondation George Montefiore» à l'hôtel de l'Association, 31, rue Saint-Gilles, Liège (Belgique).

—

Photographisches Kolloquium an der ETH. Im Sommersemester 1959 werden im Photographischen Kolloquium des Photographischen Institutes der ETH folgende Themen behandelt:

Donnerstag, 4. Juni 1959 (im Hörsaal 22f):

«Zur photographischen Registrierung von Vogelzugbewegungen auf dem Radarschirm» (mit Filmvorführung)
von Dr. E. Sutter, Naturhistorisches Museum, Basel.

Donnerstag, 18. Juni 1959 (im Hörsaal 22f):

«Substruktur der Silberbromid-Körner und Empfindlichkeit photographischer Emulsionen»
von Priv.-Doz. Dr. W. Waidelich, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule München.

Donnerstag, 2. Juli 1959 (im Hörsaal 22f):

«Keimbildung und Kristallwachstum»
von Prof. Dr. A. Neuhaus, Direktor des Mineralogisch-petrographischen Instituts der Universität Bonn.

Donnerstag, 16. Juli 1959 (im Hörsaal 9e):

«Physikalische Grundlagen und gegenwärtiger Stand des Eidophor-Verfahrens» (mit Demonstrationen)
von Dr. F. Mast, Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Gretag AG, Zürich.

Die Vorträge finden jeweils um 17.15 h im Hörsaal 22f, Clausiusstrasse 25, bzw. im Hörsaal 9e, Sonneggstrasse 5, statt.

—

Internationaler Kongress für Korrosionsschutz von Kraftwerk-Anlagen. Vom 15. bis 18. September 1959 findet in Belgrad die «International Conference for the Protection against Corrosion of Structures and Equipments of Hydro-Electric Power Plants» statt. Nähere Auskunft erteilt «The Yugoslav Association for the Protection of Materials», Beograd, Kneza Miloša 7/III, P. O. B. 771.

—

8. Jahrestagung der Elektrotechnik in Weimar. Diese Tagung, bekannt als «Weimartagung», findet vom *8. bis 13. Juli 1959* in Weimar statt. Anmeldungen sind an das Sekretariat des Fachverbandes Elektrotechnik der Kammer der Technik, Elbertstrasse 27, Berlin W 8, zu richten.

Literatur — Bibliographie

621.38.062 *Nr. 11 459*

Montages électroniques industriels. Par *R. Kretzmann.* Eindhoven, Philips, 1957; 8°, VIII, 202 p., fig., 1 pl. — Bibliothèque Technique Philips — Prix: rel. Fr. 27.80.

Les applications de l'électronique dans presque toutes les branches de l'industrie devenant de plus en plus nombreuses, il est nécessaire de donner à l'ingénieur et au technicien qui désirent se familiariser dans l'étude, la mise au point et le réglage des dispositifs électroniques, la description d'un certain nombre de montages électroniques industriels ayant fait leur preuve dans la pratique. Ainsi ils pourront voir sur le vif du sujet la façon avec laquelle l'électronicien peut résoudre les problèmes que l'industrie lui pose. Les connaissances ainsi acquises leur permettront d'étudier de nouveaux montages.

Cet ouvrage répond à cette nécessité et constitue le complément naturel du «Manuel de l'électronique industrielle» paru également dans l'excellente collection de la «Bibliothèque technique Philips». De bonne présentation, ce livre est illustré de nombreux schémas et photographies et traite sur une dizaine ou une vingtaine d'exemples, chacun des sujets suivants:

Dispositifs à commande photoélectrique;
Circuits de comptage;
Circuits de stabilisation;
Dispositifs de contact et de commande;
Montages oscillateurs et amplificateurs;
Redresseurs.

Les physiciens, les ingénieurs, les techniciens, les industriels et les chefs d'entreprises, etc., qui s'intéressent à l'électronique à un titre quelconque consulteront ces deux livres avec fruit. *C. Steiner*

621.316.5.066.6 *Nr. 11 467*

Electric Contacts Handbook. By *Ragnar Holm,* aided by *Else Holm.* Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer, 3rd compl. rewritten ed. of «Die technische Physik der elektrischen Kontakte» 1958; 8°, XVIII, 522 p., 194 fig., tab. — Price: cloth DM 52.50.

Die 3. Auflage des grundlegenden Werkes über elektrische Kontakte ist nun mit Recht unter dem umfassenderen Titel «Electric Contacts Handbook» erschienen. Es gliedert sich wieder in die Hauptabschnitte: Stationäre Kontakte, Gleitkontakte, Elektrische Phänomene bei Schaltkontakten und Historischer Überblick. Im Rahmen einer Buchbesprechung ist es nicht möglich, auf alle Vorzüge der Neuausgabe hinzuweisen, denn ein Vergleich mit der 2. Auflage zeigt beinahe auf jeder Seite Klarstellungen, Ergänzungen oder dem allgemeinen Fortschritt entsprechende umfangreichere Zusätze. Unter anderem sei auf den für die Materialwanderung wichtigen Kohler-Effekt (§§ 17 und 66) hingewiesen. Der Abschnitt über Gleitkontakte ist nicht nur um 36 Seiten erweitert, sondern grundsätzlich neu bearbeitet worden und dürfte zurzeit die modernste Theorie der Gleitkontakte unter Einschluss der Kommutierungsvorgänge darstellen, wenn auch, wie der Verfasser im Vorwort betont, manche Probleme noch des weiteren Studiums bedürfen. Der für die praktische Anwendung von jeher so wertvolle Anhang ist von 6 auf 77 Seiten erweitert worden und enthält neben den ergänzten Tafeln (Sintermetalle) der für die Kontakttheorie wichtigen physikalischen Konstanten u. a. noch die Abschnitte: Theorie der Härte, Elektronische Leitung in festen Körpern (Halbleiter), Tunneleffekt, Struktur und Leitfähigkeit von Kohle und Elektrische Entladungsvorgänge, insbesondere auch bei Relais.

Insgesamt vermittelt die Neuauflage eine ausserordentliche Bereicherung unseres Wissens über elektrische Kontakte und kann daher jedem, der sich mit solchen Problemen zu befassen hat, aufs wärmste empfohlen werden. *F. Kesselring*

621.316.5.06 : 517.1 *Nr. 11 485*

Switching Circuits and Logical Design. By *Samuel H. Caldwell.* New York, Wiley; London, Chapman & Hall, 1958; 8°, XVII, 686 p., fig., tab. — Price: cloth $ 14.—.

Das Buch ist die Niederschrift eines Kurses, welchen der Verfasser am Massachusetts Institute of Technology gehalten hat, und befasst sich mit dem Entwurf von logischen Schaltungen. («Logisch» ist hier nicht als Gegenteil von «unlogisch» zu verstehen; als logische Schaltung bezeichnet man vielmehr eine Anordnung, welche eine Anzahl von digitalen Signalen verknüpft und daraus nach vorgegebenen Regeln neue digitale Signale bildet. Ein typisches Beispiel ist die Bildung der Summe zweier Dezimalziffern.) Nach der Bereitstellung einiger Grundlagen wird der Leser in die Schaltalgebra eingeführt, und ihre Anwendung auf Kontaktnetzwerke wird an Hand vieler Beispiele veranschaulicht. An Kontaktnetzwerken wird auch das wichtige und bis jetzt nur teilweise gelöste Problem, für eine gegebene Funktion die Schaltung mit minimalem Aufwand zu finden, erläutert. Der zweite Teil behandelt die Eigenschaften von Röhren, Dioden und Transistoren und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für logische Schaltungen. Weitere Kapitel erläutern die Darstellung der dezimalen Ziffern, die automatische Fehleranzeige und Fehlerkorrektur, sowie die wichtigen Fragen, die mit zeitlichen Abläufen in logischen Schaltungen zusammenhängen; dabei wird auch das Krytron (ein supraleitendes Schaltelement) eingeführt. Zahlreiche Übungsaufgaben erleichtern die Benützung des Buches zum Selbststudium.

Das behandelte Gebiet ist seiner Natur nach nicht ein geschlossenes Ganzes, weil einerseits eine verbindende mathematische Theorie bis heute vollständig fehlt, und anderseits die Struktur der logischen Schaltungen stark von den verwendeten Elementen, deren Beschaffenheit jetzt mehr denn je im Fluss ist, abhängt. Es ist daher nicht möglich, einem Lehrbuch einen einheitlichen Charakter zu geben. Trotzdem ist der Band ein wertvoller Beitrag zu der bis jetzt nicht sehr reichhaltigen Reihe von Lehrbüchern auf diesem Gebiet, und es hängt nur vom Geschmack der Arbeitsweise des Lesers ab, ob er dieser oder andern Darstellungen den Vorzug geben will.

A. P. Speiser

621–52 *Nr. 11 490*

Automatic Process Control. By *Donald P. Eckman.* New York, Wiley; London, Chapman & Hall, 1958; 8°, VIII, 368 p., fig., tab. — Price: cloth $ 9.—.

Das Buch soll dem jungen Ingenieur zur Einführung in die Verfahrensregelung dienen. Vorausgesetzt wird die Kenntnis der Differentialgleichungen, der Mechanik, der Hydrodynamik und der Thermodynamik. Da der Autor den mathematischen Zugang in die Verfahrensregelung vermitteln will, sollte die analytische Behandlung der Verfahren (process) nicht nur in einer Näherung mit eins bis zwei Zeitkonstanten erfolgen, da gerade bei der Verfahrensregelung wesentliche Probleme vorliegen, welche durch diese Näherung regeldynamisch nicht hinreichend erfasst werden. Hinweise auf den Totzeit-Zeitkonstante-Ansatz mit optimaler Reglereinstellung nach *Ziegler-Nichols* und auf geregelte Anlagen mit verteilten Parametern werden zwar gegeben, doch diese Methoden nicht konkret mit der Verfahrenstechnik verknüpft. Diese wird überhaupt im wesentlichen wenig, sondern nur in ihren einfachsten Elementarfällen behandelt.

Die Ausführungsformen und das regeldynamische Verhalten der Messwerke und der Stellorgane mit Dimensionierungsangaben für die letzteren, ferner der Regler und ihre Klassifizierung sind ausführlich und gut dargestellt. Das Darstellungsmittel ist die Differentialgleichung unter Einführung der formalen Operatorenrechnung. Damit wird ein günstiger Übergang zur Laplacetransformation, zur Übergangsfunktion und zum Frequenzgangverfahren geschaffen. Das Stabilitätsproblem wird nach *Routh-Hurwitz, Nyquist* und *Bode* behandelt, nach letzterem auch das Dämpfungsmass. Einzelfragen wie Rückführungsarten, Kaskaden-, Optimalwertregelung sind ebenfalls berücksichtigt.

Unstetigkeiten und Nichtlinearitäten im Regler und in der geregelten Anlage, wie Zweipunkt-, Zweilaufregler, Sättigung, neutrale Zone, Hysterese werden zum Teil mittels der Beschreibungsfunktion erfasst, doch fehlt die Darstellung der Anwendung der letzteren zur Stabilitätsprüfung.

Sowohl bei den Stabilitätskriterien, wie auch bei der Behandlung der Unstetigkeiten vermisst man erneut die konkrete Verknüpfung mit der Verfahrenstechnik. Zu jedem Kapitel gibt es Übungsbeispiele, ferner am Schlusse eine Einführung in die Laplacetransformation und in die Analogiegeräte.

Wenn es sich auch erst um eine Einführung handelt, wünschte man gleichwohl ein tieferes Eindringen in die Verfahrenstechnik. *F. Galavics*

Vereinsnachrichten

In dieser Rubrik erscheinen, sofern sie nicht anderweitig gezeichnet sind, offizielle Mitteilungen des SEV und der gemeinsamen Organe des SEV und VSE

Fachkollegium 4 des CES

Wasserturbinen

Unter dem Vorsitz seines Präsidenten, Prof. H. Gerber, führte das FK 4 am 24. März 1959 in Bern seine 28. Sitzung durch. Der Vorsitzende gedachte mit dankenden Worten der drei Mitglieder, die seit der letzten Sitzung wegen Übertritts in den Ruhestand aus dem Fachkollegium austraten: Vizedirektor J. Moser, Oberingenieur Dr. H. Oertli und Oberingenieur P. Tresch. Er erinnerte an die Verdienste dieser Mitglieder, die alle jahrzehntelang dem FK 4 ihr Bestes gegeben haben. Als neue Mitglieder begrüsste er Direktor F. Aemmer (Kraftwerk Birsfelden AG, Birsfelden), Direktor Dr. P. de Haller (Gebrüder Sulzer AG, Winterthur) und Oberingenieur A. Wälti (Chef der Abteilung «Kraftwerke» der SBB, Bern).

Die Haupttätigkeit des Fachkollegiums galt der Vorbereitung auf die Sitzungen des CE 4, Turbines Hydrauliques, die vom 1. bis 9. Juli 1959 in Madrid stattfinden werden. So wurde in erster Linie der in Madrid zur Diskussion vorgesehene Entwurf einer internationalen Empfehlung für Abnahmeprüfungen an Turbinenmodellen im Detail besprochen und eine schweizerische Stellungnahme beschlossen. Das FK 4 trug bei seinen Entscheiden den Ergebnissen Rechnung, welche die auf Initiative von Prof. H. Gerber am 13. Februar 1959 in Zürich durchgeführte Diskussionsversammlung über Modellversuche für hydraulische Maschinen [1]) gebracht hatte. Es stellte überdies zu Handen des internationalen Sekretariates (USA) fest, dass die schweizerische Fachwelt an der baldigen Ausarbeitung von Empfehlungen für die Abnahme von ausgeführten und in den Anlagen eingebauten Wasserturbinen (field test code) ebenso interessiert ist, wie an den Empfehlungen für Abnahmeprüfungen am Modell. Schliesslich wurde provisorisch die Delegation gebildet, welche die schweizerischen Interessen in Madrid vertreten wird.

In nationalen Angelegenheiten orientierte der Vorsitzende über grundsätzliche Untersuchungen an Messflügeln, die im Amt für Wasserwirtschaft und im Institut für Hydraulische Maschinen und Anlagen an der Eidg. Technischen Hochschule geplant sind. Diese Untersuchungen entsprechen einem allgemeinen Bedürfnis, was schon daraus hervorgeht, dass auf schottische Initiative hin eine internationale Studiengruppe für Flügelmesstechnik gebildet wurde, deren Präsidium übrigens Prof. Gerber anvertraut worden ist. Auf den Herbst 1959 sind ferner im Fätschbachwerk Vergleichsversuche für Wassermessmethoden vorgesehen, bei denen 9 Verfahren zur Überprüfung gelangen. Das FK 4 beschloss, die schweizerischen «Regeln für Wasserturbinen» durch «Regeln für Abnahmeversuche an Pumpen» zu ergänzen und in die Regeln für Wasserturbinen überdies Angaben über Kavitationsgarantien aufzunehmen. *H. Lütolf*

[1]) siehe Bull. SEV Bd. 50(1959), Nr. 3, S. 120.

Fachkollegium 12 des CES

Radioverbindungen

Das FK 12, Radioverbindungen, versammelte sich am 26. März 1959 in Bern unter dem Vorsitz seines Präsidenten, Prof. Dr. W. Druey, zur 25. Sitzung. Es genehmigte zu Handen der Delegierten, die an den internationalen Sitzungen des CE 12 und seiner Sous-Comités in Ulm (28. September bis 10. Oktober 1959) teilnehmen werden, die Protokolle der Sitzungen des SC 12–1 (Paris, März 1958), des SC 12–2 (Kopenhagen, Juli 1958) und des SC 12–6 (Paris, März 1958). Der Präsident orientierte sodann über die Tätigkeit der Unterkommissionen. Die Unterkommission für Apparatesicherungen (UK-AS) wird noch die vom 2. bis 7. April 1959 in London stattfindende Sitzung der Arbeitsgruppe «Miniature Fuses»» des CE 23, Electrical accessories, abwarten, um sich dann zu entscheiden, ob auf Grund des schweizerischen Entwurfs der «Regeln für Schmelzeinsätze zu Apparateschutz-Sicherungen» weitergearbeitet werden, oder eine starke Anlehnung an den internationalen Entwurf gesucht werden soll. Ein ähnliches Problem stellt sich in der Unterkommission für die Revision der Vorschriften über die Sicherheit von Apparaten für Elektroschall, Elektrobild, Nachrichten- und Fernmeldetechnik (UK-VAF). Auch hier bestehen internationale Empfehlungen (Publ. 65 der CEI, Règles de sécurité pour les récepteurs radiophoniques), und es ist sorgsam zu erwägen, in welchem Masse ihnen die schweizerischen Vorschriften zweckmässigerweise angepasst werden. Jedenfalls werden unsere nationalen Vorschriften zusätzliche Bedingungen über das Störvermögen und über die Empfindlichkeit gegenüber Störstrahlungen enthalten müssen. Nach dieser Orientierung diskutierte das FK 12 das Dokument 12–7(Secrétariat)1, Draft Climatic and Durability Tests for Radio-communication Equipment. Es beauftragte ein Redaktionskomitee mit der Ausarbeitung einer internationalen Stellungnahme. Ein französisches Dokument über den Verstärkungsfaktor von Antennen wurde besprochen, bot aber keinen Anlass zu Rückäusserungen. Schliesslich wurde soweit möglich abgeklärt, wie sich die Delegation an die Sitzungen von Ulm zusammensetzen wird. *H. Lütolf*

Fachkollegium 33 des CES

Kondensatoren

Unter dem Vorsitze seines Präsidenten, Ch. Jean-Richard, behandelte das FK 33 in seiner 39. und 40. Sitzung vom 17. März 1959 in Zürich bzw. 16. April 1959 in Bern einen ersten Entwurf der revidierten Regeln für grosse Wechselstrom-Kondensatoren, Publ. Nr. 187 des SEV. Die Anpassung der Regeln an neue Vorschriften, Regeln und Leitsätze, vor allem an die Regeln und Leitsätze für die Koordination der Isolationsfestigkeit in Wechselstrom-Hochspannungsanlagen (Publ. Nr. 0183 des SEV) und an die genormten Werte der Spannungen (Publ. Nr. 0159 des SEV), bedingt die Einführung der «höchsten auftretenden Betriebspannung» als Begriff zur Bestimmung der Isolation zwischen Klemmen und Erde, d. h. zwischen einem Gefäss bzw. einem Gestell eines Kondensators bzw. einer Kondensatorenbatterie und der Erde. Eine Erweiterung der Prüfbestimmungen im Zusammenhang mit den internationalen Empfehlungen und den Betriebserfahrungen drängt sich ebenfalls auf. Eine erweiterte Redaktionskommission wird einen entsprechenden 2. Entwurf ausarbeiten.

Verschiedene Fragen über Kondensatoren kamen ebenfalls zur Sprache, d. h. Feuchtigkeitsprüfung, Verdrosselung von Kondensatoren, Vocabulaire Electrotechnique International. Diese wurden diskutiert oder als Orientierung zur Kenntnis genommen.

Die Vorschriften für das Sicherheitszeichen für kleine Kondensatoren und für Metallpapier-Kondensatoren unter 314 Var werden in kurzer Zeit zur Drucklegung bereit sein. Das FK 33 befasste sich diesmal nur mit einigen Detailfragen, besonders in redaktioneller Hinsicht. Technische Probleme werden in einer Lagerliste zusammengestellt, um bei einer späteren Revision berücksichtigt werden zu können. Es zeigte sich, dass die Beibehaltung des Qualitätszeichens für kleine Kondensatoren unter 314 Var von verschiedener Seite gewünscht wird. Entsprechende Vorschriften sollen ausgearbeitet werden. *H. Elsner*

Expertenkomitee des SEV für die Begutachtung von Konzessionsgesuchen für Hochfrequenzverbindungen auf Hochspannungsleitungen (EK-HF)

Die 13. Sitzung des EK-HF fand am 25. Februar 1959 in Locarno und am 26. Februar in Faido unter dem Vorsitz seines Präsidenten, Professor Dr. W. Druey, statt. Es wurden 4 Gesuche für 6 HF-Verbindungen, wovon eine ausschliesslich für Kupplung des Schnelldistanzschutzes, behandelt. 3 dieser Gesuche konnten mit der Empfehlung, die Konzession zu erteilen, zur Weiterleitung an die Generaldirektion der PTT freigegeben werden. Beim 4. Gesuch handelt es sich um eine Auslandsverbindung, die an der letzten Sitzung wegen nicht passendem Frequenzvorschlag zurückgestellt werden musste. Nachdem nun dem Komitee neue, der PTT genehme Frequenzen vorgeschlagen wurden, konnte auch diesem Gesuch zugestimmt werden. Die Weiterleitung an die PTT kann jedoch erst nach Eingang der Genehmigung durch die ausländische Behörde erfolgen.

Das Komitee nahm im weitern einen Bericht entgegen über die Behebung von Störeinflüssen von 2 verschiedenen HF-Verbindungen auf den Telephonrundspruch im benachbarten Gebiet. Im einen Fall war dies durch Vergrösserung des Abstandes von Nutz- und Störpegel, im andern Fall durch Frequenz-Verschiebung bei der HF-Verbindung möglich. Es nahm ferner Kenntnis von der Änderung der Frequenzzuteilung für eine konzessionierte, aber noch nicht in Betrieb genommene HF-Verbindung und liess sich über die Tätigkeit der Unterkommission für Normungs- und Koordinationsaufgaben auf dem Gebiet der Werktelephon-Automatik orientieren. Der im 3. Entwurf vorliegende Fragebogen zu Konzessionsgesuchen für HF-EW-Verbindungen wurde nochmals durchberaten und einer Arbeitsgruppe zur endgültigen Fassung übergeben. Dr. de Quervain stellte die von ihm in Zusammenarbeit mit einigen Mitgliedern des EK-HF ausgearbeitete, schweizerische Antwort auf einen Fragebogen der CIGRE betreffend die Daten der in der Schweiz verwendeten Sperren zur Diskussion. Nach Abklärung einiger Fragen über die Nennströme und die Kurzschlussfestigkeiten stimmte das EK-HF dem Antwortschreiben zu.

Im Anschluss an die Sitzungen besichtigten die Mitglieder des EK-HF am 25. Februar die Fernmeldeanlagen des Kraftwerkes Verbano und der Schaltstation Avegno und am 26. Februar jene der 220-kV-Unterstation Lavorgo. *E. Scherrer*

Hausinstallationskommission

Die *Gesamtkommission* hielt unter dem Vorsitz ihres Präsidenten, Direktor W. Werdenberg, am 9. April 1959 in Zürich ihre 34. Sitzung ab. Sie bestätigte einige auf dem Zirkularweg genehmigte Änderungsanträge zu verschiedenen im Bulletin ausgeschriebenen Entwürfen zu sicherheitstechnischen Vorschriften. Gemäss einer Aufforderung im Bulletin SEV, allfällige Wünsche zur Revision der Verordnungen über elektrische Anlagen anzumelden, nahm die Kommission zu verschiedenen Anregungen, die besonders die Hausinstallationen betreffen, Stellung. Sie diskutierte ferner eingehend über einen vom Präsidenten der Verwaltungskommission gewünschten Vorschlag für die Reorganisation der Hausinstallationskommission, die es ermöglichen soll, die immer umfangreicher werdenden Aufgaben der Kommission auf nationalem und internationalem Gebiet zu bewältigen. Im weiteren genehmigte sie verschiedene Anträge des Normenausschusses für eine Änderung von Dimensions- und Normblättern für Netz-Haushaltsteckkontakte für die Sekundärseite von Trenntransformatoren und für Netz-Industriesteckkontakte und behandelte zwei vom Normenausschuss aufgestellte Normblätter für Kunststoffrohre.

Der in der 33. Sitzung der Gesamtkommission gebildete *Ausschuss für die Bearbeitung der Einsprachen zum neuen Entwurf der Hausinstallationsvorschriften* behandelte unter dem Vorsitz des Präsidenten der Gesamtkommission in bisher 9 Sitzungen ungefähr zwei Drittel aller Einsprachen.

Der *Normenausschuss für allgemeines Installationsmaterial* hielt in Abwesenheit seines Präsidenten unter dem Vorsitz von A. Tschalär am 10. März 1959 in Zürich ihre 18. Sitzung ab. Er behandelte Entwürfe zu einer Änderung des Dimensionsblattes S 24 504 und des Normblattes SNV 24 504 für Netz-Haushalt-

steckkontakte, Typ 1d, für die Sekundärseite von Trenntransformatoren sowie zu einer Änderung des Dimensionsblattes S 24 564 und des Normblattes SNV 24 564 für Netz-Industriesteckkontakte. Sodann wurde Stellung genommen zu Entwürfen für eine neue Normung der Installationsrohre.

M. Schadegg

Zulassung von Elektrizitätsverbrauchsmessersystemen zur amtlichen Prüfung

Auf Grund des Artikels 25 des Bundesgesetzes vom 24. Juni 1909 über Mass und Gewicht und gemäss Artikel 16 der Vollziehungsverordnung vom 23. Juni 1933 über die amtliche Prüfung von Elektrizitätsverbrauchsmessern hat die Eidgenössische Mass- und Gewichtskommission die nachstehenden Verbrauchsmessersysteme zur amtlichen Prüfung zugelassen und ihnen die beifolgenden Systemzeichen erteilt.

Fabrikant: *AG Emil Pfiffner & Cie., Hirschthal*

Zusatz zu

Umbenennung von Stromwandlertypen:

S 48 Die am 25. September 1933 unter der Bezeichnung Ja 1/2 und Jaa 1/2 für die amtliche Prüfung zugelassenen Stromwandlertypen werden in Zukunft mit
JM 20 ... 60
bezeichnet.

Zusatz zu

Spannungswandler mit Ölisolation.

S 39 Die Reihe der am 18. Februar 1956 für die amtliche Prüfung zugelassenen Spannungswandler Typen EM6, EM10, EM20 und EM30 wird um die
Typen EM45 unnd EM60,
alle für die Frequenzen 16²/₃ und 50 Hz erweitert.

Wicklungsstromwandler mit Kunstharzisolation und

S 93 Mantelkern Typen JK 12 und JK 24
Primärnennströme 10 ... 1000 A
Sekundärnennströme 1, 2 und 5 A
höchste Betriebspannungen 12 und 24 kV
Nennfrequenzen 16²/₃, 50 und 60 Hz

Einphasenspannungswandler mit Kunstharzisolation, ein- oder zweipolig isoliert,

S 43 Typen EK 12 und EK 24
höchste Betriebspannungen 12 und 24 kV
Nennfrequenzen 16²/₃, 50 und 60 Hz

Fabrikant: *AG Brown, Boveri & Cie., Baden*

Zusatz zu

Die Zulassung zur amtlichen Prüfung vom 22. August 1956 der Spannungswandlertypen GUc, GUd, GUIc und GUId wird ersetzt durch folgenden Wortlaut:

S 41 Einphasenspannungswandler in Giessharzausführung,
Typen GUc und GUd (zweipolig),
Typen GUIc und GUId (einpolig),
höchste Betriebspannungen 12, 24 und 36 kV
Nennfrequenzen von 16²/₃ ... 60 Hz.

Zusatz zu

Die Zulassung zur amtlichen Prüfung vom 3. November 1954 des Stromwandlertyps GI wird ersetzt durch folgenden Wortlaut:

S 77 Stromwandler in Giessharzausführung mit 1 oder 2 Messbereichen Typen GI
Primärnennströme 5 ... 1200 A
Sekundärnennströme 1 und 5 A
Höchste Betriebspannungen 24, 36, 52 kV
Nennfrequenzen 16²/₃ ... 60 Hz
Zusatzbezeichnungen:
Die Art der Kerne wird durch die Kennbuchstaben S, T, E ausgedrückt. Die Zahl der Kerne wird durch die entsprechende Anzahl Kennbuchstaben angegeben, wobei bei mehr als 2 gleichen Kernen vor dem Kennbuchstaben die der Kernzahl entsprechende Ziffer gesetzt wird, z. B. S3T (1 Messkern und 3 weitere Kerne).
Typenstromindices h, i, k, m, n
höchste Betriebspannungen 1100 und 1100:

S 44 Einphasen-Spannungswandler in Luft für Aufstellung in Innenräumen mit oder ohne Verschalungshaube
Typen Tc 1,1 und Td 1,1
höchste Betriebspannungen 1100 und 1100 : $\sqrt{3}$ V
Prüfspannung 4000 V
Nennfrequenzen 16²/₃, 50 und 60 Hz

Bern, den 20. Februar 1959

Der Präsident
der Eidgenössischen Mass- und Gewichtskommission
M. K. Landolt

Tagung der CEE in der Schweiz

Die ordentliche Herbsttagung der CEE (Commission internationale de réglementation en vue de l'approbation de l'Equipement Electrique) findet vom 5. bis 15. Oktober 1959 in Lugano statt.

Neue Publikationen der Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Publ.

91 **Méthodes recommandées pour les mesures sur les récepteurs radiophoniques pour émissions de radiodiffusion à modulation de fréquence**
(1re édition, 1958) Preis: Fr. 15.—

103 **Recommandations pour condensateurs électrolytiques à électrodes en aluminium d'usage courant**
(1re édition, 1959) Preis: Fr. 8.—

Die Publikationen können zu den angegebenen Preisen bei der *Gemeinsamen Verwaltungsstelle des SEV und VSE*, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, bezogen werden.

Leitsätze «Nomenklatur der Regelungstechnik»
Recommandations pour une Terminologie en matière de réglage

Der Vorstand des SEV veröffentlicht im folgenden den Entwurf zum Kapitel 4, Einteilung der Regler, der Publikation 0208.1956, Leitsätze «Nomenklatur der Regelungstechnik». Dieses Kapitel fehlte in der bisherigen Ausgabe, in welcher im Jahre 1956 im Hinblick auf das Bedürfnis nach der Veröffentlichung nur die damals vorhandenen ersten drei Kapitel erschienen. Der Entwurf wurde von der Unterkommission «Nomenklatur» [1]) der

[1]) Die Zusammensetzung der Unterkommission «Nomenklatur», welche den vorliegenden Entwurf des 4. Kapitels der Leitsätze «Nomenklatur der Regelungstechnik» ausarbeitete, war folgende:

Dr. *H. Oertli*, Oberingenieur, Bernische Kraftwerke AG, Bern (Präsident bis Ende 1958)
Dr. *P. Profos*, Professor für Regelung und Dampfanlagen an der Eidg. Techn. Hochschule, Zürich (Präsident ab Ende 1958)
B. Junker, Ingenieur, Fr. Sauter AG, Basel (Protokollführer)
G. Courvoisier, Oberingenieur, AG Brown, Boveri & Cie., Baden (AG)
Dr. *W. Frey*, Dipl. Mathem. ETH, AG Brown, Boveri & Cie., Baden (AG)
D. Gaden, Professor an der EPUL, Direktor der Ateliers des Charmilles S. A., Genf
Dr. *F. Galavics*, Landis & Gyr AG, Zug
M. Hirt, Chef der Abteilung Reglerbau, Escher Wyss AG, Zürich
W. Kuert, Chef des VSM-Normalienbüros, Zürich
P. Lauper, Elektrotechniker, Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich
R. Pilicier, Ingenieur, S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, Lausanne
F. Seeberger, Ingenieur, Escher Wyss AG, Zürich.

Bearbeitender Ingenieur ist *H. Lütolf*, Sekretariat des SEV, Zürich.

Studienkommission für die Regelung grosser Netzverbände des SEV ausgearbeitet. Es ist vorgesehen, ihn zusammen mit den drei ersten Kapiteln als neue Auflage der Publikation 0208 herauszugeben.

Der Vorstand lädt die Mitglieder ein, den Entwurf zu prüfen und Bemerkungen dazu bis *spätestens Samstag, den 27. Juni 1959, in doppelter Ausführung* dem Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, zu unterbreiten. Sollten keine Bemerkungen eingehen, so würde der Vorstand annehmen, die Mitglieder seien mit dem Entwurf einverstanden. Er würde dann über die Inkraftsetzung beschliessen.

Entwurf

Leitsätze «Nomenklatur der Regelungstechnik»

Recommandations pour une Terminologie en matière de réglage

Inhaltsverzeichnis

4 Einteilung der Regler ... ...

41 Einteilung der Regler nach ihrem Übertragungsverhalten ... ...

411 Unstetige Regler ... ...
411.1 Einige Kenngrössen unstetiger Regler ... ...
411.2 Zweipunkt-Regler, Mehrpunkt-Regler ... ...
411.3 Zweilauf-Regler, Mehrlauf-Regler ... ...
411.4 Schrittregler ... ...
411.5 Tastregler ... ...

412 Stetige Regler ... ...
412.1 Nichtlineare stetige Regler ... ...
412.2 Lineare stetige Regler ... ...

42 Statische und astatische Regler... ... ...

421 Statikgesetz ... ...
421.1 Statik ... ...

422 Zeitkonstanten statischer und astatischer Regler ... ...

Beispiele zu Kapitel 4 ... ...

Table des matières

4 Classification des régulateurs ... ...

41 Classification des régulateurs selon leur comportement au transfert ... ...

411 Régulateurs à action discontinue ... ...
411.1 Quelques grandeurs caractéristiques des régulateurs à action discontinue ... ...
411.2 Régulateurs à action à deux échelons ou à échelons multiples ... ...
411.3 Régulateurs à action à deux rapidités ou à rapidités multiples ... ...
411.4 Régulateurs à action pas à pas ... ...
411.5 Régulateurs à action intermittente ... ...

412 Régulateurs à action continue ... ...
412.1 Régulateurs à action continue non linéaire ... ...
412.2 Régulateurs à action continue linéaire ... ...

42 Régulateurs statiques et astatiques ...

421 Caractéristique de statisme ... ...
421.1 Statisme ... ...

422 Constantes de temps des régulateurs statiques et astatiques ... ...

Exemples pour le chapitre 4 ... ...

4 – Einteilung der Regler

Bemerkungen:

Unter Regler wird in diesem Kapitel die gesamte Regeleinrichtung verstanden (siehe Ziff. 102 und 103). Die Einteilung der Regler kann nach ganz verschiedenen Gesichtspunkten vorgenommen werden. Wenn man *konstruktive Merkmale* betrachtet, lassen sich beispielsweise Regler ohne und Regler mit Hilfsenergie unterscheiden. Nach der Art der Hilfsenergie wären die letztgenannten noch feiner zu unterteilen in hydraulische, pneumatische und elektrische Regler.

Es liegt in der Natur dieser Leitsätze, dass hier bei der Einteilung der Regler nach *regeldynamischen Merkmalen* (siehe Kapitel 3) geordnet wird. Das bedeutet, dass allen Reglern einer Kategorie, unabhängig von ihren konstruktiven Eigenarten, gewisse (nicht alle) regeldynamische Eigenschaften gemeinsam sind.

In Ziff. 41 erfolgt die Einteilung auf Grund des funktionellen Zusammenhanges zwischen dem zeitlichen Verlauf von Regelgrösse und Stellgrösse (Übertragungsverhalten, siehe Ziff. 312, Alinea 1). Da man auch zwischen statischem und astatischem Übertragungsverhalten unterscheidet (siehe Ziff. 312, Alinea 2), wird unter Ziff. 42 eine Einteilung nach diesem Kriterium durchgeführt.

41 – Einteilung der Regler nach ihrem Übertragungsverhalten

Das Prinzip für die Einteilung der Regler nach ihrem Übertragungsverhalten ist in Fig. 9 schematisch dargestellt.

4 – Classification des régulateurs

Remarque:

Les régulateurs dont il sera question dans le présent chapitre comprennent en réalité chacun tout l'équipement de réglage (voir chiffres 102 et 103). La classification des régulateurs peut être entreprise à partir de points de vue très différents. En considérant les *moyens employés pour leur réalisation*, une distinction pourrait par exemple être établie entre les régulateurs utilisant une source auxiliaire d'énergie et ceux qui n'y ont point recours. Suivant la nature de cette source, la différence pourrait être faite entre les régulateurs hydrauliques, pneumatiques, électriques, etc.

Selon le principe sur lequel sont basées les présentes Recommandations, la classification des régulateurs sera ici établie d'après leur *comportement* (voir chapitre 3). En d'autres termes, tous les régulateurs d'une même classe présenteront certaines (pas toutes) propriétés communes concernant leur comportement, ceci indépendamment de leur genre de construction.

Sous chiffre 41, la classification sera inspirée de la relation fonctionnelle existant entre une évolution dans le temps de la grandeur réglée et l'évolution qui en résulte pour la grandeur de réglage (comportement au transfert, voir chiffre 312, alinéa 1). Sous chiffre 42, la classification sera établie selon le comportement statique ou astatique du régulateur (voir chiffre 312, alinéa 2).

41 – Classification des régulateurs selon leur comportement au transfert

Le principe de cette classification est schématiquement représenté par la fig. 9.

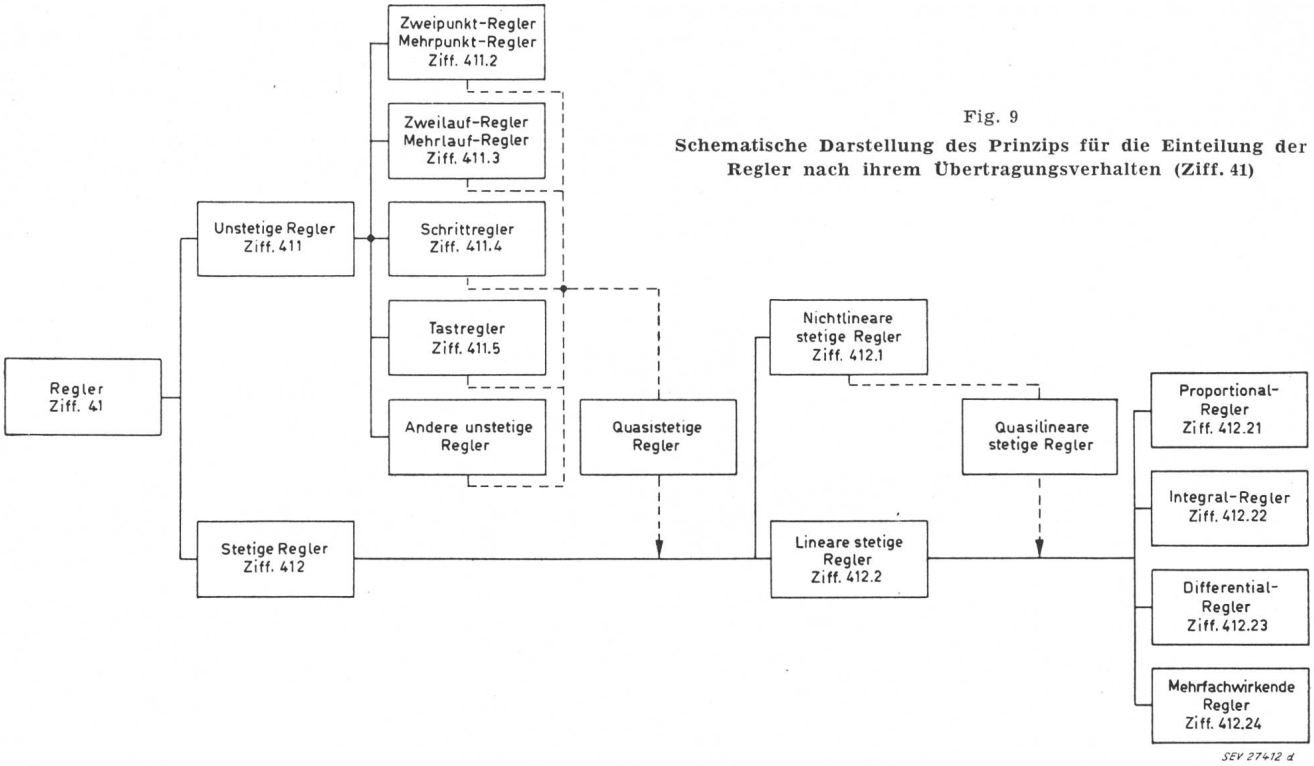


Fig. 9

Schematische Darstellung des Prinzips für die Einteilung der Regler nach ihrem Übertragungsverhalten (Ziff. 41)

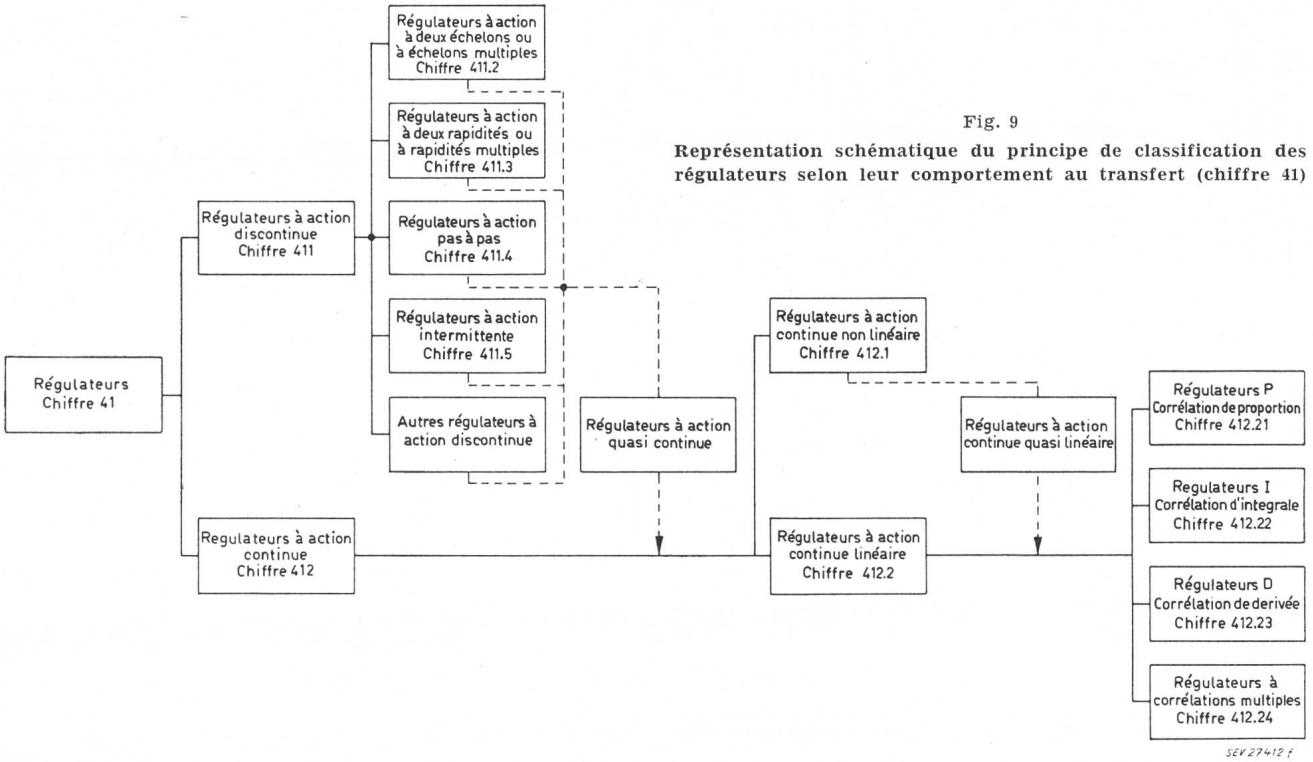


Fig. 9

Représentation schématique du principe de classification des régulateurs selon leur comportement au transfert (chiffre 41)

411 – Unstetige Regler

Bei den unstetigen Reglern sind die Stellgrösse und ihre zeitlichen Ableitungen keine stetigen Funktionen, selbst wenn die Regelgrösse ihrerseits stetig ändert.

411 – Régulateurs à action discontinue

L'action d'un régulateur est discontinue lorsqu'en présence d'une évolution continue de la grandeur réglée, la grandeur de réglage et ses dérivées sont des fonctions discontinues du temps.

Bemerkung:

Unstetige Regler können unter gewissen Bedingungen in quasistetiger Weise gleichwertige Wirkungen ausüben wie stetige Regler. Zur Beschreibung des Stellgrössenverlaufs sind in diesem Falle zeitliche Mittelwerte der Stellgrösse, der Stellgeschwindigkeit usw. einzuführen. Die in Ziff. 412 festgelegte Einteilung ist damit auch auf die quasistetigen Regler anwendbar.

Aus der Vielzahl von unstetigen Reglern werden im folgenden vier praktisch wichtige Arten herausgegriffen, deren Bezeichnung festgelegt und ihre wichtigsten Kenngrössen definiert. Die Einteilung stützt sich dabei nicht ausschliesslich auf das Übertragungsverhalten des ganzen Reglers, sondern gegebenenfalls auf dasjenige seiner charakteristischen unstetigen Elemente.

Es ist bezeichnend für die komplizierten Verhältnisse, die bei der Klassifikation von unstetigen Reglern auftreten, dass solche Regler öfters auch mehreren der unter Ziffer 411.2...411.5 aufgeführten Kategorien zugleich zugeordnet werden können, wobei keineswegs widersprechende Aussagen gemacht werden (siehe Beispiele am Schluss des Kapitels 4).

411.1 – Einige Kenngrössen unstetiger Regler

Die im folgenden definierten Kenngrössen gelten für jene Arten unstetiger Regler, welche mindestens ein Schaltorgan enthalten. Unter Schaltorgan versteht man dabei ein Element, das einen Energiefluss entweder sperrt oder freigibt.

411.11 – Impulsdauer

Die Zeit, während welcher ein Schaltorgan den Energiefluss ununterbrochen freigibt, wird als Impulsdauer bezeichnet.

411.12 – Aussetzdauer

Die Zeit, während welcher ein Schaltorgan den Energiefluss ununterbrochen sperrt, wird als Aussetzdauer bezeichnet.

411.13 – Impulsabstand

Unter Impulsabstand versteht man die Zeit, welche zwischen dem Beginn zweier aufeinander folgender Impulse verstreicht. Der Impulsabstand ist gleich der Summe von Impulsdauer und Aussetzdauer.

411.14 – Einschaltverhältnis

Der Quotient, gebildet aus Impulsdauer und Impulsabstand, wird als Einschaltverhältnis bezeichnet.

411.2 – Zweipunkt-Regler, Mehrpunkt-Regler

Unstetige Regler, deren Stellgrösse nur zwei bestimmte Werte annehmen kann, sind Zweipunkt-Regler.

Damit die regeltechnischen Eigenschaften dieser Reglerart auch wirklich vorhanden sind, müssen die beiden Werte der Stellgrösse über eine Zeitdauer gehalten werden, welche gross ist im Vergleich zur Dauer des Überganges von einem Wert zum anderen. — Der Auf-Zu-Regler gehört zu den Zweipunkt-Reglern.

Bei den Mehrpunkt-Reglern kann die Stellgrösse mehrere bestimmte Werte annehmen. Im übrigen gilt das bei den Zweipunkt-Reglern Gesagte, da zwischen zwei benachbarten Werten der Stellgrösse Mehrpunkt-Regler wie Zweipunkt-Regler arbeiten.

411.21 – Schaltpunkt

Der Wert der Regelgrösse, bei welchem ein Zweipunkt-Regler vom einen Wert der Stellgrösse auf den andern schaltet, wird als Schaltpunkt bezeichnet.

Bei der experimentellen Bestimmung des Schaltpunktes muss die Regelgrösse so langsam geändert werden, dass die Trägheit des Messorganes ohne Einfluss bleibt. Ferner ist die Wirkung allfälliger Korrekturorgane auszuschalten.

Wenn das Umschalten nicht in beiden Richtungen beim gleichen Wert der Regelgrösse erfolgt, spricht man vom oberen und vom unteren Schaltpunkt.

Remarque:

Sous certaines conditions, il est possible d'assimiler les effets quasi continus d'un régulateur à action discontinue à ceux d'un régulateur à action continue. Dans l'évolution de la grandeur de réglage, il y a alors lieu de considérer des valeurs moyennes de la dite grandeur, de sa vitesse de variation, etc. La classification établie sous chiffre 412 est ainsi applicable à des régulateurs à action quasi continue.

Parmi les nombreux régulateurs à action discontinue, quatre genres d'entre eux particulièrement importants seront retenus et définis ci-dessous, ainsi que leurs grandeurs caractéristiques essentielles. Dans ce sens, leur classification ne tiendra pas uniquement compte du comportement au transfert du régulateur considéré comme un tout, mais selon les cas de celui de ses éléments caractéristiques à action discontinue.

Eu égard à l'interprétation délicate des particularités sur lesquelles est basée la classification des régulateurs à action discontinue, de tels régulateurs peuvent dans bien des cas être rattachés à plus d'un des modes d'action définis sous chiffres 411.2...411.5; ceci ne doit en aucune façon être considéré comme un inconvénient (voir les exemples donnés à la fin du chapitre 4).

411.1 – Quelques grandeurs caractéristiques des régulateurs à action discontinue

Les grandeurs caractéristiques ci-dessous définies interviennent pour tous les régulateurs à action discontinue comprenant au moins un organe de commutation. Par organe de commutation, on entend ici un élément qui ou bien établit ou bien interrompt un flux d'énergie.

411.11 – Durée d'impulsion

La durée d'impulsion est le temps pendant lequel l'organe de commutation établit, d'une façon continue, le flux d'énergie.

411.12 – Durée de repos

La durée de repos est le temps pendant lequel l'organe de commutation interrompt, d'une façon continue, le flux d'énergie.

411.13 – Intervalle des impulsions

L'intervalle des impulsions est le temps qui s'écoule entre le début de deux impulsions consécutives. Il est égal à la somme de la durée d'impulsion et de la durée de repos.

411.14 – Proportion d'impulsions

La proportion d'impulsions est le rapport entre la durée d'impulsion et l'intervalle des impulsions.

411.2 – Régulateurs à action à deux échelons ou à échelons multiples

Dans le mode d'action à deux échelons, la grandeur de réglage ne peut prendre que deux valeurs déterminées.

Toutefois, pour que ce mode d'action existe réellement, il faut que le temps pendant lequel la grandeur de réglage demeure à l'une ou l'autre de ces deux valeurs, soit grand par rapport au temps nécessaire pour la faire passer de l'une à l'autre de ces valeurs. — L'action par tout ou rien est une action à deux échelons.

Dans le mode d'action à échelons multiples, la grandeur de réglage ne peut prendre qu'un certain nombre de valeurs déterminées. Toutefois, pour que ce mode d'action existe réellement, la remarque faite au sujet du mode d'action à deux échelons reste valable, puisque entre deux valeurs voisines de la grandeur de réglage l'action à échelons multiples est une action à deux échelons.

411.21 – Valeur de commutation

Dans le mode d'action à deux échelons, la valeur de commutation de la grandeur réglée est celle pour laquelle la grandeur de réglage passe d'une de ses deux valeurs à l'autre.

Lors de sa détermination expérimentale, la lenteur de la variation de la grandeur réglée doit être telle que l'inertie de l'organe de mesure demeure sans influence. Il y a en outre lieu d'éliminer toute action d'un organe correcteur éventuel.

Lorsque le passage de la grandeur de réglage d'une de ses deux valeurs à l'autre n'a pas lieu dans les deux sens pour la même valeur de la grandeur réglée, il existe une valeur de commutation supérieure et une valeur de commutation inférieure.

411.22 – Schaltdifferenz

Der Abstand zwischen oberem und unterem Schaltpunkt wird Schaltdifferenz genannt.

411.3 – Zweilauf-Regler, Mehrlauf-Regler

Unstetige Regler, deren Stellgrösse jeden beliebigen Wert, deren Stellgeschwindigkeit jedoch ausser Null nur zwei bestimmte Werte mit notwendigerweise entgegengesetzten Vorzeichen annehmen kann, sind Zweilauf-Regler.

Bei den Mehrlauf-Reglern weist die Stellgeschwindigkeit mehrere bestimmte Werte auf; mindestens einer davon muss den andern im Vorzeichen entgegengesetzt sein.

411.31 – Neutrale Zone

Mit neutraler Zone bezeichnet man jenen Bereich der Regelgrösse, innerhalb welchem die Stellgeschwindigkeit Null bleiben kann.

Wenn der Übergang von einem Wert der Stellgeschwindigkeit auf einen andern nicht in beiden Richtungen für den gleichen Wert der Regelgrösse erfolgt, spricht man wie bei den Zweipunktreglern von einer Schaltdifferenz. Die um den Betrag der Schaltdifferenz verminderte neutrale Zone wird häufig Schaltabstand genannt (siehe Fig. 10).

Bei der experimentellen Bestimmung der hier aufgezählten Kenngrössen muss die Regelgrösse so langsam geändert werden, dass die Trägheit des Messorgans ohne Einfluss bleibt. Ferner ist die Wirkung allfälliger Korrekturorgane auszuschalten.

411.22 – Fourchette

La fourchette est la différence entre les valeurs de commutation supérieure et inférieure.

411.3 – Régulateurs à action à deux rapidités ou à rapidités multiples

Dans le mode d'action à deux rapidités, la grandeur de réglage peut prendre toutes les valeurs comprises entre deux limites, mais sa vitesse de variation ne peut prendre, à part la valeur nulle, que deux valeurs constantes déterminées obligatoirement de signes opposés.

Dans le mode d'action à rapidités multiples, la vitesse de variation de la grandeur de réglage peut prendre plusieurs valeurs déterminées dont une au moins est de signe opposé aux autres.

411.31 – Encadrement

L'encadrement comprend la gamme des valeurs de la grandeur réglée pour lesquelles la vitesse de variation de la grandeur de réglage peut demeurer nulle.

Lorsque le passage de la vitesse de variation de la grandeur de réglage d'une valeur à une autre n'a pas lieu dans les deux sens pour la même valeur de la grandeur réglée, il existe comme dans le cas de l'action à deux échelons, une fourchette. Le terme d'écart déclenchement-enclenchement est parfois utilisé pour désigner la différence entre l'encadrement et la fourchette (voir fig. 10).

Lors de la détermination expérimentale de l'encadrement, comme de la fourchette, la lenteur de la variation de la grandeur réglée doit être telle que l'inertie de l'organe de mesure demeure sans influence. Il y a en outre lieu d'éliminer toute action d'un organe correcteur éventuel.

Fig. 10

Kenngrössen des Zweilauf-Reglers

x_r Regelgrösse
$\dot{x}_a$ Stellgeschwindigkeit

Δx_{rn} neutrale Zone
Δx_{rd} Schaltdifferenz
Δx_{ra} Schaltabstand

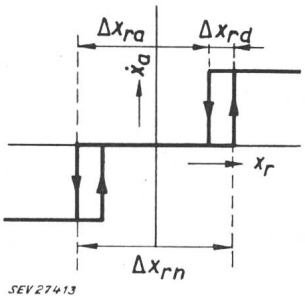


Fig. 10

Grandeurs caractéristiques du régulateur à action à deux rapidités

x_r Grandeur réglée
$\dot{x}_a$ Vitesse de variation de la grandeur de réglage
Δx_{rn} Encadrement
Δx_{rd} Fourchette
Δx_{ra} Ecart déclenchement-enclenchement

411.4 – Schrittregler

Unstetige Regler, bei welchen die Stellgrösse jeden Wert annehmen kann, die Änderung der Stellgrösse jedoch nur in Schritten erfolgt, welche voneinander durch Stillstandszeiten des Stellorgans getrennt werden, sind Schrittregler. Dabei werden grössere Änderungen der Stellgrösse in einer Richtung jeweils in einer Folge von Schritten durchlaufen.

Bei den Schrittreglern kann das Einschaltverhältnis entweder nur bestimmte feste Werte oder jeden beliebigen Wert annehmen; nach diesem Merkmal lässt sich eine weitergehende Unterteilung durchführen.

411.5 – Tastregler

Unstetige Regler werden Tastregler genannt, wenn sie ein Tastelement enthalten. Ein Tastelement ist ein Schaltorgan, durch welches nur zu bestimmten, in festem Abstand aufeinanderfolgenden Zeitpunkten (Impulsabstand) eine Übertragung seiner Eingangsgrösse auf seinen Ausgang freigegeben wird. Der Wert der Ausgangsgrösse wird dabei durch den zu Beginn der Tastung vorhandenen momentanen Wert der Eingangsgrösse bestimmt und für eine konstante Impulsdauer festgehalten; nachher geht die Ausgangsgrösse auf Null zurück, bis nach Ablauf der Aussetzdauer die nächste Tastung einsetzt.

Das Tastelement kann sich in der Reihe der Elemente, welche einen Regler bilden, an jeder beliebigen Stelle befinden und dadurch ganz verschiedenartige Wirkungen auf das Übertragungsverhalten des Reglers ausüben.

411.4 – Régulateurs à action pas à pas

Dans le mode d'action pas à pas, la grandeur de réglage peut prendre toutes les valeurs comprises entre deux limites, mais elle n'est modifiée que par paliers; à chacun de ces paliers l'organe de réglage demeure un certain temps (durée de repos) immobile. Il s'ensuit qu'une variation importante, dans un sens, de la grandeur de réglage, s'effectue en fonction du temps, selon une loi en escalier.

Avec ce mode d'action la proportion d'impulsions peut avoir soit uniquement des valeurs constantes déterminées, soit des valeurs variant d'une façon appropriée. Selon cette remarque, une sous-classification plus étendue pourrait être établie.

411.5 – Régulateurs à action intermittente

Un régulateur à action intermittente comprend toujours un relais d'intermittence, à savoir un organe de commutation qui établit le transfert entre sa grandeur d'entrée et sa grandeur de sortie, seulement à des instants successifs, séparés les uns des autres par un intervalle de temps constant (intervalle des impulsions). La valeur de la grandeur de sortie est dès lors chaque fois déterminée par la valeur instantanée de la grandeur d'entrée existant au début d'une intermittence; elle est maintenue pendant la durée d'impulsion également constante, puis elle s'annule pendant une durée de repos jusqu'au début d'une nouvelle intermittence.

Dans la série des éléments constituant le régulateur, le relais d'intermittence peut au choix occuper une place quelconque. Il peut de ce fait exercer sur le comportement au transfert du régulateur des effets tout différents.

412 – Stetige Regler

Bei den stetigen Reglern sind die Stellgrösse und ihre zeitlichen Ableitungen stetige Funktionen, vorausgesetzt, dass die Regelgrösse selbst stetig ändert.

412.1 – Nichtlineare stetige Regler

Stetige Regler, deren Übertragungsverhalten nur durch eine nichtlineare Differentialgleichung dargestellt werden kann, sind nichtlinear.

Nichtlineare stetige Regler können oft für genügend kleine Ausschläge als linear betrachtet werden. Die Einteilung nach Ziff. 412.2 ist auf solche quasilineare stetige Regler ebenfalls anwendbar.

412.2 – Lineare stetige Regler

Stetige Regler, deren Übertragungsverhalten durch eine lineare Differentialgleichung dargestellt werden kann, sind linear.

Bemerkung:

Die folgende Einteilung der linearen stetigen Regler erfolgt auf Grund des Zuordnungsgesetzes, welches ein Regler zwischen der Regelabweichung oder einer zeitlichen Funktion derselben einerseits und der Stellgrösse andererseits verwirklicht, wenn die Regelgrösse sich ändert.

Für die Anwendung dieser Einteilung in der Praxis muss beachtet werden, dass sie ein idealisiertes Übertragungsverhalten des Reglers voraussetzt. Regelunempfindlichkeit und ungewollte zeitliche Verzögerungen im Regler werden nicht berücksichtigt, wobei die zweite dieser Vereinfachungen nur dann zulässig ist, wenn der Regelvorgang genügend langsam abläuft, was natürlich von den Eigenschaften der geregelten Anlage abhängt.

Auf diese Weise, d. h. je nachdem, ob die erwähnten zeitlichen Verzögerungen vernachlässigbar sind oder nicht, wird die Klassifikation der Regler von den Anlage-Eigenschaften her beeinflusst. Es ist durchaus möglich, dass ein bestimmter Regler verschieden klassifiziert werden muss, wenn man verschiedene Anwendungsfälle vergleicht. In einigen Fällen wird es sogar unmöglich sein, das hier gegebene Einteilungsprinzip anzuwenden.

Trotz der gemachten Einschränkungen behält die folgende Einteilung ihren Wert, weil eben die Praxis zeigt, dass in sehr vielen Fällen die erwähnten Vernachlässigungen zulässig sind. Um Unklarheiten zu vermeiden, war jedoch der Hinweis auf die der Einteilung zu Grunde liegenden Vereinfachungen notwendig.

412.21 – Proportionalregler

Bei den Proportionalreglern ist jedem Wert der Regelabweichung ein bestimmter Wert der Stellgrösse zugeordnet. Man nennt diese Regler abgekürzt auch P-Regler.

412.211 – Proportionalbereich

Der Proportionalbereich x_p eines P-Reglers ist gleich der Differenz zwischen den zwei Werten der Regelgrösse, welchen der kleinste und der grösste Wert der Stellgrösse zugeordnet ist.

Bemerkung:

Bei nichtlinearen Reglern ist der Begriff des Proportionalbereiches nicht ausreichend (siehe Fig. 11). Bei der Behandlung als quasilineare Regler wird dann besser der Begriff des Übertragungsfaktors des Reglers (siehe Ziff. 313.5) oder jener des relativen Übertragungsfaktors (siehe Ziff. 412.212) verwendet.

412.212 – Relativer Übertragungsfaktor

Der relative Übertragungsfaktor eines P-Reglers wird aus seinem Übertragungsfaktor berechnet, welcher sich nach Ziff. 313.5 ergibt, wenn man als Eingangsgrösse die Regelgrösse, als Ausgangsgrösse die Stellgrösse setzt. Die Umrechnung geschieht dadurch, dass man die Stellgrössenänderung auf ihr Maximum und die Regelgrössenänderung auf einen festen Bezugswert, beispielsweise den Einstellwert, bezieht (siehe Fig. 11).

412 – Régulateurs à action continue

L'action d'un régulateur est continue lorsqu'en présence d'une évolution continue de la grandeur réglée, la grandeur de réglage et ses dérivées sont des fonctions continues du temps.

412.1 – Régulateurs à action continue non linéaire

L'action continue d'un régulateur est non linéaire lorsque son comportement au transfert ne peut se traduire que par une équation différentielle non linéaire.

Dans le domaine des petits écarts, une action continue non linéaire peut souvent être assimilée à une action continue linéaire. La classification établie sous chiffre 412.2 est ainsi applicable à des régulateurs à action continue quasi linéaire.

412.2 – Régulateurs à action continue linéaire

L'action continue d'un régulateur est linéaire lorsque son comportement au transfert peut se traduire par une équation différentielle linéaire.

Remarque:

La classification qui suit est basée sur le genre de corrélation que le régulateur établit, en présence d'une variation de la grandeur réglée, entre l'écart de réglage de cette grandeur ou une fonction temporelle du dit écart d'une part et la valeur de la grandeur de réglage d'autre part.

En vue des applications de cette classification à la pratique, il est essentiel de remarquer qu'elle exige le recours à certaines hypothèses simplificatrices. L'insensibilité du régulateur et les régimes transitoires non désirés, auxquels il peut être soumis, doivent être négligés. Cette dernière simplification n'est admissible que si l'évolution du processus de réglage est relativement assez lente, condition dont la réalisation dépend naturellement des caractéristiques de l'installation réglée.

Ainsi donc, selon que tel régime transitoire est ou non négligeable, la classification du régulateur peut être modifiée. En d'autres termes, suivant ses conditions d'emploi, un régulateur déterminé est susceptible d'être classé différemment. Il peut même se faire que pour certains régulateurs, la classification soit impossible.

Toutefois, comme malgré ces réserves la classification en question est applicable à de nombreux cas de la pratique, elle conserve sa raison d'être. Il suffit de ne pas perdre de vue les hypothèses simplificatrices sur lesquelles elle est basée.

412.21 – Régulateurs P — Corrélation de proportion

Avec ce genre de corrélation, à chaque valeur de l'écart de réglage de la grandeur réglée correspond une valeur déterminée de la grandeur de réglage. On dit alors en abrégé qu'il s'agit d'un régulateur P.

412.211 – Domaine de la corrélation de proportion

L'étendue du domaine de la corrélation de proportion x_p est égale à la différence entre les deux valeurs de la grandeur réglée correspondant l'une à la valeur minimale, l'autre à la valeur maximale de la grandeur de réglage.

Remarque:

Dans le cas de régulateurs à action non linéaire, l'étendue du domaine de la corrélation de proportion n'est pas une notion déterminante (voir fig. 11). En vue d'une assimilation à des régulateurs quasi linéaires il est alors préférable de considérer soit le facteur de transfert du régulateur (voir chiffre 313.5), soit son facteur relatif de transfert (voir chiffre 412.212).

412.212 – Facteur relatif de transfert

Le facteur relatif de transfert d'un régulateur P se déduit de son facteur de transfert défini sous chiffre 313.5, les grandeurs d'entrée et de sortie étant respectivement la grandeur réglée et la grandeur de réglage. A cette fin, la variation de la grandeur de réglage doit être rapportée à sa valeur maximale et la variation de la grandeur réglée à une valeur de référence, qui peut par exemple être choisie égale à la valeur de consigne (voir fig. 11).

Fig. 11

Zuordnung von Regelgrösse und Stellgrösse bei einem P-Regler

x_r Regelgrösse
x_a Stellgrösse
x_d Einstellwert der Regelgrösse

x_p Proportionalbereich
$x_p = x_{r1} - x_{r2}$

1 linearer P-Regler
2 nichtlinearer P-Regler

Übertragungsfaktor des Reglers:

$$K_{ar} = \Delta x_a / \Delta x_r$$

Relativer Übertragungsfaktor:

$$\varkappa_{ar} = \frac{\Delta x_a / (x_{a\,max} - x_{a\,min})}{\Delta x_r / x_d}$$

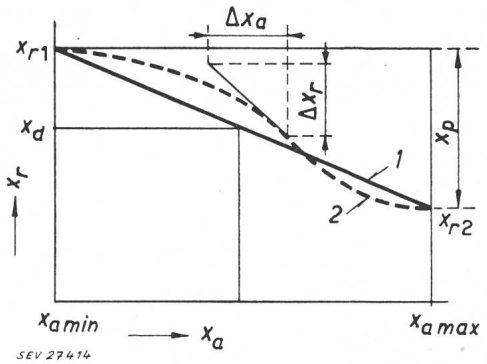


Fig. 11

Corrélation de proportion d'un régulateur P

x_r Grandeur réglée
x_a Grandeur de réglage
x_d Valeur de consigne de la grandeur réglée
x_p Domaine de la corrélation de proportion:
$x_p = x_{r1} - x_{r2}$

1 Régulateur P à action linéaire
2 Régulateur P à action non linéaire

Facteur de transfert statique du régulateur:

$$K_{ar} = \Delta x_a / \Delta x_r$$

Facteur relatif de transfert du régulateur:

$$\varkappa_{ar} = \frac{\Delta x_a / (x_{a\,max} - x_{a\,min})}{\Delta x_r / x_d}$$

Übertragungsfaktor und relativer Übertragungsfaktor sind bei linearen P-Reglern Konstanten, d. h. vom Wert der Stellgrösse unabhängig.

412.22 – Integralregler

Bei den Integralreglern ist jedem Wert des zeitlichen Integrals der Regelabweichung eine bestimmte Änderung der Stellgrösse zugeordnet. Mit andern Worten: Jedem Wert der Regelabweichung entspricht eine bestimmte Änderungsgeschwindigkeit der Stellgrösse. Man nennt diese Regler abgekürzt auch I-Regler.

412.221 – Integralfaktor, relativer Integralfaktor

Der Quotient, gebildet aus der Änderungsgeschwindigkeit der Stellgrösse und der sie erzeugenden Regelabweichung, heisst Integralfaktor. Er wird angegeben in

$$\frac{\text{Einheiten der Stellgrösse}}{\text{Einheiten der Regelgrösse} \times \text{Einheiten der Zeit}}$$

Bezieht man die Stellgrössenänderung auf ihr Maximum und die Regelabweichung auf einen festen Bezugswert, z. B. auf den Einstellwert, so erhält man den relativen Integralfaktor, dessen Reziprokwert als Zeitkenngrösse verwendet wird.

Bemerkung:

Solche Zeitkenngrössen sind z. B. auf dem Gebiet der Drehzahlregelung von Wasserturbinen (Reaktionszeit) und der Druckregelung (Schlusszeit) gebräuchlich.

412.23 – Differentialregler

Bei den Differentialreglern ist jedem Wert der zeitlichen Ableitung der Regelabweichung eine bestimmte Änderung der Stellgrösse zugeordnet. Man nennt diese Regler abgekürzt auch D-Regler. Sie treten in der Praxis nur als Teil eines mehrfachwirkenden Reglers auf (siehe Ziff. 412.24).

412.231 – Differentialfaktor, relativer Differentialfaktor

Der Quotient, gebildet aus der Stellgrössenänderung und der sie erzeugenden Änderungsgeschwindigkeit der Regelabweichung, heisst Differentialfaktor. Er wird angegeben in:

$$\frac{\text{Einheiten der Stellgrösse} \times \text{Einheiten der Zeit}}{\text{Einheiten der Regelgrösse}}$$

Bezieht man die Stellgrössenänderung auf ihr Maximum und die Regelabweichung auf einen festen Bezugswert, z. B. auf den Einstellwert, so erhält man den relativen Differentialfaktor. Er hat die Dimension einer Zeit.

Le facteur de transfert d'un régulateur P à action linéaire est constant, quelle que soit la valeur de la grandeur de réglage; c'est aussi le cas du facteur relatif de transfert.

412.22 – Régulateurs I — Corrélation d'intégrale

Avec ce genre de corrélation, à chaque valeur de l'intégrale, par rapport au temps, de l'écart de réglage de la grandeur réglée, correspond une valeur déterminée de la variation de la grandeur de réglage. En d'autres termes, à chaque valeur de l'écart de réglage de la grandeur réglée correspond une valeur déterminée de la vitesse de variation de la grandeur de réglage. On dit alors en abrégé qu'il s'agit d'un régulateur I.

412.221 – Facteur et facteur relatif de corrélation d'intégrale

Le facteur de corrélation d'intégrale est le rapport entre la vitesse de variation de la grandeur de réglage et l'écart de réglage de la grandeur réglée qui la produit. Ce facteur s'exprime en:

$$\frac{\text{Unités de la grandeur de réglage}}{\text{Unités de la grandeur réglée} \times \text{Unités de temps}}$$

Si la grandeur de réglage est rapportée à sa valeur maximale et la grandeur réglée à une valeur de référence, par exemple sa valeur de consigne, le rapport ci-dessus défini devient le facteur relatif de corrélation d'intégrale dont la valeur inverse est utilisée comme temps caractéristique.

Remarque:

Un temps caractéristique de ce genre est par exemple employé dans le domaine du réglage de vitesse: c'est le temps caractéristique de la promptitude.

412.23 – Régulateurs D — Corrélation de dérivée

Avec ce genre de corrélation à chaque valeur de la dérivée, par rapport au temps, de l'écart de réglage de la grandeur réglée, correspond une valeur déterminée de la variation de la grandeur de réglage. On dit alors en abrégé qu'il s'agit d'un régulateur D. Ce genre de corrélation n'intervient en pratique que comme partie de corrélations multiples (voir chiffre 412.24).

412.231 – Facteur et facteur relatif de corrélation de dérivée

Le facteur de corrélation de dérivée est le rapport entre la variation de la grandeur de réglage et la vitesse de variation de la grandeur réglée qui la produit. Ce facteur s'exprime en:

$$\frac{\text{Unités de la grandeur de réglage} \times \text{Unités de temps}}{\text{Unités de la grandeur réglée}}$$

Si la grandeur de réglage est rapportée à sa valeur maximale et la grandeur réglée à une valeur de référence, par exemple sa valeur de consigne, le rapport ci-dessus défini devient le facteur relatif de corrélation de dérivée qui est homogène à un temps.

412.24 – Mehrfachwirkende Regler

Bei den mehrfachwirkenden Reglern ist die Änderung der Stellgrösse gleich der Summe der Änderungen, welche die in einem Regler zusammengefassten Einfachregler erzeugen.

Mehrfachwirkende Regler sind z. B. (siehe auch Tabelle II in Kapitel 3):

der Proportional-Integral-Regler (PI-Regler),

der Proportional-Differential-Regler (PD-Regler),

der Proportional-Integral-Differential-Regler (PID-Regler).

Während bei den P-Reglern (siehe Ziff. 412.21) im Beharrungszustand eine feste Zuordnung zwischen Regelabweichung und Stellgrösse besteht, verschwindet diese bei den PI- und PID-Reglern gleich wie bei den I-Reglern. Deshalb wird bei solchen Reglern im Beharrungszustand die Regelabweichung zu Null, unabhängig vom Wert der Stellgrösse. Manchmal ist es jedoch erwünscht, dass trotz der Verwendung eines mehrfachwirkenden Reglers mit Integralteil der Sollwert von der Stellgrösse abhängig ist, z. B. zur Lastverteilung bei parallellaufenden Kraftmaschinen. Dies kann durch geeignete Kombination mit einem weiteren Proportionalteil erzielt werden. Ein I- oder PI- oder PID-Regler kann so umgewandelt werden in einen I + P- oder PI + P- oder PID + P-Regler.

412.241 – Proportionalbereich eines mehrfachwirkenden Reglers

Der Proportionalbereich eines mehrfach wirkenden Reglers ist durch jenen seines isolierten Proportionalteils bestimmt. Der Proportionalbereich eines mehrfachwirkenden Reglers mit Integralteil wird als vorübergehender Proportionalbereich bezeichnet. Bei mehrfachwirkenden Reglern mit Integralteil und zusätzlicher P-Zuordnung sind zwei Proportionalbereiche zu unterscheiden, nämlich der vorübergehende und der bleibende.

Analoges gilt für den Übertragungsfaktor und den relativen Übertragungsfaktor eines mehrfachwirkenden Reglers.

412.242 – Integralfaktor eines mehrfachwirkenden Reglers

Der Integralfaktor eines mehrfachwirkenden Reglers ist durch jenen seines isolierten Integralteils bestimmt.

412.243 – Nachstellzeit eines mehrfachwirkenden Reglers

Die Nachstellzeit T_i [1]) eines mehrfachwirkenden Reglers, der zumindest einen Proportionalteil und einen Integralteil aufweist, ist die Zeit, welche bei konstanter Regelabweichung verstreicht, bis die Stellgrösse unter dem Einfluss des Integralteils sich um den gleichen Betrag geändert hat, wie ihn der Proportionalteil allein erzeugt (siehe Kapitel 3, Tabelle II, 3. Zeile).

412.244 – Differentialfaktor eines mehrfachwirkenden Reglers

Der Differentialfaktor eines mehrfachwirkenden Reglers ist gleich jenem seines isolierten Differentialteils.

[1]) Im deutschen Normblatt DIN 19226 werden für die Nachstellzeit das Symbol T_n und für die Vorhaltzeit das Symbol T_v verwendet. Die mit der Ausarbeitung von Buchstabensymbolen für die Regelungstechnik beauftragte Unterkommission des FK 25, Buchstabensymbole und Zeichen, des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees (CES) hat den Bezeichnungen T_i und T_d im Hinblick auf die bessere internationale Verständlichkeit den Vorrang gegeben.

412.24 – Régulateurs à corrélations multiples

Lorsque le régulateur établit des corrélations multiples, le changement de valeur de la grandeur de réglage est égal à la somme des changements que chacune des corrélations aurait isolément provoqués.

Des exemples de régulateurs établissant des corrélations multiples sont (voir aussi Tableau II, chapitre 3):

le Régulateur PI:	Corrélations de proportion et d'intégrale
le Régulateur PD:	Corrélations de proportion et de dérivée
le Régulateur PID:	Corrélations de proportion, d'intégrale et de dérivée.

Tandis que le régulateur P (voir chiffre 412.21) établit en régime d'équilibre une corrélation permanente entre l'écart de réglage de la grandeur réglée et la grandeur de réglage, cette corrélation disparaît dans le cas des régulateurs PI et PID, aussi bien que dans le cas du régulateur I. Pour ces derniers régulateurs, l'écart de réglage de la grandeur réglée est donc nul en régime d'équilibre quelle que soit la valeur de la grandeur de réglage. Il est cependant parfois exigé que malgré l'existence d'une corrélation d'intégrale seule ou parmi d'autres, la valeur prescrite de la grandeur réglée soit fonction de la grandeur de réglage, par exemple en vue de la répartition des charges de machines motrices fonctionnant en parallèle. Ceci peut être obtenu au moyen d'une corrélation additionnelle de proportion. Un régulateur I ou PI ou PID peut être ainsi transformé en un régulateur I + P ou PI + P ou PID + P.

412.241 – Domaine de la corrélation de proportion d'un régulateur à corrélations multiples

Dans le cas d'un régulateur à corrélations multiples, comprenant une corrélation de proportion, le domaine de cette dernière corrélation considérée seule, détermine le domaine de la corrélation de proportion de l'ensemble. Le domaine de la corrélation de proportion d'un régulateur comportant une corrélation d'intégrale, est qualifié de domaine de la corrélation temporaire de proportion. Si le régulateur comprend en plus une corrélation additionnelle de proportion, il y a donc lieu de distinguer deux domaines de corrélation de proportion, celui de la corrélation temporaire et celui de la corrélation permanente.

Il en est de même pour ce qui est du facteur de transfert et du facteur relatif de transfert.

412.242 – Facteur de corrélation d'intégrale d'un régulateur à corrélations multiples

Le facteur de corrélation d'intégrale d'un régulateur à corrélations multiples, est défini par celui de sa corrélation d'intégrale considérée seule.

412.243 – Dosage de la corrélation d'intégrale d'un régulateur à corrélations multiples

Le dosage de la corrélation d'intégrale d'un régulateur à corrélations multiples comprenant au moins une corrélation de proportion et une corrélation d'intégrale, est exprimé par un temps T_i [1]). En présence d'un écart de réglage de la grandeur réglée de valeur constante, T_i est le temps nécessaire pour que la corrélation d'intégrale modifie la grandeur de réglage de la même quantité que la corrélation de proportion (voir Chapitre 3, Tableau II, 3e ligne).

412.244 – Facteur de corrélation de dérivée d'un régulateur à corrélations multiples

Le facteur de corrélation de dérivée d'un régulateur à corrélations multiples est défini par celui de sa corrélation de dérivée considérée seule.

[1]) Les normes allemandes DIN 19226 utilisent le symbole T_n pour le dosage de la corrélation d'intégrale et le symbole T_v pour le dosage de la corrélation de dérivée. La sous-commission du CT 25, Symboles littéraux et signes, du Comité Electrotechnique Suisse (CES), chargée de l'élaboration de signes littéraux pour la technique de réglage, a donné la préférence aux symboles T_i et T_d en vue de faciliter l'unification internationale.

412.245 – Vorhaltzeit eines mehrfachwirkenden Reglers

Die Vorhaltzeit T_d [1]) eines mehrfachwirkenden Reglers, der zumindest einen Proportionalteil und einen Differentialteil aufweist, ist die Zeit, welche bei konstanter Änderungsgeschwindigkeit der Regelabweichung verstreicht, bis die Stellgrösse unter dem Einfluss des Proportionalteils sich um den gleichen Betrag geändert hat, wie ihn der Differentialteil allein erzeugt (siehe Kapitel 3, Tabelle II, 5. Zeile).

42 – Statische und astatische Regler

Betrachtet man eine Reihe von Beharrungszuständen eines Regelkreises, so nennt man den Regler *statisch*, wenn die Beharrungswerte der Regelgrösse von der Stellgrösse eindeutig abhängen. Nimmt dagegen die Regelgrösse nur *einen* Beharrungswert an, unabhängig vom Wert der Stellgrösse, so bezeichnet man den Regler als *astatisch*.

Wie in Ziff. 412.2 wird hier vorausgesetzt, dass keine Regelunempfindlichkeit vorhanden sei.

Bemerkung:

Von den in Ziff. 412.2 klassifizierten Reglern sind statische Regler:

der Proportional-Regler (P-Regler)

der Proportional-Differential-Regler (PD-Regler)

der mehrfachwirkende Regler mit Integralteil und zusätzlicher P-Zuordnung

astatische Regler:

der Integral-Regler (I-Regler)

der Proportional-Integral-Regler (PI-Regler)

der Proportional-Integral-Differential-Regler (PID-Regler)

421 – Statikgesetz

Das Statikgesetz wird bei einem statischen Regler durch die Kurve gegeben, welche den Zusammenhang zwischen den Beharrungswerten von Regelgrösse und Stellgrösse in folgender Weise darstellt:

Die Kurve wird aufgezeichnet, indem man die Stellgrösse in Abszissenrichtung aufträgt und ihr Maximum mit 100 % bezeichnet. In Ordinatenrichtung werden die Beharrungswerte der Regelgrösse aufgetragen, wobei der Einstellwert als Einheit (100 %) gewählt wird.

An Stelle der Stellgrösse kann auch eine davon direkt abhängende Grösse verwendet werden, z. B.:

Stellorgan:	*Stellgrösse:*	*Ersatzgrösse:*
Ventil	hydraulisch wirksamer Querschnitt	bei Bezugsgefälle durchströmende Menge
Leitapparat einer Wasserturbine	hydraulisch wirksamer Querschnitt	bei Bezugsgefälle und Normaldrehzahl entwickelte Leistung

421.1 – Statik (Ersatz für Ziff. 332.1)

Als Statik x_A bezeichnet man die Neigung der Kurve, welche das Statikgesetz beschreibt, wobei das Vorzeichen zu ändern ist. Einer positiven Statik entspricht also eine nach rechts abfallende Kurve.

Wenn das Statikgesetz linear ist, existiert nur ein Wert der Statik.

Bei einem astatischen Regler wird das Statikgesetz durch eine horizontale Gerade gegeben, seine Statik ist somit gleich Null.

421.11 – Lokale Statik

Bei nichtlinearem Statikgesetz hat jeder Beharrungswert der Regelgrösse einen eigenen Wert der Statik, den man als lokale Statik bezeichnet.

412.245 – Dosage de la corrélation de dérivée d'un régulateur à corrélations multiples

Le dosage de la corrélation de dérivée d'un régulateur à corrélations multiples comprenant au moins une corrélation de proportion et une corrélation de dérivée, est exprimée par un temps T_d [1]). En présence d'un écart de réglage de la grandeur réglée variant avec une vitesse constante, T_d est le temps nécessaire pour que la corrélation de proportion modifie la grandeur de réglage de la même quantité que la corrélation de dérivée (voir Chapitre 3, Tableau II, 5e ligne).

42 – Régulateurs statiques et astatiques

En considérant une série de régimes permanents d'un circuit de réglage, on dit que le régulateur est *statique* lorsque la valeur de la grandeur réglée est fonction de celle de la grandeur de réglage. Si, au contraire, la valeur de la grandeur réglée reste la même, quelle que soit celle de la grandeur de réglage, on dit que le régulateur est *astatique*.

Comme pour la classification établie sous chiffre 412.2, ces définitions font abstraction de l'insensibilité du réglage.

Remarque:

Parmi les régulateurs classés sous chiffre 412.2 sont statiques ceux:

à corrélation de proportion (régulateur P)

à corrélations de proportion et de dérivée (régulateur PD)

à corrélations multiples comprenant une corrélation d'intégrale et une corrélation additionnelle de proportion

et sont astatiques ceux:

à corrélation d'intégrale (régulateur I)

à corrélations de proportion et d'intégrale (régulateur PI)

à corrélations de proportion, d'intégrale et de dérivée (régulateur PID)

421 – Caractéristique de statisme

La caractéristique de statisme est la courbe qui traduit, de la façon suivante, la fonction selon laquelle la valeur de régime de la grandeur réglée est liée à celle de la grandeur de réglage:

Cette courbe est tracée en portant en abscisses les valeurs de la grandeur de réglage — la valeur maximale de cette grandeur étant prise pour unité (100 %) — et en ordonnées les valeurs de régime de la grandeur réglée — la valeur de consigne de cette grandeur étant prise pour unité (100 %).

Au lieu de la grandeur de réglage elle-même, on peut choisir une grandeur qui en dépende directement, par exemple:

Organe de réglage:	*Grandeur de réglage:*	*Grandeur de remplacement:*
Vanne	Section libre offerte à l'écoulement	Débit écoulé sous la différence de pression de référence
Vannage d'une turbine hydraulique	Section libre offerte à l'écoulement	Puissance développée sous la différence de pression de référence considérée et à la vitesse de consigne

421.1 – Statisme (Remplace chiffre 332.1)

Le statisme x_A est la pente de la caractéristique de statisme, dont la valeur doit toutefois être changée de signe. Ainsi donc un statisme positif correspond à une caractéristique de statisme d'allure plongeante.

Si la caractéristique de statisme est linéaire, il n'existe qu'une valeur du statisme.

Pour un régulateur astatique, la caractéristique de statisme est une horizontale; son statisme est donc nul.

421.11 – Statisme local

Si la caractéristique de statisme n'est pas linéaire, il existe une valeur du statisme pour chaque régime: c'est le statisme local.

421.12 – Totale Statik

Unter totaler Statik versteht man die Neigung der Geraden, welche die beiden Endpunkte der das Statikgesetz darstellenden Kurve verbindet.

Bemerkung zu Ziffer 421.1:

Bei den nach Ziffer 412.2 klassifizierten und in der Bemerkung zu Ziffer 42 aufgezählten statischen Reglern entspricht die lokale Statik (Ziffer 421.11) dem Reziprokwert des relativen Übertragungsfaktors (Ziffer 412.212), während die totale Statik (Ziffer 421.12) dem auf den Einstellwert bezogenen Proportionalbereich (Ziffer 412.211) gleich ist. Bei den mehrfachwirkenden Reglern mit Integralteil und zusätzlicher P-Zuordnung sind der relative Übertragungsfaktor und der Proportionalbereich des zusätzlichen Proportionalteils allein in Betracht zu ziehen.

In einigen Anwendungsgebieten wird der Ausdruck «vorübergehende Statik» verwendet. Man bezeichnet damit die Statik, welche ein Regler mit nachgebender Rückführung hätte, wenn diese Rückführung starr wäre. Vorübergehende Statik ist somit gleichbedeutend mit dem vorübergehenden Proportionalbereich eines mehrfachwirkenden Reglers (siehe Ziff. 412.241).

422 – Zeitkonstanten statischer und astatischer Regler

Durch das Statikgesetz wird das Verhalten des Reglers nicht vollständig beschrieben. Es ist deshalb im Anwendungsgebiet der Klassifikation nach Ziffer 42 üblich, charakteristische Zeiten als Kenngrössen des Reglers anzugeben (siehe Leitsätze für die Drehzahlregelung von Wasserturbine-Generator-Gruppen, Publ. 0205.1956 des SEV, und Beispiel 3 zu Kapitel 4).

Beispiele zu Kapitel 4

Beispiel 1: Zweilauf-Temperaturregler (Fig. 12)

Im Beispiel 1 zu den Kapiteln 1 und 2 wurde für die Regelung der Zulauftemperatur eines künstlich belüfteten Raumes ein unstetiger Regler eingesetzt, der in etwas vereinfachter Form (unter Weglassung der Kaskadenschaltung) in Fig. 12*a* nochmals schematisch dargestellt sei.

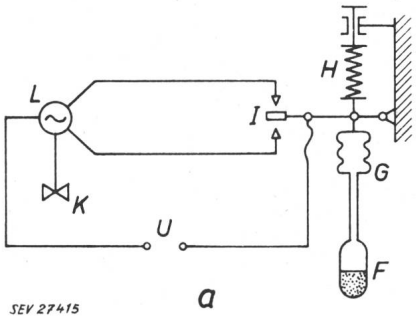


Fig. 12

Zweilauf-Temperaturregler

a vereinfachte Schaltung nach Fig. 4

b Schaltung mit Impulsrelais

F	Temperaturfühler (Verdampfungsfühler)	*K*	Heizventil
G	Metallbalg	*L*	Antriebsmotor zu *K*
H	Einstellfeder	*T*	Tastelement
I	Schalter	*U*	Elektrische Spannung

Wenn am Messort die Temperatur ansteigt, so bewirkt dies eine Erhöhung des Dampfdruckes im Fühler *F*. Das obere Ende des Metallbalges *G* bewegt sich gegen die Kraft der Feder *H* nach oben, und der Schalter *I* schliesst den oberen Kontakt. Dadurch setzt sich der Motor *L* in Bewegung und verstellt das Heizventil *K* in schliessendem Sinne. Umgekehrt wird bei sinkender Temperatur im Schalter *I* der untere Kontakt geschlossen und das Heizventil *K* in öffnendem Sinne bewegt. In einem bestimmten Temperaturbereich um den Sollwert herum ist der Regler in Ruhelage und das Ventil *K* bleibt in der einmal angenommenen Stellung stehen.

421.12 – Statisme total

Le statisme total est alors la pente de la corde joignant les deux extrémités de la caractéristique de statisme.

Remarque relative au chiffre 421.1:

Pour les régulateurs statiques classés sous chiffre 412.2 et énumérés dans la remarque sous chiffre 42, le statisme local (chiffre 421.11) est égal à l'inverse du facteur relatif de transfert (chiffre 412.212), tandis que le statisme total (chiffre 421.12) est égal au domaine de la corrélation de proportion (chiffre 412.211) rapporté à la valeur de consigne de la grandeur réglée. Pour les régulateurs à corrélations multiples avec corrélation d'intégrale et corrélation additionnelle de proportion, seuls sont à considérer le facteur relatif de transfert et le domaine de corrélation de proportion de la dite corrélation additionnelle.

Dans certains domaines d'application du réglage, on utilise le terme de statisme temporaire. C'est le statisme qu'aurait un régulateur doté d'un asservissement glissant (temporaire), si cet asservissement était rendu rigide (permanent). Le statisme temporaire correspond dès lors au domaine de la corrélation temporaire de proportion d'un régulateur à corrélations multiples (voir chiffre 412.241).

422 – Constantes de temps des régulateurs statiques et astatiques

La caractéristique de statisme ne suffit évidemment pas à déterminer entièrement le comportement d'un régulateur. Dans le domaine d'application de la classification selon chiffre 42, il est donc nécessaire de définir certaines constantes de temps comme grandeurs caractéristiques (voir Recommandations au sujet du réglage de vitesse des groupes turbine hydraulique-alternateur, Publ. 0205.1956 de l'ASE, et Exemple 3 du Chapitre 4).

Exemples pour le chapitre 4

Exemple 1: Régulateur de température à action à deux rapidités (fig. 12)

L'exemple 1 des chapitres 1 et 2 concerne le réglage de la température de l'air d'alimentation pour la ventilation artificielle d'un local, au moyen d'un régulateur à action discontinue dont le schéma est reproduit à la Fig. 12*a* sous une forme simplifiée (en laissant de côté le montage en cascade).

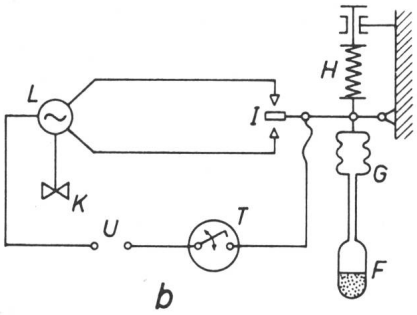


Fig. 12

Régulateur de température à action à deux rapidités

a Schéma simplifié selon fig. 4

b Schéma comprenant un relais d'intermittence

F	Bulbe de la sonde thermométrique à pression de vapeur	*K*	Vanne de réchauffage
G	Capsule métallique	*L*	Moteur d'entraînement de *K*
H	Ressort d'ajustement	*T*	Relais d'intermittence
I	Interrupteur	*U*	Tension électrique

Une élévation de la température au lieu de mesure provoque une augmentation de la pression de vapeur dans le bulbe *F* et dans la capsule métallique *G*. Il en résulte un effort qui surmonte celui du ressort antagoniste *H* et qui déplace vers le haut l'extrémité supérieure de la capsule métallique *G*. L'interrupteur *I* ferme son contact supérieur et le moteur *L* se met en conséquence en mouvement en manœuvrant la vanne de réchauffage *K* dans le sens de la fermeture. Inversément, une baisse de la température amène l'interrupteur *I* à fermer son contact inférieur et la vanne de réchauffage *K* est manœuvrée dans le sens de l'ouverture. Dans une certaine gamme

Aus dieser Beschreibung der Funktionsweise ist sofort zu ersehen, dass es sich bei diesem Regler um einen *unstetigen Regler* (411) handelt, da die Stellgeschwindigkeit in unstetiger Weise ändert, wenn die Regelgrösse sich mit der Zeit stetig ändert. Das Ventil *K* bewegt sich entweder mit konstanter Geschwindigkeit auf, bleibt stehen, oder bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit zu; man hat es also mit einem *Zweilauf-Regler* (411.3) zu tun. Seine Kenngrössen sind entsprechend Fig. 10 festgelegt, wobei als Regelgrösse x_r die Temperatur beim Fühler *F*, als Stellgrösse x_a die hydraulisch wirksame Öffnung des Heizventils *K* zu nehmen ist.

Sehr oft werden derartige Regler zur Herabsetzung der Stellgeschwindigkeit (Anpassung an das Übertragungsverhalten der geregelten Anlage) mit einem Tastelement ergänzt, was beispielsweise auf die in Fig. 12*b* angegebene Weise geschehen kann.

Ein solches Relais schliesst in periodischer Folge seinen Kontakt für eine (meist einstellbare) Zeitdauer, wodurch das Heizventil *K* vom Antriebsmotor *L* nur noch impulsweise verstellt wird, wenn der Schalter *I* eine Verstellung verlangt. Damit ist der Regler zu einem *Tastregler* (411.5) geworden, dessen Kenngrössen — Impulsdauer (411.11), Aussetzdauer (411.12), Impulsabstand (411.13) und Einschaltverhältnis (411.14) — durch Konstruktion und Einstellung des Tastelementes *T* bestimmt sind. Da weiterhin ausser Null nur zwei im Vorzeichen entgegengesetzte Stellgeschwindigkeiten vorhanden sind, bleiben die Klassifikationsmerkmale des Zweilauf-Reglers bestehen. Gleichzeitig gehört der hier beschriebene Regler zu den *Schrittreglern* mit festem Einschaltverhältnis (411.4) und kann deshalb nicht als quasistetiger Regler behandelt werden.

Beispiel 2: Zweipunkt-Temperaturregler (Fig. 13)

Zur Aufrechterhaltung eines bestimmten verlangten Wertes der Temperatur in einem beheizten Raum, welche somit die Regelgrösse darstellt, wird dem Raum durch den Heizkörper *HK* Heizwärme zugeführt. Die Erzeugung der Heizwärme erfolgt im Warmwasser-Kessel *WK* mittels des Ölbrenners *OB*. Die geregelte Anlage umfasst die Raumluft, das Mauerwerk *MW* des beheizten Raumes, den Heizkörper *HK*, den Warmwasserkessel *WK*, die Warmwasserleitungen *WL* zwischen diesen beiden und den Ölbrenner *OB*.

Der Raumtemperatur-Regler *RR*, der als Messorgan einen Bimetall-Fühler *BM* aufweist, schaltet mit seinen Kontakten *SK* den Erregerstrom eines Relais *R* im Ölfeuerungsautomaten ein und aus, um den durch eine Einstellschraube *ES* bestimmten Sollwert. Die Kontakte dieses als Stellorgan wirkenden Relais schalten ihrerseits den Speisestrom zu den Motoren der Ölpumpe und des Verbrennungsluft-Ventilators ebenfalls ein und aus. Die Regeleinrichtung besteht aus dem Temperaturregler *RR* und dem Relais *R*.

Die Spannung an den Motoren, welche die Stellgrösse darstellt, kann nur zwei bestimmte Werte annehmen, jenen für den Höchstwert der Verbrennungswärme und jenen für deren Nullwert.

Zwecks einwandfreien und betriebssicheren Schaltens ist der Temperaturregler *RR* mit einer federelastischen oder magnetischen Momentschaltung *MS* ausgerüstet. Demnach erfolgen Einschaltung und Ausschaltung bei zwei verschiedenen Temperaturwerten, nämlich beim oberen respektive unteren Schaltpunkt (411.21), welche um die Schaltdifferenz (411.22) auseinanderliegen.

Steigt die Raumtemperatur höher als der obere Schaltpunkt, so schaltet der Temperatur-Regler *RR* die Wärmezufuhr ab. Diese bleibt während der Aussetzdauer (411.12) bis zur nächsten Einschaltung Null. Beim Absinken der Raumtemperatur unter den unteren Schaltpunkt wird die volle Wärmezufuhr durch den Temperatur-Regler eingeschaltet und während der Impulsdauer (411.11) bis zur folgenden Abschaltung aufrechterhalten. Die zur Deckung der Wärmeverluste des beheizten Raumes nötige Heizleistung kann nur als Mittelwert eingeregelt werden und ist dem Einschaltverhält-

de valeurs de la température encadrant la valeur prescrite, le régulateur n'exerce aucune action et la vanne de réchauffage *K* reste à l'ouverture qu'elle avait précédemment atteinte.

Il ressort de cet exposé du mode de fonctionnement qu'il s'agit d'un *régulateur à action discontinue* (411), puisqu'en présence d'une évolution continue de la grandeur réglée la vitesse de variation de la grandeur de réglage est une fonction discontinue du temps. L'ouverture de la vanne de réchauffage *K* ou bien varie soit dans un sens, soit dans l'autre avec une vitesse constante, ou bien demeure invariable; on a donc affaire à un *régulateur à action à deux rapidités* (411.3). Ses grandeurs caractéristiques sont déterminées selon la Fig. 10 dans laquelle la température au bulbe *F* de la sonde thermométrique est à considérer comme grandeur réglée x_r et la section libre offerte à l'écoulement dans la vanne de réchauffage *K* comme grandeur de réglage x_a.

En vue de la réduction de la vitesse de réglage (adaptation au comportement au transfert de l'installation réglée) des régulateurs de ce genre sont très souvent complétés par un relais d'intermittence, par exemple de la façon indiquée par la Fig. 12*b*.

Un tel relais ferme périodiquement son contact pendant une durée d'impulsion dont la valeur peut, dans la plupart des cas, être ajustée. En conséquence, lorsque l'interrupteur *I* commande une manœuvre de la vanne de réchauffage *K*, celle-ci n'a lieu, au moyen du moteur d'entraînement *L*, que par impulsions. Le régulateur est dès lors devenu *à action intermittente* (411.5); ses grandeurs caractéristiques — durée d'impulsion (411.11), durée de repos (411.12), intervalle des impulsions (411.13), proportion d'impulsions (411.14) — sont déterminées par la construction et l'ajustement du relais d'intermittence *T*. Comme néanmoins la vitesse de variation de la grandeur de réglage ne peut prendre, à part la valeur nulle, que deux valeurs de signes contraires, le critère de classification de l'action à deux rapidités demeure inchangé. Le régulateur appartient enfin également à la classe des *régulateurs à action pas à pas*, dont la proportion d'impulsions est de valeur constante (411.4); en conséquence, il ne peut pas être considéré comme un régulateur à action quasi continue.

Exemple 2: Régulateur de température à action à deux échelons (fig. 13)

La température intérieure d'un local chauffé doit être maintenue à une valeur prescrite déterminée; cette température constitue donc la grandeur réglée. A cette fin, la chaleur nécessaire est fournie au local par le radiateur *HK*. Cette chaleur est engendrée dans la chaudière à eau chaude *WK* au moyen d'un brûleur à mazout *OB*. L'installation réglée comprend le volume d'air du local, ses parois *MW*, le radiateur *HK*, la chaudière à eau chaude *WK*, la conduite d'eau chaude *WL* qui les relie et le brûleur à mazout *OB*.

Le régulateur de température ambiante *RR* (thermostat d'ambiance), dont l'organe de mesure comprend une sonde à bimétal *BM*, ferme ou ouvre par son contact *SK* le circuit d'excitation d'un relais *R* commandant le fonctionnement automatique du brûleur *OB*; la fermeture ou l'ouverture de ce contact *SK* ont lieu autour de la température prescrite dont la valeur est ajustée au moyen de la vis *ES*. Le contact du relais *R* constituant l'organe de réglage, enclenche ou déclenche à son tour le courant d'alimentation des moteurs de la pompe à huile et du ventilateur fournissant au brûleur l'air nécessaire à la combustion. L'équipement de réglage est constitué par le régulateur de température *RR* et le relais *R*.

La tension appliquée aux moteurs précités qui constitue la grandeur de réglage ne peut prendre que deux valeurs, l'une correspondant à la production maximale de chaleur de combustion, l'autre correspondant à la production nulle.

Afin d'assurer au contact *SK* un fonctionnement sûr et sans défaut, le régulateur de température *RR* est muni d'un dispositif élastique ou magnétique *MS* provoquant un enclenchement ou un déclenchement brusques. De ce fait, cet enclenchement et ce déclenchement ont lieu pour deux valeurs différentes de la température: la valeur de commutation supérieure et la valeur de commutation inférieure (411.21) dont l'écart correspond à la fourchette (411.22).

Si la température du local s'élève au-dessus de la valeur de commutation supérieure, le régulateur de température *RR* interrompt la production de chaleur. Celle-ci demeure nulle pendant une durée de repos (411.12) jusqu'au prochain enclenchement. Si la température du local descend au-dessous de

nis q (411.14) proportional. Der Impulsabstand (411.13) wird im allgemeinen in erster Linie durch das Übertragungsverhalten der geregelten Anlage und nur in geringem Masse durch die Schaltdifferenz bestimmt. Erfahrungsgemäss beträgt der Implusabstand zumeist mehrere Stunden, ohne dass unzulässige Schwankungen der Raumluft-Temperatur auftreten. Es ergibt sich allerdings der Nachteil, dass der Heizkörper *HK* während der langen Aussetzdauer sich abkühlt und ein Strahlungsmangel auftritt, der als unbehaglich empfunden wird.

Um diesen Nachteil zu beheben, wird der Temperatur-Regler *RR* mit einem Korrekturorgan, bestehend aus einer Rückführung (207*c*) in der Form eines Heizwiderstandes *HW*, ausgerüstet, der gleichzeitig mit dem Ölbrenner an Spannung gelegt wird. Nach Einschalten der Wärmezufuhr durch den Temperatur-Regler erwärmt der Heizwiderstand *HW* den Bimetall-Fühler *BM* und bewirkt die Abschaltung früher, als dies sonst erst beim Ansteigen der Raumtemperatur verzögert erfolgen würde. Der Rückführung zufolge entstehen somit kurze Impulsabstände unter Behebung des Strahlungsmangels.

Der Regler schaltet jetzt mit hoher Frequenz, jedoch immer noch bei jenen Temperaturen des Bimetall-Fühlers, welche durch die beiden Schaltpunkte gegeben sind. Die Raumtemperatur liegt deshalb unter dem Sollwert, und zwar um einen Betrag der Regelabweichung x_r, dessen Mittelwert $\bar{x}_r$ der mittleren Temperatur-Erhöhung durch die Rückführung, also ihrer mittleren Ausgangsgrösse $\bar{x}_v$ gleich ist:

$$\bar{x}_r + \bar{x}_v \approx 0 \qquad (1)$$

Die mittlere Stellgrösse $\bar{x}_a$ ist, wie erwähnt, dem Einschaltverhältnis q proportional und ihr Relativwert diesem gleich. Das gleiche gilt für die mittlere Eingangsgrösse $\bar{x}_u$ der Rückführung:

$$\bar{x}_a = q \qquad (2) \qquad\qquad \bar{x}_u = q \qquad (3)$$

Schliesslich folgt die Ausgangsgrösse x_v der Rückführung ihrer Eingangsgrösse x_u, unter Voraussetzung thermischer Trägheit erster Ordnung, gemäss der Beziehung:

$$T_R\, \dot{x}_v + x_v = x_u\, C_v \qquad (4)$$

T_R ist die Zeitkonstante der Rückführung, C_v der Höchstwert (Relativwert) der durch die Rückführung bewirkten Temperatur-Erhöhung in Beharrung für $x_u = 1$, also für die maximale Eingangsgrösse beim Einschaltverhältnis $q = 1$.

Aus den Gleichungen (1) bis (4) folgt:

$$T_R\, \dot{\bar{x}}_r + \bar{x}_r = -\bar{x}_a\, C_v \qquad (5$$

la valeur de commutation inférieure, le régulateur de température *RR* provoque la production maximale de chaleur et la maintient pendant une durée d'impulsion (411.11) jusqu'au prochain déclenchement. La production de chaleur nécessaire pour compenser les pertes de chaleur du local ne peut être réglée qu'en valeur moyenne déterminée par la proportion d'impulsions q (411.14). L'intervalle des impulsions (411.13) dépend en général essentiellement du comportement au transfert de l'installation réglée et seulement dans une faible mesure de la valeur de la fourchette. Selon les résultats d'expérience, l'intervalle des impulsions s'élève en général à plusieurs heures sans entraîner des oscillations inadmissibles de la température du local. Il existe cependant l'inconvenient que, pendant les longues durées de repos, le radiateur *HK* se refroidit et que le manque de rayonnement de chaleur, qui en résulte, est inconfortablement ressenti.

Pour éviter cet inconvénient, le régulateur *RR* comporte un organe correcteur constitué par un asservissement (207*c*) réalisé sous la forme d'une résistance de chauffage *HW* mise sous tension en même temps que les moteurs du brûleur. Après un enclenchement, par le régulateur de température *RR*, de la production maximale de chaleur, la chaleur dégagée par la résistance *HW* influence la sonde à bimétal *BM* et entraîne le déclenchement plus tôt que ce ne serait le cas par la seule augmentation de la température du local. L'asservissement diminue par conséquent l'intervalle des impulsions et pare ainsi à l'absence de chaleur rayonnante pendant de trop longues durées de repos.

Dès lors le régulateur ouvre et ferme son contact à une fréquence plus élevée, mais toujours pour des températures de la sonde à bimétal correspondant aux valeurs de commutation. La température du local diffère en conséquence de sa valeur prescrite d'un écart de réglage x_r dont la valeur moyenne $\bar{x}_r$ est égale à l'élévation moyenne de température provoquée par l'asservissement, c'est-à-dire à la valeur moyenne $\bar{x}_v$ de la grandeur de sortie de l'organe correcteur:

$$\bar{x}_r + \bar{x}_v \approx 0 \qquad (1)$$

Ainsi qu'exposé ci-dessus, la valeur moyenne de la grandeur de réglage $\bar{x}_a$ est déterminée par la valeur de la proportion d'impulsions q; elles sont en valeurs relatives égales. Il en est de même pour la valeur moyenne de la grandeur d'entrée $\bar{x}_u$ de l'asservissement:

$$\bar{x}_a = q \qquad (2) \qquad\qquad \bar{x}_u = q \qquad (3)$$

Par ailleurs, en faisant l'hypothèse d'une inertie thermique du premier ordre de l'organe correcteur, la grandeur de sortie x_v de l'asservissement est liée à sa grandeur d'entrée x_u par l'équation différentielle:

$$T_R\, \dot{x}_v + x_v = x_u\, C_v \qquad (4)$$

T_R est la constante de temps de l'asservissement et C_v la valeur maximale (valeur relative) de l'élévation de température provoquée en régime permanent par l'asservissement, lorsque sa grandeur d'entrée est égale à l'unité $x_u = 1$, c'est-à-dire lorsque la proportion d'impulsions est maximale $q = 1$.

On déduit des équations (1) à (4) que:

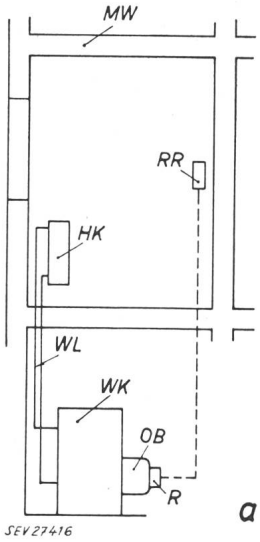
$$T_R\, \dot{\bar{x}}_r + \bar{x}_r = -\bar{x}_a\, C_v \qquad (5)$$

Fig. 13

Zweipunkt-Temperaturregler

a Schema der Anlage
b Temperatur-Regler

RR Temperatur-Regler
R Relais
MW Mauerwerk des beheizten Raumes
HK Heizkörper
WL Warmwasser-Leitung
WK Warmwasser-Kessel
OB Ölbrenner
BM Bimetallsonde
ES Einstellschraube
SK Schaltkontakte
MS Vorrichtung für Momentschaltung
HW Heizwiderstand



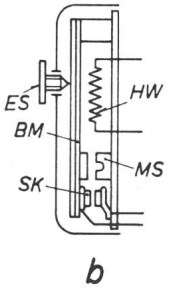


Fig. 13

Régulateur de température à action à deux échelons

a Schéma de l'installation
b Régulateur de température

RR Régulateur de température
R Relais
MW Parois du local chauffé
HK Radiateur
WL Conduite d'eau chaude
WK Chaudière à eau chaude
OB Brûleur à mazout
BM Sonde à bimétal
ES Vis pour l'ajustement
SK Contacts
MS Dispositif pour enclenchement ou déclenchement brusques
HW Résistance de chauffage

Für die Mittelwerte der Regelabweichung $\bar{x}_r$ und der Stellgrösse $\bar{x}_a$ gelten somit die Gesetzmässigkeiten des PD-Reglers.

Da die Stellgrösse nur zwei bestimmte Werte annehmen kann, ist der beschriebene Regler in die Klasse der Zweipunkt-Regler (411.2) einzuordnen. Er ist somit ein unstetiger Regler (411).

Der Regler kann bei kleinen Regelabweichungen ($x_r < C_v$) als quasistetiger PD-Regler (412.24) wirken; er ist statisch (42).

Aus Gleichung (5) erkennt man, dass die Vorhaltzeit T_d (412.245) mit der Zeitkonstante T_R der Rückführung identisch ist.

Der Differentialfaktor (412.231) ist gemäss Gleichung (5) gleich T_R/C_v (Relativwert).

Der Proportionalbereich (412.241) ergibt sich aus Gleichung (5) zu C_v (Relativwert).

Beispiel 3: Stetige Drehzahlregler (Fig. 14 und 15)

Regelgrösse ist hier die Drehzahl, zum Beispiel diejenige einer Wasserturbine-Generator-Gruppe. Sie wird durch das Fliehkraftpendel F gemessen. Dieses ist das Messorgan des Regulators. Die auf den Einstellwert bezogenen Abweichungen werden mit x_r bezeichnet.

Stellgrösse ist die Öffnung des Leitapparates der Turbine, welcher durch die Welle W verstellt wird. Diese überträgt während des Regelvorganges die Änderungen x_a, bezogen auf maximale Öffnung. Die Welle W wird durch den Servomotor M betätigt. Das hiefür nötige Drucköl wird durch den Steuerschieber P gesteuert.

a) Drehzahlregler mit Beschleunigungseinfluss (Fig. 14a)

Zur Wirkung des Fliehkraftpendels F addiert sich jene des Beschleunigungsmessorgans B, welches auf die Ableitung der Geschwindigkeit $\dot{x}_r$ anspricht, und dessen Hauptzweck darin besteht, den Regelvorgang zu stabilisieren: es ist das Korrekturorgan des Reglers (siehe Ziff. 207*b*).

Im Bereich der kleinen Abweichungen ist der Hub des Steuerschiebers P und folglich die Änderungsgeschwindigkeit $\dot{x}_a$ der Stellgrösse der Summe der Abweichungen der Geschwindigkeit x_r und ihrer mit einem Faktor versehenen Ableitung proportional.

$$\dot{x}_a = -\frac{1}{T_R}(x_r + T_i\,\dot{x}_r)$$

oder integriert:

$$x_a = -\frac{1}{T_R}\int x_r\,\mathrm{d}t - \frac{T_i}{T_R}\,x_r$$

Es handelt sich demnach um einen PI-Regler gemäss Definition unter Ziff. 412.24. Die Konstanten T_i und T_R haben die Dimension Zeit.

Die Zeit T_i, welche in der Technik der Drehzahlregelung als Zeitkonstante des Beschleunigungseinflusses bezeichnet wird, entspricht der Nachstellzeit des mehrfach wirkenden Reglers gemäss Ziff. 412.243.

Die Zeit T_R, welche in der Technik der Drehzahlregelung als Reaktionszeit bezeichnet wird, ist nach Ziff. 412.221 der Reziprokwert des relativen Integralfaktors.

Das Verhältnis T_i/T_R dieser zwei Zeitkenngrössen entspricht dem relativen Übertragungsfaktor eines Proportionalreglers (siehe Ziff. 412.212).

b) Drehzahlregler mit nachgebender Rückführung (Fig. 15a)

Zur Wirkung des Fliehkraftpendels F addiert sich jene der nachgebenden Rückführung V, schematisch dargestellt durch eine Steuerscheibe und einen Rücklaufkatarakt K. Diese nachgebende Rückführung, welche durch die Änderungsgeschwindigkeit $\dot{x}_a$ der Stellgrösse beeinflusst wird, dient zum Stabilisieren des Regelvorganges; sie ist also das Korrekturorgan des Reglers (siehe Ziff. 207*c*).

Im Bereich der kleinen Abweichungen ist der Hub des Steuerschiebers P und demzufolge auch die Änderungsgeschwindigkeit $\dot{x}_a$ der Stellgrösse der Summe der Abweichungen der Geschwindigkeit und ihrer mit einem Faktor versehenen Ableitung nach der Zeit proportional:

$$\dot{x}_a = -\frac{\varkappa_{ar}}{T_i}\,x_r - \varkappa_{ar}\,\dot{x}_r$$

oder integriert:

$$x_a = -\frac{\varkappa_{ar}}{T_i}\int x_r\,\mathrm{d}t - \varkappa_{ar}\,x_r$$

Ainsi, en considérant les valeurs moyennes de l'écart de réglage $\bar{x}_r$ et de la grandeur de réglage $\bar{x}_a$, le régulateur de température se comporte comme un régulateur PD.

Comme la grandeur de réglage ne peut prendre que deux valeurs déterminées, le régulateur décrit réalise une action à deux échelons (411.2). Il est donc un régulateur à action discontinue (411).

Toutefois, dans le domaine des petits écarts ($x_r < C_v$), le régulateur peut être considéré comme un régulateur PD (412.24) à action quasi continue; il est statique (42).

Il ressort de l'équation (5) que le dosage de la corrélation de dérivée T_d (412.245) est égal à la constante de temps T_R de l'asservissement.

Le facteur de corrélation de dérivée (412.231) est selon l'équation (5) égal à T_R/C_v (valeur relative).

Le domaine de la corrélation de proportion (412.241) déduit de l'équation (5) s'élève à C_v (valeur relative).

Exemple 3: Régulateurs de vitesse à action continue (fig. 14 et 15)

La grandeur réglée est ici la vitesse, par exemple celle d'un groupe turbine hydraulique-alternateur. Elle est mesurée par le tachymètre F: c'est l'organe de mesure du régulateur. Il permet de former l'écart de vitesse x_r en valeur relative par rapport à la vitesse de consigne.

La grandeur de réglage est l'ouverture du vannage de la turbine, commandée par l'arbre W qui lui imprime, au cours du processus du réglage, des variations x_a en valeur relative par rapport à l'ouverture maximale. L'arbre W est actionné par le piston du servomoteur M à huile sous pression commandé par le tiroir P.

a) Régulateur accélérotachymétrique (fig. 14a)

A l'effet du tachymètre F s'ajoute celui de l'accéléromètre B, sensible à la dérivée $\dot{x}_r$ de la vitesse et dont le rôle principal est de stabiliser le réglage: c'est l'organe correcteur du régulateur (voir chiffre 207*b*).

Dans le domaine des petits écarts, la levée du tiroir P et, en conséquence, la vitesse de variation $\dot{x}_a$ de la grandeur de réglage, sont proportionnelles à la somme de l'écart de vitesse x_r et, à un facteur près, de sa dérivée:

$$\dot{x}_a = -\frac{1}{T_R}(x_r + T_i\,\dot{x}_r)$$

d'où par intégration:

$$x_a = -\frac{1}{T_R}\int x_r\,\mathrm{d}t - \frac{T_i}{T_R}\,x_r$$

Il s'agit donc d'un régulateur PI selon les définitions indiquées sous chiffre 412.24. Les constantes T_i et T_R sont homogènes à des temps.

Le temps T_i, dénommé en matière de réglage de vitesse «temps caractéristique du dosage accélérométrique», est le temps caractéristique du dosage de la corrélation d'intégrale, selon chiffre 412.243.

Le temps T_R, dénommé en matière de réglage de vitesse «temps caractéristique de la promptitude», est l'inverse du facteur relatif de corrélation d'intégrale, selon chiffre 412.221.

Le rapport T_i/T_R de ces deux temps est le facteur relatif de transfert de la corrélation de proportion, selon chiffre 412.212.

b) Régulateur tachymétrique à asservissement temporaire (fig. 15a)

A l'effet du tachymètre F s'ajoute celui du mécanisme d'asservissement glissant V schématisé par une came et un dispositif à relaxation K (dash-pot), sensible à la vitesse de variation $\dot{x}_a$ de la grandeur de réglage et dont le rôle principal est de stabiliser le réglage; c'est l'organe correcteur du régulateur (voir chiffre 207*c*).

Dans le domaine des petits écarts, la levée du tiroir P et, en conséquence, la vitesse de variation $\dot{x}_a$ de la grandeur de réglage, sont approximativement proportionnelles à la somme de l'écart de vitesse et, à un facteur près, de sa dérivée:

$$\dot{x}_a = -\frac{\varkappa_{ar}}{T_i}\,x_r - \varkappa_{ar}\,\dot{x}_r$$

d'où par intégration:

$$x_a = -\frac{\varkappa_{ar}}{T_i}\int x_r\,\mathrm{d}t - \varkappa_{ar}\,x_r$$

Es handelt sich demnach um einen PI-Regler entsprechend der Definition unter Ziff. 412.24. Die Konstante T_i hat die Dimension der Zeit, und κ_{ar} ist dimensionslos.

Die Zeit T_i, welche bei diesen Reglern als Rücklaufzeit des Katarakts K, den die nachgebende Rückführung enthält, oder als Isodromzeit bezeichnet wird, entspricht der Nachstellzeit des mehrfach wirkenden Reglers gemäss Ziff. 412.243.

Der Koeffizient κ_{ar} ist der relative Übertragungsfaktor nach Ziff. 412.212. Er entspricht dem Reziprokwert der vorübergehenden Statik (siehe Bemerkung zu Ziff. 421.1, zweites Alinea).

Die Zeit $T_i/\kappa_{ar} = T_R$, welche in der Technik der Drehzahlregelung als Reaktionszeit bezeichnet wird, ist nach Ziff. 412.221 der Reziprokwert des relativen Integralfaktors. Diese Zeit T_R ist also gleich dem Produkt aus der Nachlaufzeit T_i und der vorübergehenden Statik $1/\kappa_{ar}$ des Regulators.

c) Drehzahlregler mit starrer Rückführung (Fig. 14b und 15b)

Wie unter Ziff. 42 erwähnt, sind diese PI-Regler astatisch. Sie können statisch gemacht werden durch Hinzufügen einer starren Rückführung A (Antrieb durch eine Kurvenscheibe in den Fig. 14*b* und 15*b*), welche den Hub des Steuerschiebers von einem dritten Glied $x_\Delta\, x_a$ abhängig macht, wodurch der Einfluss der Änderung der Regelgrösse (Öffnung) berücksichtigt wird:

$$\dot{x}_a = -\frac{1}{T_R}\,(x_r + T_i\,\dot{x}_r + x_\Delta\, x_a)$$

Durch diese Rückführung A wird eine zusätzliche Proportionalwirkung erzielt. Im Beharrungszustand ist

$$\dot{x}_a = 0 \qquad \dot{x}_r = 0 \qquad x_r = -x_\Delta\, x_a$$

Da aber die Regelung einer Wasserturbine einen endlichen, nicht vernachlässigbaren Wert der Zeit T_R erfordert, ist es nicht möglich, die dynamischen Vorgänge, welche durch die beiden vorstehend beschriebenen Zeitverhalten charakterisiert sind, zu vernachlässigen. Diese PI-Regler werden deshalb zu PI + P-Reglern (siehe Ziff. 412.24).

Die Wirkung der starren Rückführung A ist quantitativ definiert entweder:

durch den relativen Übertragungsfaktor $1/x_\Delta$ des dadurch erzeugten zusätzlichen Proportionalteils (siehe Ziff. 412.212) oder

durch die Statik x_Δ (siehe Ziff. 421.1) des Reglers, die als Dauerstatik bezeichnet wird, denn das Statikgesetz (siehe Ziff. 421), dem sie folgt, ist zeitlich unveränderlich.

Il s'agit donc d'un régulateur PI selon les définitions indiquées sous chiffre 412.24. La constante T_i est homogène à un temps et celle κ_{ar} est sans dimension.

Le temps T_i, dénommé en matière de réglage de vitesse «temps caractéristique du dispositif à relaxation K» que comporte le mécanisme d'asservissement glissant ou «temps de relaxation», est le temps caractéristique du dosage de la corrélation d'intégrale, selon chiffre 412.243.

Le coefficient κ_{ar} est le facteur relatif de transfert de la corrélation de proportion, selon chiffre 412.212. C'est également l'inverse du statisme temporaire (voir remarque relative au chiffre 421.1, deuxième alinéa).

Le temps $T_i/\kappa_{ar} = T_R$, dénommé en matière de réglage de vitesse «temps caractéristique de la promptitude», est l'inverse du facteur relatif de corrélation d'intégrale, selon chiffre 412.221. Ce temps T_R est donc égal au produit du temps de relaxation T_i par le statisme temporaire $1/\kappa_{ar}$ du régulateur.

c) Régulateur de vitesse à asservissement permanent (fig. 14b et 15b)

Comme indiqué sous chiffre 42, ces régulateurs PI sont astatiques. Ils peuvent être rendus statiques par l'adjonction d'un mécanisme d'asservissement rigide A (commandé par une came sur les fig. 14*b* et 15*b*) qui rend la levée du tiroir dépendante d'un troisième terme $x_\Delta\, x_a$ traduisant l'influence de la variation de la grandeur de réglage (ouverture):

$$\dot{x}_a = -\frac{1}{T_R}\,(x_r + T_i\,\dot{x}_r + x_\Delta\, x_a)$$

Ce mécanisme d'asservissement A introduit une corrélation additionnelle de proportion. En effet, en régime d'équilibre:

$$\dot{x}_a = 0 \qquad \dot{x}_r = 0 \qquad x_r = -x_\Delta\, x_a$$

Toutefois, le réglage d'une turbine hydraulique nécessitant un temps T_R de valeur non négligeable, il n'est pas possible de faire abstraction des régimes transitoires caractérisés par les deux corrélations précédentes. Ces régulateurs PI deviennent dès lors des régulateurs PI + P (voir chiffre 412.24).

L'effet du mécanisme d'asservissement rigide A est quantitativement défini:

soit par le facteur relatif de transfert $1/x_\Delta$ de la corrélation additionnelle de proportion (voir chiffre 412.212),

soit par le statisme x_Δ (voir chiffre 421.1) du régulateur que l'on qualifie de «permanent» car la caractéristique de statisme (voir chiffre 421) à laquelle il correspond demeure inchangée dans le temps.

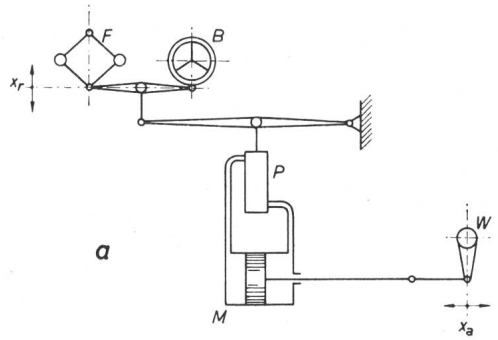


Fig. 14

Drehzahlregler mit Beschleunigungseinfluss

a astatisch
b statisch (starre Rückführung)
F Fliehkraftpendel; *B* Beschleunigungsmesser; *P* Steuerschieber; *M* Servomotor; *W* Welle; *A* Starre Rückführung; x_r Drehzahl-Abweichungen; x_a Änderungen der Stellgrösse

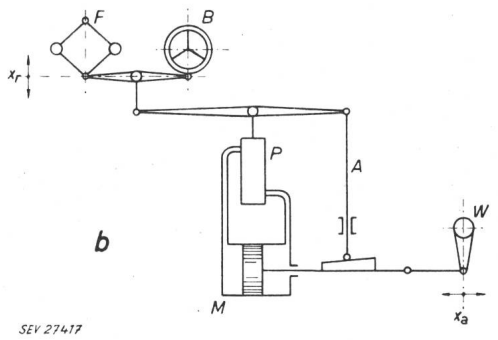


Fig. 14

Régulateur accélérotachymétrique

a astatique
b statique (asservissement permanent)
F Tachymètre; *B* Accéléromètre; *P* Tiroir; *M* Piston du servomoteur; *W* Arbre; *A* Asservissement permanent; x_r Ecarts de vitesse; x_a Variations de la grandeur de réglage

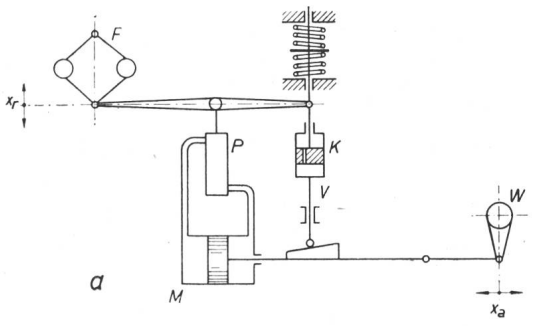


Fig. 15

Drehzahlregler mit nachgebender Rückführung

a astatisch
b statisch (zusätzliche starre Rückführung)

F Fliehkraftpendel; *P* Steuerschieber; *M* Servomotor; *W* Welle; *A* Starre Rückführung; *V* Nachgebende Rückführung; *K* Rücklaufkatarakt; x_r Drehzahlabweichungen; x_a Änderungen der Stellgrösse

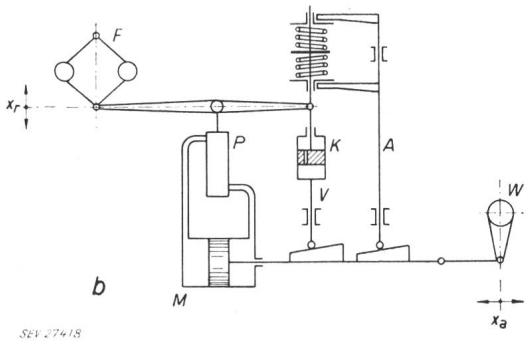


Fig. 15

Régulateur tachymétrique à asservissement temporaire

a astatique
b statique (asservissement permanent additionnel)

F Tachymètre; *P* Tiroir; *M* Piston du servomoteur; *W* Arbre; *A* Asservissement permanent; *V* Asservissement temporaire; *K* Dispositif à relaxation; x_r Ecarts de vitesse; x_a Variations de la grandeur de réglage

Beispiel 4: Stetiger Spannungsregler [2]) (Fig. 16)

Die Spannung an den Klemmen eines Synchrongenerators soll konstant gehalten werden, d. h. alle Abweichungen von ihrem Einstellwert, welche durch irgendwelche Störungen, besonders Laständerungen, hervorgerufen werden, sind astatisch auszuregeln. Zu diesem Zwecke wird der Synchrongenerator mit einer Regeleinrichtung gemäss Fig. 16 versehen.

Der Synchrongenerator *A* bildet mit der Erregermaschine *E* und dem angeschlossenen Netz zusammen die geregelte Anlage. Seine Klemmenspannung, d. h. die Regelgrösse, wird über den Spannungswandler *W*, den Gleichrichter *B* und das *RC*-Glied *F* dem Regler *N* zugeführt; diese vier Elemente stellen zusammen die Regeleinrichtung dar. Der Einstellwert der Regelgrösse wird im Regler mittels einer Feder festgelegt. Stellorgan ist ein Gleitkontakt *K*, *z. B.* ein Wälzsektor, den das Messorgan des Reglers auf dem Regelwiderstand *R* verstellt; dadurch wird dessen Widerstandswert je nach dem Bewegungssinn des Abgriffes erhöht oder verkleinert. Da er in Reihe zur Feldwicklung des Erregers *E* an den Hilfserreger *H* angeschlossen ist, bewirkt die Änderung seines Widerstandswertes eine entsprechende Änderung des Erregerfeldstromes und damit der Generator-Klemmenspannung. Stellgrösse der Regeleinrichtung ist in diesem Zusammenhang die Lage des Gleitkontaktes *K*.

Das Messorgan des Reglers *N* ist über eine Feder mit einer Dämpfung verbunden (siehe Fig. 16*b*); wie später nachgewiesen wird, erhält er dadurch den Charakter eines Proportional-Integral-Reglers (412.24). Um mit Rücksicht auf das dynamische Verhalten der geregelten Anlage die Stabilität des Regelvorganges zu verstärken, wird seinem Messorgan das Filter *F* als zusätzliches Korrekturorgan (siehe Ziff. 207*a*) vorgeschaltet. Dadurch wird der Strom *i* auch von der zeitlichen Änderung der Generator-Klemmenspannung abhängig. Der Regeleinrichtung wird ein D-Element (412.23) zugefügt mit der Wirkung, dass die Regelvorgänge jeweils schneller eingeleitet und die Regelzeiten verkürzt werden. Treten Regelabweichungen auf, so wird die Stellgrösse proportional zur Abweichung, ihrer zeitlichen Änderung und ihrem Zeitintegral beeinflusst. Die Regeleinrichtung ist ein mehrfach wirkender Regler mit PID-Charakter (412.24).

Will man die Differentialgleichungen für das Verhalten der Regeleinrichtung gemäss Fig. 16*b* aufstellen, so vernachlässigt man zur Vereinfachung der Betrachtungen den Spannungsabfall zwischen den Reglerklemmen 4 und 5 sowie Massenträgheit und Eigendämpfung der mechanischen Reglerelemente.

[2]) Im Gegensatz zur einleitenden Bemerkung zu Kapitel 4 werden in diesem Beispiel die Begriffe «Regeleinrichtung» und «Regler» im Sinne der Definitionen 102 und 103 unterschieden.

Exemple 4: Régulateur de tension à action continue [2]) (fig. 16)

Le problème consiste à maintenir constante et indépendante de la charge la tension aux bornes d'un alternateur synchrone. Autrement dit, il faut tendre à éliminer, d'une manière astatique, tous les écarts de réglage de la tension, provoqués par des perturbations quelconques, entre autres par des variations de charge. La Fig. 16 représente un équipement de réglage susceptible de satisfaire à ces conditions.

L'installation réglée comprend l'alternateur *A*, avec le réseau auquel il est raccordé, et l'excitatrice principale *E*. La tension aux bornes de l'alternateur — à savoir la grandeur réglée — est transmise au régulateur *N* par l'intermédiaire d'un transformateur de tension *W*, d'un redresseur *B* et d'un filtre *RC* désigné par *F*. L'ensemble de ces quatre éléments forme l'équipement de réglage. La valeur de consigne de la tension réglée est ajustée, dans le régulateur, à l'aide d'un ressort. L'organe de réglage est constitué par le curseur *K* d'une résistance *R* (ce peut être par exemple un secteur roulant sur une série de plots), commandé par l'organe de mesure du régulateur. Selon le sens de son mouvement, ce curseur augmente ou diminue la valeur de la résistance *R*. Comme cette résistance est insérée en série dans le circuit d'excitation de l'excitatrice principale *E*, alimenté par l'excitatrice-pilote *H*, une variation de sa valeur entraîne une variation du courant d'excitation de l'excitatrice principale, d'où une variation de la tension engendrée aux bornes de l'alternateur. La grandeur de réglage est dès lors la position du curseur *K*.

L'organe de mesure du régulateur *N* est attelé à un dispositif à relaxation composé d'un ressort et d'un frein à huile (voir Fig. 16*b*). Comme nous le montrerons plus loin, le régulateur établit ainsi une corrélation de proportion et une corrélation d'intégrale; c'est un régulateur PI (412.24). En outre, eu égard au comportement de l'installation réglée, un organe correcteur supplémentaire (voir chiffre 207*a*) constitué par le filtre *F*, est inséré dans le circuit électrique de l'organe de mesure du régulateur *N*, de manière à renforcer la stabilité du réglage. Le courant d'alimentation *i* de l'organe de mesure est dès lors soumis à un effet de dérivée de la tension aux bornes de l'alternateur. L'équipement de réglage établit en conséquence une corrélation supplémentaire de dérivée (412.23). Le processus de réglage est alors plus rapide et la durée du réglage réduite. Lorsqu'il se produit un écart de réglage, la grandeur de réglage est finalement soumise à des corrélations multiples au nombre de trois: celles de proportion, d'intégrale et de dérivée. L'équipement de réglage a donc les caractères d'un régulateur PID (412.24).

[2]) Contrairement à la remarque d'introduction au chapitre 4, on distingue ici entre les termes «équipement de réglage» et «régulateur» au sens des définitions 102 et 103.

In Fig. 16*b* und den nachfolgenden Gleichungen haben die verwendeten Buchstaben folgende Bedeutung:

Δx_r Änderung der Generator-Klemmenspannung = Abweichung der Regelgrösse

Δx_a Verstellung des Gleitkontaktes *K*, d. h. Änderung der Regelgrösse

Δi Änderung des Stromes im Messorgan

Δz Verstellung der Dämpfung

k_0 Proportionalitätsfaktor «Änderung der Zugkraft / Änderung des Stromes im Messorgan» (gültig für kleine Stromänderungen)

k_1 Proportionalitätsfaktor «Zugkraft / Länge der Kupplungsfeder zwischen Messorgan und Dämpfung»

k_2 Proportionalitätsfaktor «Zugkraft / Verstellgeschwindigkeit der Dämpfung»

Das Verhalten des Reglers *N* zwischen den Klemmen *4—5* und *6—7* lässt sich durch die folgenden zwei Gleichungen beschreiben:

$$k_0\,\Delta i = k_1\,(\Delta x_a - \Delta z) \tag{1}$$

und

$$0 = k_1\,(\Delta z - \Delta x_a) + k_2\,\frac{\mathrm{d}\,(\Delta z)}{\mathrm{d}t} \tag{2}$$

Wird Δz nach Gleichung (2) in Gleichung (1) eingesetzt, so erhält man die Beziehung:

$$\Delta x_a = \frac{k_0}{k_1}\left(\Delta i + \frac{k_1}{k_2}\int_0^t \Delta i\,\mathrm{d}t\right) \tag{3}$$

Darin zeigt sich klar das PI-Verhalten des Reglers *N*. Für das Verhalten des Filters *F* gilt:

$$\Delta i = C\,\frac{\mathrm{d}\,(\Delta x_r)}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{R_F}\,\Delta x_r \tag{4}$$

C Kapazität des Filters
R_F Widerstand des Filters

Setzt man Δi aus Gleichung (4) in die Gleichung (3) ein, so erhält man:

$$\Delta x_a = \frac{k_0}{k_1}\left[\frac{1}{R_F}\,\Delta x_r + C\,\frac{\mathrm{d}\,(\Delta x_r)}{\mathrm{d}t} + \frac{k_1}{k_2}\left(\frac{1}{R_F}\int_0^t \Delta x_r\,\mathrm{d}t + C\,\Delta x_r\right)\right]$$

$$= k_0\left[\frac{k_2/R_F + k_1\,C}{k_1\,k_2}\,\Delta x_r + \frac{1}{k_2\,R_F}\int_0^t \Delta x_r\,\mathrm{d}t + \frac{C}{k_1}\cdot\frac{\mathrm{d}\,(\Delta x_r)}{\mathrm{d}t}\right]$$

oder

$$\Delta x_a = K_{ar}\cdot\Delta x_r + K_i\int_0^t \Delta x_r\,\mathrm{d}t + K_d\cdot\frac{\mathrm{d}\,(\Delta x_r)}{\mathrm{d}t} \tag{5}$$

Gleichung (5) zeigt, dass die Regeleinrichtung das erwartete PID-Verhalten aufweist; diese Beziehung wird in der Praxis selbstverständlich nur angenähert erreicht.

Die Konstanten der Gleichung (5) haben folgende Bedeutung:

$K_{ar} = k_0\left(\frac{1}{k_1\,R_F} + \frac{C}{k_2}\right)$ Übertragungsfaktor des Reglers nach Ziff. 313.5

$K_i = \frac{k_0}{k_2\,R_F}$ Integralfaktor des Reglers nach Ziff. 412.221

$K_d = \frac{k_0}{k_1}\,C$ Differentialfaktor des Reglers nach Ziff. 412.231

En vue d'établir les équations différentielles traduisant le comportement de l'équipement de réglage selon la Fig. 16*b*, seront négligés par mesure de simplification: la chute de tension entre les bornes *4* et *5* du régulateur, l'inertie mécanique des masses entrant en jeu et l'amortissement propre des éléments mécaniques du régulateur.

Sur la Fig. 16*b* et dans les équations ci-dessous, les lettres uilisées comme symboles ont les significations suivantes:

Δx_r Variation de la tension aux bornes de l'alternateur = écart de réglage

Δx_a Course du curseur *K* = grandeur de réglage

Δi Variation du courant d'alimentation de l'organe de mesure

Δz Ecart de course du frein à huile

k_0 Facteur de proportionnalité «variation d'effort / variation du courant d'alimentation *i*» de l'organe de mesure du régulateur (valable pour des petites variations de courant)

k_1 Facteur de proportionnalité «effort / course» du ressort du dispositif à relaxation

k_2 Facteur de proportionnalité «effort / vitesse du piston» du frein à huile du dispositif à relaxation

Le comportement du régulateur *N*, compris entre les paires de bornes *4—5* et *6—7*, est régi par les deux équations:

$$k_0\,\Delta i = k_1\,(\Delta x_a - \Delta z) \tag{1}$$

et

$$0 = k_1\,(\Delta z - \Delta x_a) + k_2\,\frac{\mathrm{d}\,(\Delta z)}{\mathrm{d}t} \tag{2}$$

Si l'on porte dans l'équation (2) la valeur de Δz tirée de l'équation (1), on obtient la relation:

$$\Delta x_a = \frac{k_0}{k_1}\left(\Delta i + \frac{k_1}{k_2}\int_0^t \Delta i\,\mathrm{d}t\right) \tag{3}$$

d'où ressortent clairement les caractères PI du régulateur *N*. En ce qui concerne le comportement du filtre *F*, on peut écrire:

$$\Delta i = C\,\frac{\mathrm{d}\,(\Delta x_r)}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{R_F}\cdot\Delta x_r \tag{4}$$

C Capacité du filtre
R_F Résistance du filtre

En portant la valeur Δi tirée de l'équation (4) dans l'équation (3) on obtient:

$$\Delta x_a = \frac{k_0}{k_1}\left[\frac{1}{R_F}\,\Delta x_r + C\,\frac{\mathrm{d}\,(\Delta x_r)}{\mathrm{d}t} + \frac{k_1}{k_2}\left(\frac{1}{R_F}\int_0^t \Delta x_r\,\mathrm{d}t + C\,\Delta x_r\right)\right]$$

$$= k_0\left[\frac{k_2/R_F + k_1\,C}{k_1\,k_2}\,\Delta x_r + \frac{1}{k_2\,R_F}\int_0^t \Delta x_r\,\mathrm{d}t + \frac{C}{k_1}\cdot\frac{\mathrm{d}\,(\Delta x_r)}{\mathrm{d}t}\right]$$

ou

$$\Delta x_a = K_{ar}\cdot\Delta x_r + K_i\int_0^t \Delta x_r\,\mathrm{d}t + K_d\cdot\frac{\mathrm{d}\,(\Delta x_r)}{\mathrm{d}t} \tag{5}$$

Cette dernière relation montre que l'équipement de réglage a bien les caractères PID désirés. Il est évident qu'en pratique elle n'est réalisée que d'une façon approchée.

Les constantes figurant dans l'équation (5) ont les significations suivantes:

$K_{ar} = k_0\left(\frac{1}{k_1\,R_F} + \frac{C}{k_2}\right)$ facteur de transfert statique du régulateur, selon chiffre 313.5

$K_i = \frac{k_0}{k_2\,R_F}$ facteur de corrélation d'intégrale du régulateur, selon chiffre 412.221

$K_d = \frac{k_0}{k_1}\,C$ facteur de corrélation de dérivée du régulateur, selon chiffre 412.231.

Verwendet man bezogene Grössen zur Darstellung der untersuchten Beziehungen, also

$$\xi_r = \frac{\Delta x_r}{x_d} \qquad \text{und} \qquad \xi_a = \frac{\Delta x_a}{x_{a\,max} - x_{a\,min}}$$

so erhält Gleichung (5) die Gestalt:

$$\xi_a = \varkappa_{ar}\,\xi_r + k_i \int_0^t \xi_r \,\mathrm{d}t + k_d \frac{\mathrm{d}\xi_r}{\mathrm{d}t} \tag{6}$$

Darin ist:

$\varkappa_{ar}$ Relativer Übertragungsfaktor des Reglers nach Ziff. 412.212

k_i Relativer Integralfaktor des Reglers nach Ziff. 412.221

k_d Relativer Differentialfaktor des Reglers nach Ziff. 412.231

Si dans les relations obtenues, on introduit des valeurs relatives:

$$\xi_r = \frac{\Delta x_r}{x_d} \qquad \text{et} \qquad \xi_a = \frac{\Delta x_a}{x_{a\,max} - x_{a\,min}}$$

l'équation (5) prend la forme:

$$\xi_a = \varkappa_{ar}\,\xi_r + k_i \int_0^t \xi_r \,\mathrm{d}t + k_d \frac{\mathrm{d}\xi_r}{\mathrm{d}t} \tag{6}$$

où

$\varkappa_{ar}$ est le facteur relatif de transfert du régulateur, selon chiffre 412.212

k_i est le facteur relatif de corrélation d'intégrale du régulateur, selon chiffre 412.221

k_d est le facteur relatif de corrélation de dérivée du régulateur, selon chiffre 412.231

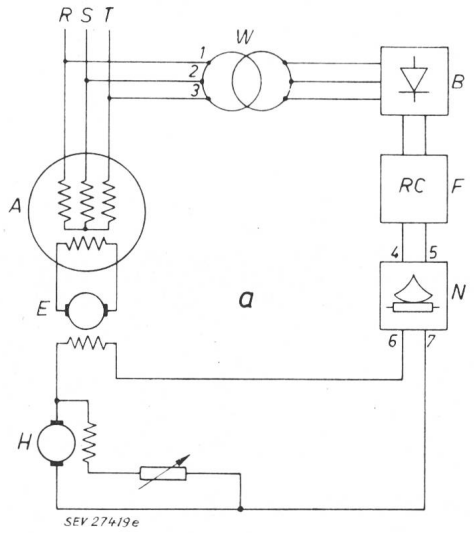


Fig. 16
Stetiger Spannungsregler

a Regelkreis; *b* Regeleinrichtung

A Generator; *E* Haupterreger; *H* Hilfserreger; *W* Spannungswandler; *B* Gleichrichter; *F* *RC*-Filter; *N* Regler; *K* Gleitkontakt auf dem Regelwiderstand *R*

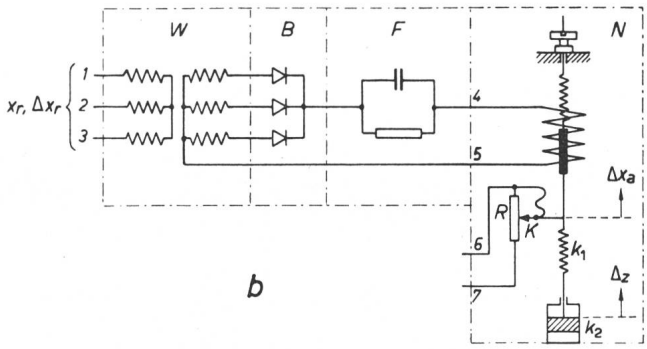


Fig. 16
Régulateur de tension à action continue

a Circuit de réglage; *b* Equipement de réglage

A Alternateur; *E* Excitatrice principale; *H* Excitatrice pilote; *W* Transformateur de tension; *B* Redresseur; *F* Filtre *RC*; *N* Régulateur; *K* Curseur de la résistance *R*

Regeln und Leitsätze für Buchstabensymbole und Zeichen

(Publikation Nr. 0192 des SEV)

Liste 8g: Besondere Liste von Buchstabensymbolen für die Regelungstechnik

Der Vorstand des SEV legt hiemit den Mitgliedern des SEV die Liste 8g: Besondere Liste von Buchstabensymbolen für die Regelungstechnik, vor. Diese soll in die «Regeln und Leitsätze für Buchstabensymbole und Zeichen» (Publ. Nr. 0192) eingereiht werden. Die Liste 8g wurde vom Schweiz. Elektrotechnischen Komitee genehmigt.

Der Vorstand lädt die Mitglieder ein, die neu vorgeschlagenen Symbole der Liste 8g zu prüfen und allfällige Bemerkungen bis zum *27. Juni 1959 in doppelter Ausfertigung* dem Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, einzureichen. Wenn bis zu diesem Termin keine Stellungsnahmen eingehen, so wird der Vorstand die Zustimmung der Mitglieder zur Liste 8g annehmen und diese in Kraft setzen.

8 g

Besondere Liste von Buchstabensymbolen für die Regelungstechnik

Bemerkung: Für die im folgenden vorkommenden regelungstechnischen Begriffe sind die Leitsätze «Nomenklatur der Regelungstechnik», Publ. Nr. 0208.1956 des SEV, massgebend.

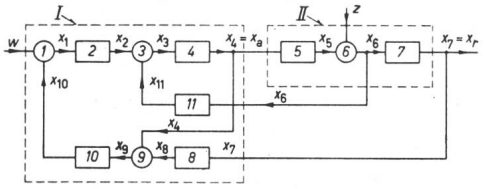
Es ist beabsichtigt, einige Symbole, die in eine andere Liste gehören, bei der Neuauflage der Publikation Nr. 0192 entsprechend einzuordnen.

Liste des symboles graphiques à utiliser pour l'étude de réglages automatiques

Remarque: *Les désignations et définitions utilisées ci-dessous sont conformes à celles indiquées dans les «Recommandations pour une terminologie en matière de réglage» (Publ. n° 0208.1956 de l'ASE).*

Il est prévu d'insérer quelques symboles qui auraient dû figurer sur une autre liste, à l'endroit voulu, lors de la nouvelle édition de la publication n° 0192 de l'ASE.

Grundsymbole — *Symboles fondamentaux*

Nr.	Name der Grösse	Hauptsymbol	Nebensymbol	Beispiele	Bemerkungen
1	Regelsignal *signal de réglage*	x_n*)		*) $n = 1, 2, 3 \ldots$ Regelsignale x_n sind solche Signale, die innerhalb des geschlossenen Regelkreises auftreten. Alle Elemente des Regelkreises (einschliesslich der Additionsstellen) werden fortlaufend numeriert. Jedes Regelsignal erhält als Index die Nummer desjenigen Elementes des Regelkreises, dessen Ausgang es bildet (s. Figur). Die Regelgrösse kann zur deutlichen Kennzeichnung an Stelle der laufenden Nummer den Index r erhalten. Ebenso kann die Stellgrösse an Stelle der laufenden Nummer den Index a erhalten. An Stelle von x_n, z, w können auch die Symbole der Liste 2 verwendet werden, die der physikalischen Natur der betreffenden Grösse entsprechen. *Les signaux x_n caractérisent les différentes grandeurs qui interviennent dans un circuit de réglage. Tous les éléments qui constituent ce circuit (y compris le signe de l'addition) doivent être numérotés à la suite. Chaque signal reçoit le numéro de l'élément dont il constitue la sortie (voir la figure). Pour éviter toute confusion, la «grandeur réglée» peut être caractérisée par l'indice r au lieu d'un numéro, de même la grandeur de réglage peut être caractérisée par l'indice «a». Au lieu des symboles x_n, z, w on peut utiliser également les symboles de la liste 2 qui caractérisent la nature physique de la grandeur considérée.* Beispiel — *exemple*:  *I* Regler — *régulateur* *II* geregelte Anlage (Regelstrecke) — *installation réglée* $x_7 = x_r$ Regelgrösse — *grandeur réglée* $x_4 = x_a$ Stellgrösse — *grandeur de réglage*	
2	Regelsignalabweichung *écart de réglage du signal*	x_n	Δx_n	Regelabweichung: *écart de réglage:* $\Delta x_r = x_r - x_d$	Wenn die Abweichung eines Regelsignals von der Grösse selbst unterschieden werden soll, kann das Symbol Δx_n benützt werden. Die gleiche Bemerkung gilt sinngemäss für 8 g — 7 und 8. *Quand l'écart d'un signal de réglage doit être distingué de la valeur de ce signal, on peut utiliser le symbole Δx_n. Cette même remarque est valable pour 8 g — 7 et 8.*
3	Einstellwert *valeur de consigne*	x_d			Nur falls x Regelgrösse ist. *Ceci n'est valable que si x est la grandeur réglée.*
4	Sollwert *valeur prescrite*	x_c			

N°	Nom de la grandeur	Symbole principal	Symbole de réserve	Exemples	Remarques
5	Proportionalbereich *domaine de proportionalité*	x_p			Nur falls x Regelgrösse ist. *Ceci n'est valable que si x est la grandeur réglée.*
6	Statik *statisme*	x_Δ			Wenn zwischen totaler und lokaler Statik unterschieden werden muss, wird die lokale Statik mit $x_{\Delta l}$ bezeichnet. *Quand on doit faire la différence entre le statisme «total» et le statisme «local» on utilise le symbole $x_{\Delta l}$ pour caractériser le statisme local.*
7	Störgrösse *grandeur perturbatrice*	z			Sind mehrere Störgrössen bzw. Leitgrössen vorhanden, so werden sie der Reihe nach mit z_1, z_2, ... (bzw. w_1, w_2, ...) bezeichnet. Siehe auch die Bemerkung zu 8g—1 und 2. *Quand il y a différentes grandeurs perturbatrices et grandeurs de référence, elles sont désignées par z_1, z_2, ... et w_1, w_2, ... Voir aussi la remarque aux chiffres 8g—1 et 2.*
8	Leitgrösse *grandeur de référence*	w			

Garantiewerte — *Valeurs de garantie*

11	Regelfehler *erreur de réglage*	E		$E = x_r - x_c$	
12	Statikfehler *inéxactitude de statisme*	E_p			Für die Statik vgl. Nr. 8f—6. *Pour le statisme voir n° 8f—6.*
13	bleibender Regelfehler *erreur de réglage en régime permanent*	E_∞			Vgl. Nr. 8g—16, Beispiel *Voir exemple n° 8g—16*
14	maximaler Regelfehler *erreur maximale de réglage*	E_{max}	$\hat{E}, \check{E}$		Die Nebensymbole kommen dann zur Anwendung, wenn die Richtung des Fehlers unterschieden werden soll. *Le symbole de réserve doit être utilisé quand on veut préciser le signe de l'écart maximal.*
15	mittlerer (quadratischer) Regelfehler *valeur moyenne (quadratique) de l'erreur de réglage*	E_m		$E_m^2 = \frac{1}{T}\int_0^T E^2\,\mathrm{d}t$	T kann endlich oder unendlich sein. *T peut être fini ou infini.*
16	Unempfindlichkeit *insensibilité*	E_Δ		$E_p - E_\Delta \leqq E_\infty \leqq E_p + E_\Delta$	
17	Regelzeit *durée du réglage*	T_r			
18	Regelfläche *surface intégrée par l'erreur de réglage*	A_r	S_r		

Nr.	Name der Grösse	Hauptsymbol	Nebensymbol	Beispiele	Bemerkungen
	Laplace-Transformation — *Transformation de Laplace*				
21	Bildvariable (unabhängige Variable im Bildbereich) *variable opérationnelle, variable symbolique (variable indépendante de la fonction opérationnelle)*	s, p			s und p sind in der Literatur gleich häufig vertreten. In der Theorie der Regelungstechnik ist die Variable im Originalbereich praktisch immer die Zeit. *s et p sont utilisés aussi souvent l'un que l'autre dans les publications. Dans la théorie des réglages, la variable correspondante de la fonction originale est pratiquement toujours le temps.*
22	Originalfunktion *fonction originale* abhängige Variable im Originalbereich *variable dépendante du domaine original*	$f(t)$ x			$f(t)$ und x sind hier nur Beispiele für irgend welche Funktionen bzw. für abhängige Variable im Originalbereich. *$f(t)$ et x ne sont ici que des exemples d'une fonction et d'une variable quelconque du domaine original.*
23	Bildfunktion *fonction opérationnelle* abhängige Variable im Bildbereich *variable dépendante du domaine opérationnel*	$F(s)$ X	$\tilde{x}$	$F(s) = \int_0^\infty f(t)\, e^{-st}\, dt$	Das Nebensymbol $\tilde{x}$ soll nur dann verwendet werden, wenn der Grossbuchstabe schon anderweitig belegt ist. *Le symbole $\tilde{x}$ ne doit être utilisé que lorsque la lettre majuscule est déjà utilisée dans un autre but.*
24	Originalfunktion von... *originale de...*	$\circ\!-\!\bullet$		$f(t) \circ\!-\!\bullet F(s)$; $x \circ\!-\!\bullet X$	Die Schreibweise $f(s) = L[f(t)]$ bzw. $f(t) = L^{-1}[F(s)]$ nach Nr. 6—212 und 213 ist ebenfalls möglich, aber für die Anwendungen in der Regelungstechnik meist zu schwerfällig.
25	Bildfunktion von... *image (transformée) de...*	$\bullet\!-\!\circ$		$\frac{1}{s^2} \bullet\!-\!\circ t$; $X \bullet\!-\!\circ x$	*Les symboles $f(s) = L[f(t)]$ et $f(t) = L^{-1}[f(s)]$ (voir n° 6—212 et 213) peuvent être également utilisés, mais cet usage n'est pas commode pour l'étude de réglages automatiques.*
26	Eingangsgrösse *grandeur d'entrée*	*)	x_e	*) Die Bezeichnung der Ein- und Ausgangsgrössen der einzelnen Elemente erfolgt nach dem jeweiligen Schema (s. Nr. 8 g—1, Beispiel), x ist nur Beispiel. Es kann irgend eine Variable im Original- oder Bildbereich darstellen. In der amerikanischen Literatur findet man x_i, x_o (input, output). *) *La désignation des grandeurs d'entrée et de sortie des différents éléments du circuit de réglage s'effectue selon le schéma indiqué ci-dessus (voir n° 8 g—1). Le symbole x n'est qu'un exemple et peut être remplacé par une variable quelconque du domaine original ou du domaine opérationnel. Dans les publications américaines on utilise souvent les symboles x_i et x_o (input, output).*	
27	Ausgangsgrösse *grandeur de sortie*	*)	x_s		
28	Übertragungsfunktion *fonction de transfert*	$G(s)$		$G_n(s) = \frac{X_n}{X_m}$ Übertragungsfunktion des n-ten Elementes *fonction de transfert du n-ième élément* $G(s) = \frac{X_s}{X_e}$	englisch: transfer function *en anglais; transfer function*
29	Übertragungsfaktor *facteur de transfert statique (caractéristique du régime permanent)*	K		$K = G(0)$	

No.	Nom de la grandeur	Symbole principal	Symbole de réserve	Exemples	Remarques
30	Impulsantwort, Stossantwort *réponse impulsionnelle*	$g(t)$		$g(t) \circ\!\!-\!\!\bullet G(s)$	englisch: impulse response *en anglais: impulse response*
31	Sprungantwort (Übergangsfunktion), Schrittantwort *réponse indicielle*	$\gamma(t)$		$\gamma(t) = \int_0^t g(\tau)\,d\tau \circ\!\!-\!\!\bullet \frac{1}{s} G(s)$	englisch: step response *en anglais: step response*
32	Einheitssprung, Einheitsschritt *fonction unité*	$\varepsilon(t)$		$\varepsilon(t) = \begin{cases} 1 & \text{für } t > 0 \\ \frac{1}{2} & \text{«} \quad t = 0 \\ 0 & \text{«} \quad t < 0 \end{cases}$ $\varepsilon(t-T) = \begin{cases} 1 & \text{pour } t > T \\ \frac{1}{2} & \text{«} \quad t = T \\ 0 & \text{«} \quad t > T \end{cases}$	$\varepsilon(t)$ ist zu unterscheiden von der gleich bezeichneten Funktion der Wahrscheinlichkeitsrechnung, für die gilt: $\varepsilon(t) = \begin{cases} 1 & \text{für } t \geqq 0 \\ 0 & \text{«} \quad t < 0 \end{cases}$ *Le symbole $\varepsilon(t)$ doit être distingué de celui utilisé dans le calcul des probabilités avec la signification suivante;* $\varepsilon(t) = \begin{cases} 1 & \text{pour } t \geqq 0 \\ 0 & \text{«} \quad t < 0 \end{cases}$
33	Einheitsimpuls, Dirac-Impuls *fonction impulsive, impulsion unitaire, impulsion de Dirac*	$\delta(t)$		$x(t) = \int_0^\infty x(\tau)\,\delta(t-\tau)\,d\tau$	
34	Faltungsprodukt *produit composé*	*		$x_s = g(t) * x_e$ wenn / *si* $X_s = G(s) \cdot X_e$	Definition — *définition:* $f_1(t) * f_2(t) = \int_0^t f_1(t-\tau) f_2(\tau)\,d\tau$
	Frequenzgang — *Réponse harmonique*				
	Allgemeine Bemerkung: In allen komplexen Zahlen kann, falls keine Kollision auftritt, auch i statt j geschrieben werden. ***Remarque générale:*** *Tous les nombres complexes peuvent être écrits en utilisant le symbole* i *au lieu de* j.				
35	Frequenzgang, Gangkurve *réponse harmonique (courbe de comportement fréquentielle)*	$G(j\omega)$		$G(j\omega) = \frac{K}{1 + j\omega T}$	Die Relation $G(j\omega) = \lvert G(j\omega)\rvert \cdot \underline{/\arg G(j\omega)}$ kann abkürzend geschrieben werden: $\bar{G} = G \underline{/\varphi}$ Im Bode-Diagramm werden $20 \lg G$ und φ über $\lg \omega$ aufgetragen. *La relation* $G(j\omega) = \lvert G(j\omega)\rvert \cdot \underline{/\arg G(j\omega)}$ *peut être écrite en résumé;* $\bar{G} = G \underline{/\varphi}$ *Lorsque l'on utilise le diagramme de Bode, on porte* $20 \log G$ *et* φ *en fonction de* $\lg \omega$.
36	Amplitudengang *amplitude de la réponse harmonique*	$\lvert G(j\omega)\rvert$	G	$\lvert G(j\omega)\rvert = G = \frac{K}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}}$	
37	Phasengang *déphasage de la réponse harmonique*	$\arg[G(j\omega)]$	φ	$\arg[G(j\omega)] = \varphi = -\operatorname{arc\,tg}(\omega T)$	
38	Beschreibungsfunktion *fonction descriptive du transfert*	$D(j\omega)$	$D(j\omega, \hat{x}_e)$		$D(j\omega)$ ersetzt $G(j\omega)$ für nicht lineare Übertragungsglieder. Wenn die Amplitudenabhängigkeit speziell hervorgehoben werden soll, kann auch $D(j\omega, \hat{x}_e)$ geschrieben werden. $D(j\omega)$ *remplace* $G(j\omega)$ *pour des éléments de réglage non linéaires. Quand on veut mettre en évidence la dépendence de* $D(j\omega)$ *pe l'amplitude du signal on peut écrire* $D(j\omega, \hat{x}_e)$

Nr.	Name der Grösse	Hauptsymbol	Nebensymbol	Beispiele	Bemerkungen
			Statistische Methoden — *Analyse statistique*		
39	Kreuzkorrelationsfunktion *fonction d'intercorrelation*	$\varphi_{ab}(\tau)$		$\varphi_{ab}(\tau) = \lim_{T\to\infty}\left\{\frac{1}{2T}\int_{-T}^{T} f_a(t)\cdot f_b(t+\tau)\,d\tau\right\}$ $\varphi_{ba}(\tau) = \varphi_{ab}(-\tau)$	
40	Autokorrelationsfunktion *fonction d'autocorrelation*	$\varphi_{aa}(\tau)$		$\varphi_{aa}(-\tau) = \varphi_{aa}(\tau)$	
41	Spektraldichte *densité spectrale*	$\Phi(\omega)$		$\Phi(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_{aa}(\tau)\cos(\omega\tau)\,d\tau$	Es wird gelegentlich auch die Normung verwendet: *On utilise également la forme normalisée de la densité spectrale:* $\Phi(\omega) = \frac{2}{\pi}\int_{0}^{\infty} \varphi_{aa}(\tau)\cos(\omega\tau)\,d\tau$
			Zeitfolgenrechnung — *Analyse impulsionnelle*		
42	Zeitfolge, Zeitserie *suite de temps*	$S[f(t)]$	$[f_1, f_2, \ldots]$	$S[f(t)] = [f_1, f_2, f_3, \ldots]$ $S[\varepsilon(t)] = [1, 1, 1, \ldots]$	
43	Zwischenfolge *suite intercalaire*	$S_i[f(t)]$		$f_{i_n} = \frac{1}{2}(f_{n-1} + f_n)$	$\varepsilon(t)$ siehe Nr. 8g—32. Unter Umständen tritt an Stelle der Zeit eine andere unabhängige Variable auf. *Pour la définition de $\varepsilon(t)$ voir n° 8g—32.* *Au lieu du temps peut intervenir une autre variable indépendante.*
44	Treppenfolge *suite échelonnée*	$S_e[f(t)]$		$f_{e_{n-1}} = \frac{1}{2}(f_n - f_{n-2})$	
45	Faltungsprodukt *produit composé*	$S_1 * S_2$			
46	Faltungsquotient *quotient composé*	$S_1 \mathbin{*\!*} S_2$			

Elemente des Strukturschemas — ***Éléments du schéma fonctionnel***

51	Zeitkonstante *constante de temps*	T			
52	Totzeit *retard*	T_t			
53	Nachstellzeit *dosage de la correlation d'intégrale*	T_i	T_n		Im Gegensatz zu Nr. 2—304 wird in der Regelungstechnik T verwendet. *A la différence du symbole donné par n° 2—304 on utilise souvent le symbole T dans la théorie des réglages.*
54	Vorhaltzeit *dosage de la correlation de dérivée*	T_d	T_v		
55	Anlaufzeit *constante d'accélération ou temps de lancer*	T_a			
56	Eigenfrequenz *fréquence propre*	ω_0 ω_n			$n = 1, 2, 3, \ldots$ bei mehreren Eigenfrequenzen. *$n = 1, 2, 3, \ldots$ lorsqu'il y a différentes fréquences propres.*

No.	Nom de la grandeur	Symbole principal	Symbole de réserve	Exemples	Remarques
57	Dämpfung *amortissement*	δ δ_n		$x = ae^{-\delta t} \cdot \sin(\omega_0 t - \varphi)$	$n = 1, 2, 3, \ldots$ bei mehreren Schwingungen. $n = 1, 2, 3, \ldots$ *lorsqu'il y a différentes oscillations.*
58	Übertragungsfaktor eines Einzelgliedes *facteur de transfert d'un élément de réglage*	K_n		$G_n(s) = \frac{K_n(\delta_n^2 + \omega_n^2)}{(s + \delta_n)^2 + \omega_n^2}$	$n = 1, 2, 3, \ldots$
59	Übertragungsfaktor des aufgeschnittenen Regelkreises *facteur de transfert de l'ensemble d'une chaîne de réglage en circuit ouvert*	K	K_{tot}	$K_{tot} = K_1 K_2 K_3$	K_{tot} kann geschrieben werden, falls es zur Unterscheidung gegenüber den Übertragungsfaktoren der einzelnen Elemente erwünscht ist. *Le symbole K_{tot} doit être utilisé lorsqu'il faut le distinguer du facteur de transfert des différents éléments de la chaîne de réglage.*

Prüfzeichen und Prüfberichte des SEV

Die Prüfzeichen und Prüfberichte sind folgendermassen gegliedert:
1. Sicherheitszeichen; 2. Qualitätszeichen; 3. Prüfzeichen für Glühlampen; 4. Radiostörschutzzeichen; 5. Prüfberichte.

5. Prüfberichte

Gültig bis Ende Dezember 1961.

P. Nr. 4279.

Gegenstand: **Luftkonditionierungsapparate**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 35375 vom 17. Dezember 1958.

Auftraggeber: Philco Air Conditioner, Univag Handels AG, Gutenbergstrasse 10, Zürich.

Aufschriften:

PHILCO
Univag Handels AG. Zürich
Philco Air Conditioner
Prüf-Nr. 1:
V 220 Hz 50 W 800 Mod. 9·84
Kältemittel Freon 12
Prüf-Nr. 2:
V 220 Hz 50 W 800 Mod. 10·82
Kältemittel Freon 12

Beschreibung:

Luftkonditionierungsapparate gemäss Abbildung (Prüf-Nr. 1), für Einbau in Wände und Fenster. In einem Blechgehäuse sind folgende Bestandteile eingebaut: Kompressor-Kühlaggregat mit Luftkühlung. Kompressor und Einphasen-Kurzschlussankermotor mit dauernd eingeschalteter Hilfswicklung und Kondensator. Motorschutzschalter. Ventilator, angetrieben durch Einphasen-Kurzschlussankermotor für zwei Drehzahlen

mit Hilfswicklung und Kondensator. Temperaturregler verstellbar. Stufenschalter und Luftklappe ermöglichen folgende Betriebsarten: Schwache oder starke Ventilation, normale oder starke Kühlung. Frischluftzufuhr oder Absaugen von verbrauchter Luft. Zuleitung Doppelschlauchschnur mit Stecker 2 P + E, fest angeschlossen. Abmessungen des Gehäuses: Prüf-Nr. 1, Höhe 330 mm, Breite 630 mm, Tiefe 330 mm; Prüf-Nr. 2, Höhe 430 mm, Breite 690 mm, Tiefe 540 mm.
Die Apparate haben die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden.

Dieses Heft enthält die Zeitschriftenrundschau des SEV (30)

Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, herausgegeben vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein als gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE). — **Redaktion:** Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, Telephon (051) 34 12 12, Postcheck-Konto VIII 6133, Telegrammadresse Elektroverein Zürich. Für die Seiten des VSE: Sekretariat des VSE, Bahnhofplatz 3, Zürich 1, Postadresse: Postfach Zürich 23, Telephon (051) 27 51 91, Telegrammadresse Electrunion, Zurich, Postcheck-Konto VIII 4355. — Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet. — Das Bulletin des SEV erscheint alle 14 Tage in einer deutschen und in einer französischen Ausgabe, ausserdem wird am Anfang des Jahres ein «Jahresheft» herausgegeben. — Den Inhalt betreffende Mitteilungen sind an die Redaktion, den Inseratenteil betreffende an die Administration zu richten. — **Administration:** Postfach Hauptpost, Zürich 1 (Adresse: FABAG Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei AG Zürich, Stauffacherquai 36/40), Telephon (051) 23 77 44, Postcheck-Konto VIII 8481. — **Bezugsbedingungen:** Alle Mitglieder erhalten 1 Exemplar des Bulletins des SEV gratis (Auskunft beim Sekretariat des SEV). Abonnementspreis für Nichtmitglieder im Inland Fr. 50.– pro Jahr, Fr. 30.– pro Halbjahr, im Ausland Fr. 60.– pro Jahr, Fr. 36.— pro Halbjahr. Abonnementsbestellungen sind an die Administration zu richten.
Einzelnummern: Inland Fr. 4.—, Ausland Fr. 4.50.

Chefredaktor: **H. Leuch,** Ingenieur, Sekretär des SEV.
Redaktoren: **H. Marti, E. Schiessl, H. Lütolf, R. Shah,** Ingenieure des Sekretariates.