

Nachteil ist allerdings bei den Quarz-Endmaßen nicht festzustellen, denn hier können keine Roststellen entstehen.

8. Selbst bestens abgewischte Meßflächen der Stahl-Endmaße schließen nicht aus, daß sich noch kleinste Verunreinigungen auf den Meßflächen befinden. Selbst bei fachgemäßem Anschieben zweier Endmaße können diese Verunreinigungen in die Messung eingehen. Anders ist es auch hier wieder bei den Quarz-Endmaßen. Durch die Durchsichtigkeit der Quarz-Endmaße werden derartige unsaubere Meßflächen an Hand der auftretenden Interferenzlinien festgestellt. Bei vollkommen sauberen Meßflächen verschwinden diese Interferenzlinien, d. h. die beiden aneinandergeschobenen Quarz-Endmaße haben optischen Kontakt. Sind trotzdem abgenutzte Stellen auf einem Quarz-Endmaß, so treten an den Stellen der Unebenheiten Interferenzlinien auf. Bei Stahl-Endmaßen muß man zu diesen Prüfungen stets eine besondere Planglasplatte benutzen.

9. Hinsichtlich der Genauigkeit der Endmaße selbst in bezug auf Planparallelität, Mittenmaß und Oberflächenbeschaffenheit dürften bei beiden Endmaßarten keine Unterschiede sein, denn in beiden Fällen müssen die nach DIN 861 geforderten Vorschriften für die verschiedenen Genauigkeitsgrade eingehalten werden.

Man erkennt aus diesen Gegenüberstellungen, daß zweifellos Quarz-Endmaße in einer gewissen Konkurrenz zu den Stahl-Endmaßen getreten sind. Es ist aber keinesfalls zu erwarten, daß das Stahl-Endmaß in

kurzer Zeit, von dem Quarz-Endmaß verdrängt wird. Außer den bereits geschilderten Vorteilen der Stahl-Endmaße in der Meßtechnik wird auch der Anschaffungspreis und die Möglichkeit einer rationellen Herstellung eine große Rolle spielen. Man kann erwarten, daß vielleicht die Quarz-Endmaße zunächst nur in Meßlaboratorien Verwendung finden werden, und zwar als physikalische Urmaße, ähnlich wie man auch Glasmaßstäbe für besondere Zwecke im Meßlabor verwendet. Stahl-Endmaße in den Genauigkeitsgraden 0 bis III werden vornehmlich in den Werkstätten und Kontrollräumen ihre Verwendung finden.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das spannungsfreie Quarz-Endmaß unumstößlich eine umwälzende technische Neuerung darstellt. Man ist zur Zeit noch dabei, wissenschaftliche Untersuchungen, insbesondere auf dem Gebiet der künstlichen Alterung, durchzuführen, und es wird die Zukunft beweisen, ob sich diese neuartigen Meßzeuge in der Praxis durchsetzen.

FgA 1836

Literatur

- [1] „Frage der Endmaße aus Quarz.“ Dingers Polytechn. Journ. 1920.
- [2] „Kurze Endmaße aus geschmolzenem Quarz.“ Report of National Physical Laboratory für 1929.
- [3] Kukkamäki, T. J.: „Untersuchungen über die Meter-Endmaße aus geschmolzenem Quarz.“ Veröffentlichung Physik. Labor der Universität Turku Nr. 2, 1953.
- [4] Günther, E.: „Endmaße aus geschmolzenem Quarz.“ DK 531,718: 663 (018).
- [5] Crasemann: Die Herstellung und die Eigenschaften von Endmaßen aus geschmolzenem Quarz. Werkstattstechnik und Maschinenbau, 47. Jg. (1957), H. 1, S. 48 bis 50.

Die Relais-technik am Rechenautomaten Oprema des VEB Carl Zeiss Jena

Von Nationalpreisträger Dr. W. KÄMMERER, Entwicklungsleiter im VEB Carl Zeiss Jena

DK 621.335.642.1

1. Einleitung

Die am Rechenautomaten Oprema angewandte Relais-technik hat sich in einem nunmehr zwei Jahre dreischichtig laufenden Betrieb bewährt. Da viele Aufgaben steuertechnischer Art zweckmäßiger durch Relaisanlagen als durch Elektronik zu lösen sind, dürfte diese Technik auch über den Rahmen dieser programmgesteuerten Rechenanlage hinaus ein gewisses Interesse finden. Das Relais, als elektromechanisches Bauelement, ist an eine dementsprechend niedrige Arbeitsfrequenz gebunden. Hier bietet es aber Möglichkeiten, mit einem geringen Aufwand an Bauelementen und Energie und mit einer einfacheren logischen Struktur als auf elektronischem Weg auszukommen. Selbst ausgesprochene Großanlagen — die Oprema besitzt 16 626 Relais — lassen sich einwandfrei beherrschen, wenn bei der Herstellung der Relais und beim Betrieb ausreichende Sauberkeit und Sorgfalt aufgewendet wird und durch den Aufbau der Anlage selbst gewährleistet ist, daß die Kontakte nicht unter Spannung geschlossen oder geöffnet werden.

Dauerversuche lassen erkennen, daß unter Stromlast von 200 mA selbst Gold-Nickel-Kontakte nach 25 bis 100 Millionen Umschaltungen unbrauchbar werden,

während bei einer Arbeitsorganisation, die zwar dieselbe Stromlast, diese aber nur in den Schaltpausen zumutet, sich die Kontakte auch nach einer Milliarde Umschaltungen in einwandfreiem Zustand befinden. Den folgenden Betrachtungen ist ein polarisiertes Relais mit zwei stabilen Lagen¹⁾ zu Grunde gelegt, das die Anlage sehr vereinfacht und in der elektrischen Leistungsaufnahme niedrig hält.

Um im logischen Aufbau bei nur einer Kontaktebene Knotenbildungen zu erleichtern, sind drei Spulen vorgesehen. Den dadurch bedingten transformatorischen Verkopplungen der Kreise ist durch Gleichrichter entgegenzutreten. Der relativ niedrigen Arbeitsfrequenz der Relais um 100 Hz entsprechend, genügen hierbei Selengleichrichter.²⁾

2. Das Relais als Informationsspeicher

Das polarisierte Relais mit zwei stabilen Lagen kann im Impulsbetrieb zur Speicherung einer Informations-

¹⁾ Typ 0373, 3 Spulen je 5400 Wdg, 1200 Ohm, 6 V/3 mA, 3—5 ms Umschaltzeit, 30 AW.

²⁾ Typ RFT 18 mm Ø; 1,1 V/40 mA in Vorwärtsrichtung; 12—18 V Sperrspannung.

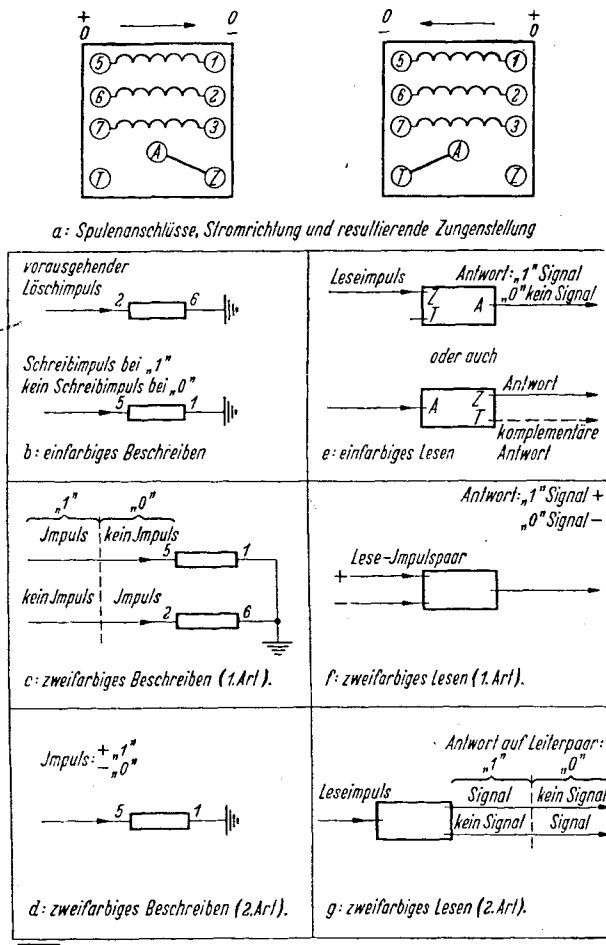


Bild 1 a bis g. Relais als Informationsträger.
(Die Zuordnung „1“ zu Z und „0“ zu T ist willkürlich)

einheit benutzt werden. Das „Beschreiben“ erfolgt dabei mittels eines Stromimpulses durch die Spulen, das „Lesen“ des Inhaltes durch Anlegen eines Impulses an die Kontakte, wobei je nach Lage der Zunge Ströme zustande kommen oder verhindert werden (Bild 1a). Dabei kann Beschreiben wie Lesen „einfarbig“ oder „zweifarbig“ erfolgen. Mit „einfarbigem Beschreiben“ wird dabei das Verfahren bezeichnet, das nur für die eine Polarität der beiden möglichen Informationen „1“ oder „0“ eine bestimmte Lage der Kontaktzunge erzwingt, wobei die andere Lage durch eine vorhergehende „Löschung“ gesichert wird (Bild 1b). „Zweifarbiges Beschreiben“ dagegen erzwingt für beide Informationsmöglichkeiten die zugeordnete Stellung der Kontaktzunge, so daß man hier auch von einem „Überschreiben“ sprechen kann. Dies kann erreicht werden, indem ein Impuls einer bestimmten Polarität wahlweise auf eine von zwei Spulen mit entgegengesetztem Wickelsinn gelenkt wird (Bild 1c), oder indem wahlweise der Impuls passender Polarität aus einem Paar von diesen Impulsen entgegengesetzter Polaritäten zur Auswirkung gelangt (Bild 1d).

Bei „einfarbigem Lesen“ wird entsprechend mittels eines Impulses bestimmter Polarität die Kontaktgruppe so befragt, daß die Antwort im Auftreten oder Nichtauftreten eines Stromes in einer Leitung besteht (Bild 1e).

Das „zweifarbiges Lesen“ dagegen gibt die Antwort entweder auf einer Leitung durch die eine oder andere Po-

larität des entstehenden Stromes, benutzt also ein Impulspaar (Bild 1f), oder auf zwei Leitungen je nach Auftreten eines Stromes bestimmter Polarität auf der einen und gleichzeitigem Nichtauftreten auf der anderen (Bild 1g).

Ein Lesevorgang, der stets mit einem Schreibvorgang an anderer Stelle verknüpft ist, wenn man evtl. Ausgabe auf Glühlampen, Schreibmaschinen usw. mitrechnet, kommt dadurch zustande, daß Impulsspannungen, die gegen Erde stehen, an Impulsleitungen angelegt werden, die sich nun auf ein mehr oder weniger verzweigtes Netzwerk von Relaiskontakten verbreiten und über einzelne Spulen oder parallelgeschaltete Spulen Ströme zur Erde schicken.

Die Grenze in der Anzahl gleichzeitig zu lesender Relais wird durch die Forderung bestimmt, daß die Widerstände eventuell in Serie liegender Kontaktstellen klein gegenüber dem Widerstand einer Spule (1200 Ohm) bleiben müssen. Die Zahl der gleichzeitig zu beschreibenden Relais findet ihre Grenze in der Beschränkung der maximalen Stromlast über einen Relaiskontakt. Es zeigte sich, daß unbedenklich 80 Relaiskontakte in Serie gelegt werden können, während die Stromlast für 40 Relais in Parallelschaltung noch über einen Kontakt geführt werden kann. Diese Angaben sind nicht als Grenzen erkannt worden, sondern nur aus den konstruktiven Anforderungen der logischen Struktur heraus von Interesse gewesen. Größere Stromlasten werden logisch aufgeteilt und getrennt über einzelne Kontaktbahnen geleitet und nicht etwa geschlossen über parallelgeschaltete Kontakte.

3. Das Dreiphasen-Impulsverfahren

Die Forderung, Öffnen und Schließen der Relaiskontakte im spannungsfreien Zustand durchzuführen, läßt sich schon durch ein Zweiphasen-Impulssystem erreichen, wobei die Impulse keine Überschneidung haben dürfen. Da die Kontaktzunge sich nach Kontaktgabe unter dem Einfluß des weiteranliegenden Stromimpulses

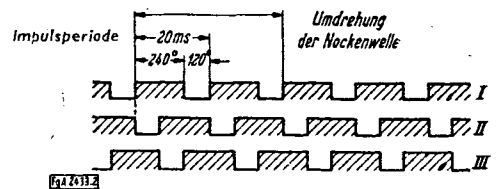


Bild 2. Dreiphasen-Impulssystem

etwas über den Wert durchbiegt, der sich aus der Anziehungskraft des Permanentmagneten ergibt, wird beim Abbrechen des Impulses diese in elastischer Form gespeicherte Energie frei und führt zu einer mehr oder weniger starken Minderung des Kontaktdrucks, wenn nicht gar zu einem zeitweiligen Abheben. Eine Abflachung der hinteren Front des Impulses würde dieser Störung vorbeugen, geht aber ebenso wie Pausen zwischen den Impulsen auf Kosten der Frequenz. Es wird sich daher ein Zweiphasen-System nur für wesentlich langsamere Folgen empfehlen. Im Fall der Oprema wurde es für die Schreibmaschinensteuerung angewandt, die bei etwa 10 Anschlägen pro Sekunde ein zweites langsameres Impulssystem benötigt (s. 6).

Mit einem Dreiphasen-Impulssystem läßt sich dagegen durch passende Überschneidung der Impulse gerade das Intervall des erhöhten Kontaktdrucks für das „Lesen“ benutzen.

Der Impulsgeber ist als umlaufende Welle ausgebildet, deren Nocken Kontaktsätze schalten. Primärseitig laufen außer dem Erdpotential die Gleichspannungen + 6 Volt und - 6 Volt ein, die über eine Transformatorschaltung mit Trockengleichrichter dem Netz entnommen und an einer Akkumulatorenbatterie gepuffert werden.

Sekundärseitig stehen 3 positive und 3 negative Impulspotentiale von je 6 Volt gegen Erde zur Verfügung. Dabei bilden je ein positiver und ein negativer Impuls ein Paar. Die drei Paare sind auf die Impulsperiode bezogen um je 120° phasenverschoben (Bild 2). Auf die

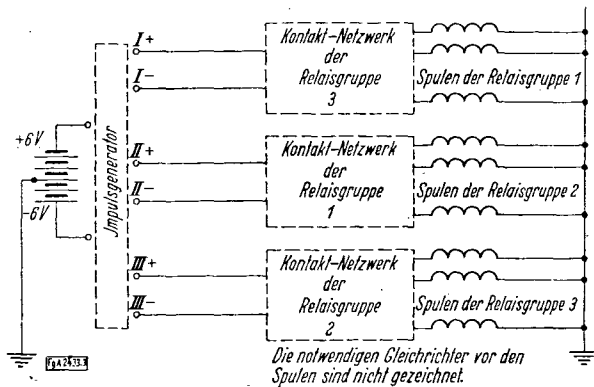


Bild 3. Relaisanlage im Dreiphasen-Impulssystem

umlaufende Welle bezogen, entspricht dies 60°, da einer Umdrehung zwei Impulsperioden zugehören. Jeder Impuls steht $\frac{2}{3}$ der Impulsperiode an, $\frac{1}{3}$ der Periode fehlt er. So ergibt sich eine 50prozentige Überlappung aufeinanderfolgender Impulse, wenn von Einstellungstoleranzen der Kontaktsätze abgesehen wird. Die Frequenz, mit der phasenverschobene Impulse aufeinander folgen, gibt die Schrittfolge der logischen Verknüpfung und ist somit die Arbeitsfrequenz der Anlage. Sie beträgt das Dreifache der Impulsfrequenz einer einzelnen Phase und das Sechsfache der Drehzahl der umlaufenden Welle des Impulsgenerators. Die drei Paare werden ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge entsprechend mit I, II und III gekennzeichnet, wobei auf III zyklisch wieder I folgt, die Impulse darüber hinaus mit jeweils angefügtem + und - unterschieden. Bei einer Drehzahl von 1500 U/min = 25 U/sek liegt die Impulsfrequenz im logischen Ablauf bei 150 Hz. Die Impulsperiode beträgt 20 ms, die Impulslänge 13 $\frac{1}{3}$ ms. Das Relais muß in einer Zeit umschalten, die sicher unter 6 $\frac{2}{3}$ ms liegt, wobei die für den Aufbau des magnetischen Feldes in der Spule nötige Zeit eingeschlossen ist.

Die Gesamtheit der Relais ist auf die drei Phasen aufgeteilt. Jedes Relais ist dabei dem logischen Ablauf entsprechend einer der drei Phasen spulenseitig zugeordnet und kontaktseitig der zyklisch folgenden. Wenn also z. B. ein bestimmtes Relais einmal durch einen Impuls der Phase III „beschrieben“ wird, so muß auch zu anderen Zeiten ein Beschreiben wie auch ein Löschen durch einen Impuls der Phase III erfolgen, während ein Lesen durch einen Impuls der Phase I zu geschehen hat.

Teilt man die Relais nach ihrer spulenseitigen Phasenzuordnung drei Gruppen 1, 2 und 3 zu, so ergibt sich der folgende Zusammenhang:

| Relaisgruppe | Zugeordnete Phase | |
|--------------|-------------------|---------------|
| | spulenseitig | kontaktseitig |
| 1 | I | II |
| 2 | II | III |
| 3 | III | I |

Die Kontakte der Relaisgruppe 3 bilden ein Netzwerk, in das die Impulsleitungen I+ und I- einlaufen. Die Ausgänge führen einzeln über je eine Spule aus der Relaisgruppe 1 zur Erde (Bild 3). Entsprechend laufen die Impulsleitungen II+ und II- in das Kontakt Netzwerk aus Relaisgruppe 1, das wieder über die einzelnen Spulen aus Relaisgruppe 2 zur Erde führt. Schließlich gehören die Impulsleitungen III+ und III- zu dem Kontakt Netzwerk aus Gruppe 2, das seine Erdverbindungen über die Spulen der Gruppe 3 erhält.

Die Kontaktschwierigkeiten, die durch ein solches Dreiphasen-Impulsverfahren von den Relais abgezogen werden, liegen konzentriert an den Generatorkontakten, wo man sie durch geeignete Maßnahmen, wie robuste Ausbildung und prophylaktische Überwachungs- und Austauschmethoden, beherrscht.

Um nach Impulsende eine schnelle Beruhigung auf den Leitungen zu erreichen, wurden diese nach Erde durch Selenplattengleichrichter überbrückt. Da die Last theoretisch zwischen 5 mA beim Schalten eines Relais und einigen Ampere bei Vollast liegen kann, wurde eine Egalisierung durch eine konstante zusätzliche Last von rund 11 Ohm angestrebt (Bild 4).

Fügt man nun einerseits passend in die Netzwerke noch Schalter oder Steckkontakte zur Eingabe der Zahlen und des Programms und evtl. noch Bedienungsschalter für Start und zur Erreichung eines eindeutigen Anfangszustandes, andererseits in die Spulengruppe die Spulen der Zugmagnete einer ideellen schnellen Schreibmaschine und Glühlampen zur Anzeige, z. B. des Endzustandes, so werden nach Einschalten des Impulsgenerators und dann folgendem Bedienen des Startschalters (s. 5.) erstmalig die Impulse etwa der Phase I

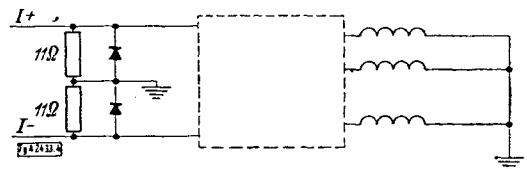


Bild 4. Beruhigung der Leitungen in den Impulspausen

durch das Netzwerk der Relaisgruppe 3 hindurch auf die Empfängerspulen der Relaisgruppe 1 einwirken. Dadurch werden eventuelle Umschaltungen im Kontakt Netzwerk der Gruppe 1 eintreten. Die Impulse der Phase II werden sodann über dieses Netzwerk hinweg auf die Spulen der Gruppe 2 wirken und damit in das Netzwerk der Gruppe 2 eingreifen. Dieses wird dann von Impulsen der Phase III gelesen, was zu Beschreiben der Relaisgruppe 3 führt. Die jetzt wieder folgenden Impulse der Phase I finden damit das Kontakt Netzwerk der Relaisgruppe 3 in einem anderen Zustand vor als beim ersten Mal. So kommt ein zeitlich-logischer Ablauf in Schritten in Gang, der auch Schreibmaschine und Anzeigelampen einbezieht. Dabei werden in jedem Schritt

bestimmte Plangleichungen realisiert, d. h. aus bestimmten Eingangswerten, die in gewissen Relaisgruppen dargestellt sind, an anderen Relaisstellen Ausgangswerte geschaffen, die für weitere Schritte eventuell als Eingangswerte dienen. Diese Schrittfolge in der Realisierung von Plangleichungen wird sich so lange fortsetzen, bis sich die Phasen selbst wechselseitig den weiteren Durchgang durch die Netzwerke soweit abschalten, als damit noch gegenseitige Einwirkungen verbunden sind. Dann ist ein Zustand erreicht, in dem zwar die Impulse nach wie vor anlaufen, aber nur noch auf die Anzeigelampe „Rechnung beendet“ einwirken.

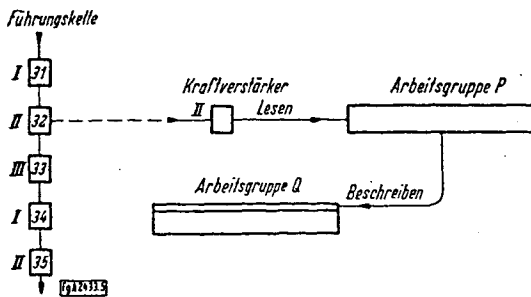


Bild 5. Schema einer Führungskette mit einem Kraftverstärker, über den Arbeitsgruppe P gelesen und Arbeitsgruppe Q beschrieben wird, wenn die Schaltwelle mit der Vorderfront Relais Nr. 32 der Führungskette erreicht hat

4. Relaisketten

Den Gesamtkomplex des logisch-zeitlichen Ablaufs in der durch Bild 3 gegebenen Form entwicklungsmäßig und konstruktiv beherrschen zu wollen, dürfte sehr schwierig und zumindest unbequem sein. Es erscheint daher eine Aufteilung nach logischen Verknüpfungen und zeitlichem Ablauf zweckmäßig. Die Aufgliederung der Gesamtstruktur in einzelne logische Schritte wird jeweils für einen Schritt einen engeren Kreis von Geber- und Empfängerelementen zueinander in Beziehung setzen. Dabei werden sich Gruppen von Elementen herausbilden, die wesensgleich auftreten, auch über den einzelnen Schritt hinaus, wie z. B. Register, Weichen usw., und zu Einsparungen Möglichkeiten geben. So wird die Anlage in eine Reihe von Kreisen aufgespalten werden, die jeweils aus einem Kontaktnetzwerk und Empfängerspulen bestehen. Ordnet man diese Kreise passend den 3 Phasen zu, so könnte man sich den durchzuführenden zeitlichen Ablauf, das sinnvolle Nacheinander der einzelnen Kreise dadurch erreicht denken, daß man die Einspeisung der zugeordneten Impulse durch Schalter vornimmt, die mit einer der Arbeitsfrequenz entsprechenden Geschwindigkeit ein- und auszuschalten wären. Dabei wird auf mehr oder weniger lange Folgen dieser Ablauf der zu bedienenden Schalter festliegen, es werden aber Stellen auftreten, bei denen irgendwie die Funktionsergebnisse im weitesten Sinn berücksichtigt werden müssen. Weiter ist zu beachten, daß auf einen Schritt unter Umständen mehrere Schalter bedient werden müssen, wobei aber auch die einzelnen Schalter bei verschiedenen Schritten unterschiedlich miteinander kombiniert auftreten können. Um zu einer Automatisierung dieses Schaltvorgangs zu kommen, werden diese Schalter als Relais den einzelnen Kreisen zugeordnet und sollen als „Kraftverstärker“ bezeichnet werden. Der Sinn dieser Bezeichnung liegt darin, daß das von dem Zeitablauf kommende Steuersignal nur die Energie für ein Relais, eben diesen Kraftverstärker,

aufzubringen hat, während der Funktionsgruppe selbst, die dadurch über eine Kontaktbahn des Kraftverstärkers direkt an die Impulsleitung gelegt wird, je nach Größe ein Vielfaches zur Verfügung gestellt wird (Bild 5).

Die rein zeitliche Funktion schließlich wird von einem eindimensionalen Schaltgebilde aus Relais, der „Führungskette“, ausgeführt. Diese Führungskette kann Verzweigungsstellen und Vereinigungsstellen besitzen, wobei die nötigen Einsteuerungen aus den Funktionsgruppen, vorwiegend aus dem Befehlsregister, erfolgen. Die über diese Führungskette laufende Schaltwelle wird in geeigneten Zeiten von den einzelnen Relais der Führungskette aus die Kraftverstärker ein- und ausschalten, so daß sich in den Funktionsgruppen die gewünschten Verknüpfungen bilden.

Jedes Relais der Führungskette hat 3 Aufgaben zu erfüllen, wenn es erregt worden ist (Bild 6):

1. Es muß das folgende Relais der Kette erregen. Unter Umständen geschieht dies über ein Weichenrelais hinweg, das aus einer Funktionsgruppe zuvor gestellt wurde.
2. Es muß alle zweitvorhergehenden Führungsrelais löschen, von denen es über die Funktion der möglichen vorhergehenden Relais her seine Erregung erhalten haben könnte.
3. Es muß alle Kraftverstärker der Gruppen erregen bzw. löschen, die im folgenden Schritt ihre Gruppen in Funktion setzen, bzw. eine derartige seitherige Tätigkeit nicht mehr fortsetzen sollen.

Die Forderungen 1. und 2. sind zu erfüllen, um den Zeitablauf aufrecht zu halten, 3. zur zeitgerechten Durchführung der Funktionen in den Gruppen.

Es erscheint notwendig, das Fortschreiten der Schaltwelle in der Führungskette näher zu betrachten.

Infolge der Überlappung stehen im allgemeinen gleichzeitig die Impulse zweier Phasen an. Nur für ein kleines, technisch aber notwendiges Intervall bei Phasenwechsel sind lediglich die Impulse der letzten Phase vorhanden. Dabei liegen in der Führungskette gerade drei aufeinanderfolgende Relais – es seien dies die Nummern 32, 33 und 34 – in Z-Lage, der Durchgangslage (Anker-Z-Kontakt), während alle übrigen in T-Lage sind. Allein das mittlere Relais Nr. 33 trägt dabei über A-Z den III-Impuls, der sich gabelt und einerseits über die Erregerspule des Relais Nr. 34 fließt, andererseits über die Löschspule des Relais 31. Tritt jetzt der Impuls der nächsten Phase I hinzu, so findet er über A-Z des Relais Nr. 34 Durchgang sowohl zur Erregerspule der Nr. 35 wie auch zur Löschspule 32. Es werden in beiden Relais die Anker umgeschaltet, bei Nr. 35 von T nach Z, bei Nr. 32 von Z nach T, wonach wieder ein Zustand erreicht ist, zu dem gerade drei aufeinanderfolgende Relais Z-Lage, alle übrigen T-Lage haben. Dabei ist das gesamte Bild um ein Relais in Vorwärtsrichtung verschoben. Es wandert eine Schaltwelle, bestehend aus drei in Z-Lage befindlichen Relais, durch die Kette. Jeweils nach Phasenwechsel wird an der Hinterfront das letzte Relais nach T zurückgeschaltet, während in der Vorderfront ein Relais zur Z-Lage erregt wird. So wird jedes Relais der Führungskette irgendwann durch einen Impuls seiner Phase nach Z und durch den folgenden Impuls der gleichen Phase nach T geschaltet, steht somit gerade eine Impulsperiode lang in Z-Lage. Wird der Impulsgenerator primärseitig abgeschaltet, so

bleibt die Schaltwelle in der Führungskette stehen. Dabei werden im Normalfall drei aufeinanderfolgende Relais Z-Lage haben. Es können aber auch nur zwei oder sogar vier in dieser Lage sein, da die Umschaltzeiten für die beiden Relais an vorderer und hinterer Front individuell unterschiedlich sein können und der Zeitpunkt der Generatorabschaltung gerade so fallen kann, daß das eine Relais zum Umschalten gekommen ist, das andere dagegen noch nicht.

Von Interesse ist nun die Frage, wie sich bei einem beliebigen Wiedereinschalten des Generators die Schaltwelle verhält. Im Normalfall, daß drei Relais in Z-Lage sind, wird das Wiedereinlaufen glatt vonstatten gehen, wobei es allerdings geschehen kann, daß einmal ein Relais unter Spannung umgelegt wird. Es seien 31, 32 und 33 die drei Relais in Z-Stellung, an denen A-seitig die Impulsleitungen I, II und III liegen. Wenn im Moment des Wiedereinschaltens Impulse der Phase I und II oder II und III gegeben werden, so kommt der Anlauf in normaler Weise in Gang. Würde dagegen als erstes das Impulspaar III und I zum Anstehen kommen, so würde dabei der Impuls III über die Kontakte des Relais 33 das Relais 34 umschalten; andererseits liegt an den Kontakten dieses Relais der Impuls I. Der weitere Ablauf kommt dann normal zustande. Auch der Fall, daß nur zwei Relais in Z-Lage geblieben waren, wird in entsprechender Form wieder in Gang kommen. Sind dagegen vier Relais in Z-Lage geblieben, so wird es vom Zufall abhängen, in welcher Form die Welle zum Anlaufen kommt, da hierbei Impulse der gleichen Phase auf Erreger- und Löschspule des gleichen Relais zu stehen kommen; am wahrscheinlichsten ist zunächst das Weiterlaufen einer Welle, deren Länge sich über vier Relais erstreckt.

Um solche Schwierigkeiten mit Sicherheit zu vermeiden, bedarf es nur der besonderen Betriebsvorschrift, den Impulsgenerator primärseitig erst dann abzuschalten, wenn der Antrieb abgeschaltet und die Nockenwelle zum Stillstand gekommen ist, wie umgekehrt erst wieder primärseitig einzuschalten, ehe die Welle in Drehung versetzt wird.

Um aber auch überraschendem Ausfall des Netzes gewachsen zu sein, wurde die primärseitige Speisung des Impulsgenerators über einen Pufferakkumulator durchgeführt. Fällt das Netz aus, so kommt zwar der Antriebsmotor der Nockenwelle zum Stillstand, die Primärspannung am Generator dagegen steht noch. So wird die gerade in Gang befindliche Rechnung zwar unterbrochen, wird aber bei Wiedereinschalten des Netzes automatisch aufgenommen und ungestört fortgesetzt.

Für den Rechenbetrieb selbst ist eine andere Methode für „Start“ und „Stopp“ vorgesehen. Nach Anlegen der Generatorspeisung und dann folgendem Einschalten des Antriebsmotors läuft die Schaltwelle zunächst in einer Ringkette. Erst durch Bedienung eines Handschalters (5.) wird sie in die Führungskette des Rechenablaufes gesetzt. Nach Vollendung der Rechnung ebenso wie bei willkürlichem oder programmiertem Stoppbefehl kehrt die Welle in diese Ringkette zurück und kreist hier bis zum neuen Startbefehl oder dem betriebsgemäßen Abschalten der Anlage. Die Ringkette ist als Sechserkette gebildet, der kleinsten Kette, die bei dem überlappenden Drei-Phasenbetrieb möglich ist. Über Relais, die in der besprochenen Weise als Kraftverstärker ge-

schaltet sind, ist es möglich, Glühlampenanzeige für die verschiedenen Betriebszustände, unter Umständen auch deren Vorgeschichte, zu schaffen. (Startbereitschaft nach Stopp, Startbereitschaft nach beendeter Rechnung, Rechnung im Gang).

Es liegt in der Natur dieses Verfahrens, daß im allgemeinen nur eine Schaltwelle in dem Netz der Führungsketten läuft. Nur in einigen Fällen sind Stellen vorgesehen, an denen sich die Schaltwelle teilt und außer in der Hauptkette auch in einer parallellaufenden Kette weiterschreitet. Ein solcher Fall liegt zum Beispiel vor, wenn in zwei Abläufen beachtliche Anteile gleich sind. Hier dürfte es ökonomisch sein, diesem gemeinsamen Anteil eine eigene Führungskette zuzuordnen und deren Durchlauf parallel zu dem einen oder anderen Hauptablauf zu legen. Am Ende einer solchen

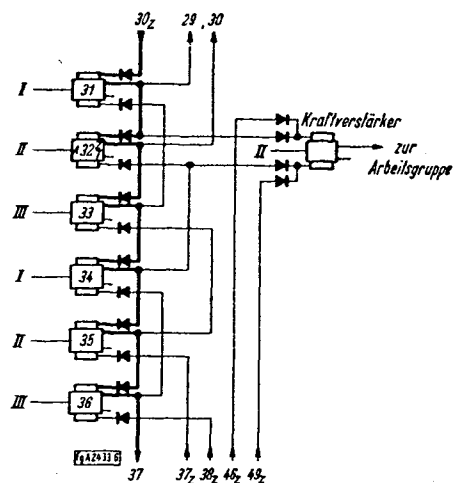


Bild 6. Schaltbild einer Führungskette mit einem Kraftverstärker, der zweimal angesprochen wird. Die Arbeitsgruppe wird gelesen, wenn das Führungsrelais Nr. 32 bzw. 47 gelesen wird

Parallelstrecke muß kein Einlauf in die Hauptlinie stattfinden. Meist greift die Hauptlinie löschend auf das Ende der Parallellinie ein, wenn nicht die Form gewählt wurde, die in die Parallellinie eingelaufene Schaltwelle an deren Ende stehen zu lassen. Wenn den letzten beiden Relais zu Ende des Parallelweges keine Funktionsgruppen zugeteilt sind, wird dieses Anstehen der Schaltwelle nicht stören, solange nicht eine neue Welle dadurch im Vorwärtsschreiten gehindert wird. Dann allerdings gibt es zwischen der stehenden Erregung und der neu einlaufenden Führungswelle Relais, die von der einen Stelle unter Löschstrom, von der anderen unter Erregungstrom gesetzt werden. Diese Schwierigkeit wird dadurch vermieden, daß jeder Einlauf einer Schaltwelle in eine solche „Sackgasse“ selbst durch eine Vorlöschung den Störfried rechtzeitig beseitigt und damit glatten Durchgang findet, bis sie selbst die gleiche Rolle spielt und von ihrer Nachfolgerin beseitigt wird.

An jeder Verzweigungsstelle muß, um ein eindeutiges Vorwärtsschreiten der Schaltwelle zu sichern, die Funktion nach Forderung 1, das ist die Neuerregung eines Relais an der Vorderfront der Welle, über Weichen gelenkt werden. Die Funktion nach 2, das Löschen an der Hinterfront, wird man dagegen aus ökonomischen Gründen direkt aus beiden Zweigen durchführen, ungeachtet der Tatsache, daß nur der eine zum Tragen

kommt, wobei Gleichrichter die dabei auftretenden Zuleitungen zu einer Löschspule passend blockieren (Bild 7).

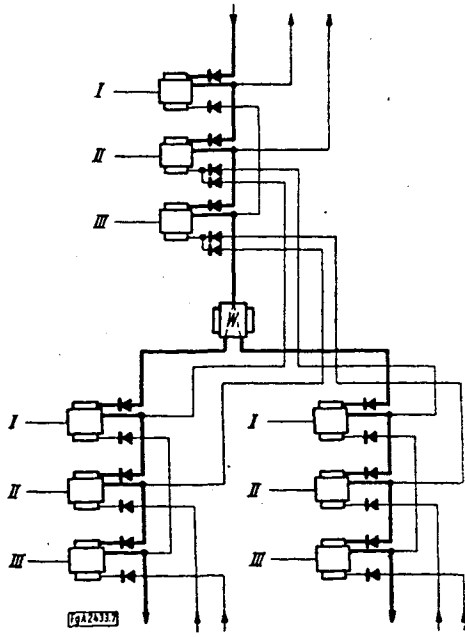


Bild 7. Verzweigungsstelle in der Führungskette

Bei Vereinigungen kommt man ganz ohne Weichen aus, man muß nur einerseits die Erregung aus jedem der Zweige vorsehen, wie umgekehrt das Löschen wieder in jeden zurückschicken.

5. Eingreifen durch Bedienungsschalter in den Kettenablauf

Es muß die Möglichkeit bestehen, mittels Schalter, die von Hand zu bedienen sind, so in den synchronen Ablauf einzugreifen, daß Unsicherheit durch die zufällige Zeitlage, mit der der willkürliche Schaltvorgang auftritt, unter allen Umständen vermieden bleibt. Um dies zu erreichen, ist man zunächst gezwungen, die seitherige Bindung eines Relais hinsichtlich Beschreiben und Lesen an zwei aufeinanderfolgende Phasen hier zu modifizieren, ohne aber dabei das Prinzip der lastlosen Kontaktumlegung zu verletzen. Kommt nämlich der willkürliche Schaltvorgang gerade in die Phase hinein, der das Beschreiben des betreffenden Relais zugeordnet ist oder sogar in die Phase, die durch die Impulsüberschneidung daneben schon den Leseimpuls führt, so wäre eine Spannungsfreiheit für den umzulegenden Kontakt nicht gesichert. Man ordnet daher Beschreiben und Lesen dieser vom Handschalter abhängigen Relais ein und derselben Phase zu, trifft aber Vorkehrungen, daß das Beschreiben und das Lesen aus verschiedenen Stellen der Führungskette heraus erfolgt und somit nicht gleichzeitig auftritt.

Das Verfahren wird an einem Beispiel in Bild 8 erläutert. Es liege eine Sechseringkette vor, in der die Schaltwelle kreise. Durch Bedienung eines Handschalters soll die Schaltwelle aus diesem Kreisen in eine andere äußere Kette überführt werden, die nach einer hier nicht interessierenden Länge wieder in den Ring einmündet. Die äußere Kette vertritt also hier den gesamten Rechenablauf, der Schalter löst den Start zur Rechnung aus und nach Beendigung der Rechnung kreist die Schaltwelle wieder im Sechsering.

Es muß gesichert sein, daß bei ausreichend langem Schalterdruck – wobei man das „ausreichend“ am Erfolg über die Anzeigelampen erkennt – ein einmaliges Auslaufen der Schaltwelle aus dem Ring stattfindet; der Rücklauf und das erneute Kreisen im Ring auch nicht durch einen eventuell noch andauernden Schalterdruck behindert wird, ein erneuter Auslauf dagegen erst nach einer ausreichend langen Freigabe durch erneuten Schalterdruck eingeleitet wird.

Eine direkte Steuerung des Ablaufs durch eine Handweiche läßt sich nicht durchführen, da der Augenblick der Umschaltung nicht mit dem Durchlauf der Schaltwelle durch die Weiche zusammenfallen darf. Verwendet man ein Relais als Weiche, das durch einen Handschalter umgelegt wird, so müssen die Steuerungssignale dabei dem Zyklus entnommen werden.

Der Impuls, der über die Weiche zu laufen kommt, gehört zur Phase III und werde als Signal τ_1 bezeichnet. Zur gleichen Phase gibt die Ringkette davon zeitlich getrennt das Signal τ_2 und der äußere Ablauf das Signal τ^* und eventuell weitere, die hier nicht mehr interessieren.

Je nach Lage der Weiche A oder \bar{A} ergeben sich die Zyklen

$$\begin{array}{l} (\tau_1 \bar{A}) \rightarrow \tau_2 \quad \text{oder} \quad (\tau_1 A) \rightarrow \tau^* \\ \tau_2 \rightarrow \tau_1 \quad \quad \quad \tau^* \rightarrow \tau_2 \\ \tau_2 \rightarrow \tau_1 \end{array}$$

In jedem Fall geht dem τ_1 das Signal τ_2 voraus. Daher kann τ_2 über den Handschalter bei Stellung S benutzt werden, um die Weiche in die Lage A zu bringen. Auch jetzt kann es geschehen, daß der Zeitpunkt der Schalter-

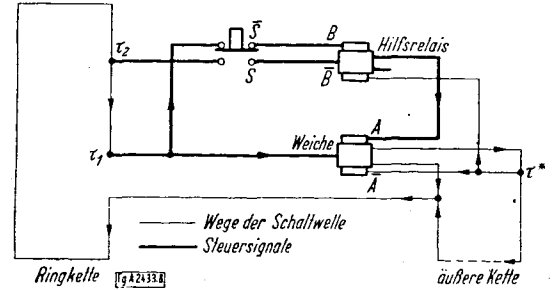


Bild 8. Schema Eingriff über Handschalter in den Kettenablauf

bedienung gerade in die Zeit des anstehenden Signals τ_2 fällt und dadurch unter Umständen die Länge des Signals, die zur Spule des Weichenrelais gelangt, nicht mehr ausreicht, die Weiche umzuschalten. Da aber alle Signale τ_1 , τ_2 , τ^* zur gleichen Phase III gehören, liegen zwischen ihrer Anstehzeit Pausen, die länger sind als die Umschaltzeit eines Relais. Wie nun auch das mehr oder weniger beschnittene Signal τ_2 auf das Weichenrelais eingewirkt hat, bei Beginn des Signals τ_1 wird die Weiche eine eindeutige Lage haben. Sollte sie noch oder nach ungenügendem Anheben wieder die Lage A haben, so wird die Schaltwelle noch einmal in der Ringkette umlaufen. Das nächste τ_2 -Signal wird aber in voller Länge über den Handschalter Stellung S laufen und damit die Weiche in die gewünschte Lage A bringen, so daß jetzt τ_1 τ^* folgen läßt.

τ^* muß nun benutzt werden, die Weiche wieder in die Lage \bar{A} zu bringen, um die nach Durchlauf der äußeren Kette in die Ringkette zurückkehrende Welle in diesen Kreisen zu lassen. Da aber bei der eventuellen Kürze

der Durchlaufzeit durch die äußere Kette keine Gewähr gegeben ist, daß nicht der Handschalter noch in der Stellung S verweilt und damit das erste auf τ^* folgende τ_2 die Weiche wieder auf A bringt und das folgende τ_1 schon wieder in die äußere Kette läuft, muß von τ^* einer Einwirkung dieser eventuell noch vorhandenen Schalterstellung S vorgebeugt werden. Es macht sich daher ein Hilfsrelais nötig, das kontaktseitig in der Verbindung zwischen Schalterstellung S und zu-

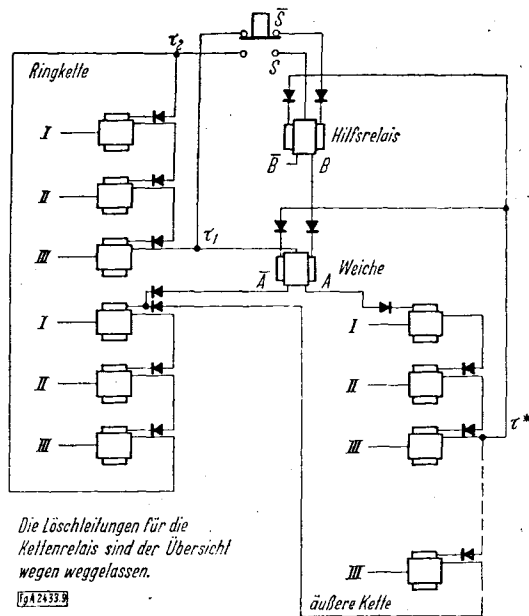


Bild 9. Eingriff über Handschalter in den Kettenablauf

geordneter Spule der Weiche liegt und von τ^* aus so gesteuert wird (\bar{B}), daß diese Verbindung unterbrochen wird. Findet jetzt die in die Ringkette zurückkehrende Schaltwelle den Handschalter noch in der Lage S , so kann τ_2 nicht auf die von τ^* auf \bar{A} gestellte Weiche einwirken, so daß das Kreisen in der Ringkette gesichert ist. Um nun zu einem erneuten Start kommen zu können, muß das Hilfsrelais wieder in die andere Lage B (Bereitschaft) gebracht werden, wobei aber gesichert sein muß, daß zuvor der Handschalter aus der Lage S genommen wurde. Diese Forderung erfüllt man am einfachsten dadurch, daß die andere Lage des Handschalters \bar{S} die Funktion, das Hilfsrelais nach B zu bringen, übernimmt (Bild 9).

6. Verwendung zweier Impulssysteme unterschiedlicher Frequenzen in einer Anlage

Sollen in den Ablauf langsamere Bauelemente wie z. B. Schreibmaschine oder Lochschreiber einbezogen werden, so genügt es im allgemeinen nicht, aus der Impulsfolge durch Ausblendung etwa über eine Ringkette eine langsamere Impulsfolge zu schaffen; es müssen vielmehr auch die Impulslängen verzögert werden, um ein sicheres Ansprechen der trägeren Elemente zu erreichen. Es ergibt sich die Notwendigkeit, neben dem ersten ein zweites Impulssystem vom Generator her bereitzustellen. Dabei muß die Impulsperiode der niederen Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Impulsperiode der höheren Frequenz sein, um einen synchronen Ablauf wie auch Übergang zu ermöglichen.

Im Beispiel der Oprema lag die Notwendigkeit vor, eine elektrische Schreibmaschine zu steuern, wobei die Anschlagfrequenz um 10 Hz liegt. Es wurde die Impulsperiode der niederen Frequenz sechsmal so groß gewählt wie die der höheren Frequenz, somit $20 \times 6 = 120$ ms, einer Anschlagfrequenz von $8\frac{1}{3}$ Hz entsprechend. Bei dieser Frequenz genügt ein Zweiphasensystem. Die Impulslänge wurde zu 40 ms, die Pause zwischen den Impulsen der beiden Phasen zu 20 ms gewählt. Anfang und Ende dieser mit A und B bezeichneten Impulse fallen jeweils auf den Anfang eines I-Impulses, was wieder dem Ende eines II-Impulses entspricht. Es gibt somit jeweils ein Paar aufeinanderfolgender I-Impulse wie auch ein Paar aufeinanderfolgender II-Impulse, die in die Anstehzeit eines A - oder B -Impulses fallen (Bild 10). Diese Tatsache gibt die Möglichkeit zu einem Übergang von einer Arbeitsfrequenz zu der anderen unter Wahrung einer spannungsfreien Umschaltung der Kontakte. Allerdings müssen für diesen Übergang noch zwei weitere Impulsfolgen – sie werden mit AI und BII bezeichnet – bereitstellen. Dabei entsteht die Impulsfolge AI durch 100%ige Modulation der Impulsfolge I durch die Impulsfolge A und die Impulsfolge BII entsprechend durch Modulation der Folge II durch B . Der Übergang einer Kette, die unter der Arbeitsbedingung des Drei-Phasensystems der höheren Frequenz steht, in eine Kette des Zwei-Phasensystems niedriger Frequenz, wie wieder zurück in eine Kette mit höherer Frequenz, vollzieht sich über die modulierten Impulsfolgen dem folgenden Schema entsprechend:

I II III ... I II III AI BII A B ... A B AI II
I II ... I II III

Um die Verhältnisse zu erläutern, werde das Vorwärtsschreiten der Erregung an der Vorderfront einer Schaltwelle und das Löschen an der Hinterfront einer Schaltwelle an den Übergangsstellen betrachtet.

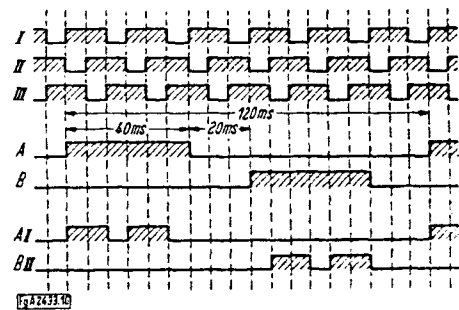


Bild 10. Die Impulse der höheren Frequenz I, II, III
Die Impulse der niedrigen Frequenz A, B
Die Übergangsimpulse AI, BII

Das Weiterschreiten der Vorderfront und der Hinterfront in einer Drei-Phasenkette erfolgt um jeweils ein Relais in $6\frac{2}{3}$ ms. Dieses Intervall werde im folgenden als ein Takt bezeichnet. Wenn die Schaltwelle die Übergangsstelle III-AI erreicht hat, sind in Bild 11 die Relais Nr. 2, 3 und 4 in Z -Lage, alle übrigen in T -Lage. Im allgemeinen wird nun der nächste I-Impuls nicht mit einem AI-Impuls zusammenfallen. Es wird somit ein mehr oder weniger langer Stillstand für die Schaltwelle entstehen, während über die geschlossenen Z -Kontakte der Relais 2 und 3 bedeutungslos Impulse der Phase II und III laufen.

Nun folgt auf den Einsatz des III-Impulses der Beginn des A I-Impulses nach 1,4, 7, 10, 13 oder 16 Takten und entsprechend das Lesen des Relais Nr. 4, das das Weiterstreiten der Schaltwelle nach sich zieht. Während im ersten Fall kein Stillstand eintritt, wird in den folgenden vier Fällen die Schaltwelle 1 bis 4 Perioden anstehen. Im letzten Fall dagegen, der durch ein Intervall

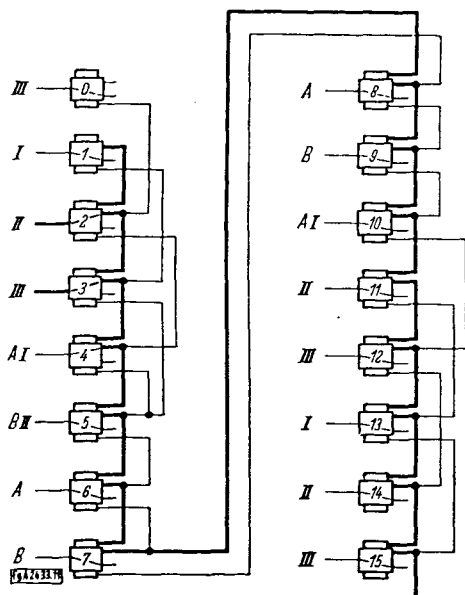


Bild 11. Verknüpfung von Ketten mit unterschiedlicher Frequenz. In der Zeichnung ist der Zustand festgehalten in dem die Vorderfront der Schaltwelle gerade das Relais Nr. 4 erreicht hat. Es stehen die Impulse II und III gerade an. Gleichrichter sind der Übersicht wegen weggelassen

von 16 Takten zwischen Einsatz des III-Impulses und des A I-Impulses gekennzeichnet ist, bei dem der Einsatz des vorhergehenden A I-Impulses also um eine Periode verpaßt ist, bietet sich noch gerade der zweite nachschlagende Impuls des A I zur synchronen Mitnahme an. Auch hier entsteht kein Stillstand der Schaltwelle. Während aber in allen übrigen Fällen der den Weitertransport übernehmende B II-Impuls nach 10 Takten kommt, folgt hier dem Beschreiben des Relais Nr. 5 durch den nachschlagenden Impuls des A I der lesende B II-Impuls schon nach 7 Takten.

Gemeinsam für alle Fälle folgt nach 8 Takten dann dem B II der A- und von da an regelmäßig nach je 9 Takten der A-B-Wechsel. Der Übergang in umgekehrter Weise zur höheren Frequenz vollzieht sich ohne Wartezeiten, da auf einen A I-Impuls stets ein Takt nach seinem Beginn ein II-Impuls folgt.

Während im Drei-Phasensystem die Schaltwelle über drei Relais steht, die Z-Lage haben, und im folgenden Schritt jeweils das hintere gelöscht und zugleich ein Relais an der Vorderfront neu erregt wird, sind beim Zwei-Phasensystem nur zwei Relais in Z-Lage, wobei im nächsten Schritt das letzte gelöscht und an der Vorderfront ein neues Relais erregt wird. Die Verkürzung der Schaltwelle von drei Relais auf zwei Relais in Z-Lage geschieht über das Relais Nr. 5 durch den B II-Impuls. Dieses kann einerseits, da er koinzident mit gewissen II-Impulsen ist, das zu III gehörige Relais Nr. 3 löschen wie andererseits, da er auch koinzident mit dem B-Einsatz ist, das zu A gehörige Relais Nr. 4 löschen. So verschwinden zwei Relais zugleich an

der Hinterfront, während nur eines, nämlich Nr. 6, an der Vorderfront neu hinzukommt. Die Verlängerung der Schaltwelle von zwei Relais wieder auf drei erfolgt durch die Unterlassung einer Lösung bei II über Relais Nr. 11, während das Relais Nr. 12 an der Vorderfront neu hinzukommt. Erst über Relais Nr. 12 hinweg greift III an der Hinterfront wie an der Vorderfront in gleicher Weise an. Relais Nr. 10, das zu A I gehört und somit von B oder III beschrieben werden könnte, wird von III gelöscht; Relais Nr. 13, das zu I gehört, von III erregt.

Die Impulsfolgen A und B werden von einer zweiten Nockenwelle aus gesteuert, die mit der ersten in fester Untersetzung 1:3 verbunden ist.

Die modulierten Impulse A I und B II werden dadurch erhalten, daß die Impulsfolgen I und II entsprechend noch über je einen Kontaktsatz der zweiten Nockenwelle geführt werden. So entsteht als Folge der Serienschaltung das logische Produkt aus I und A bzw. II und B. Um nicht durch unvermeidliche Toleranzen in der Nockenjustierung die resultierenden Impulse A I und B II in ihrer wirksamen Länge zu beschneiden, wurden die für die Produktbildung benutzten A und B mit ihren Einsatz- bzw. Abbrechpunkten zweckdienlich ein wenig verschoben (Bild 12).

Wenn Impulse unterschiedlicher Spannung in der Anlage benötigt werden, z. B. 12 V für die Zugmagnete der Schreibmaschine gegenüber den normalen 6-Volt-Impulsen für die Relaissteuerung, so ist ein besonderer Nockenkontaktsatz vorzusehen und entsprechend primär einzuspeisen.

7. Zusammenfassung

Polarisierte Relais mit zwei stabilen Lagen lassen sich wirtschaftlich und betriebssicher zur Realisierung von Programmabläufen verwenden, wenn die Folgefrequenz 100 Hz nicht wesentlich überschreitet. Dabei sichert ein Dreiphasen-Impulsbetrieb, der von einer umlaufenden Nockenwelle geboten wird, das lastlose und daher ver-

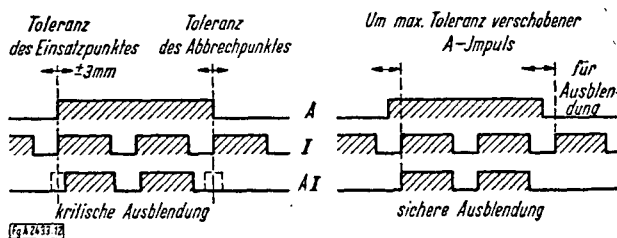


Bild 12. Ausblendung der modulierten Impulse A I

schleißfreie Umschalten der Relaiskontakte. Relaisgruppen sind Träger von Ein- und Ausgangsgrößen der Plangleichungen, Relaisketten übernehmen die zeitliche Führung in Taktschritten entsprechend der logischen Struktur. Langsamere Funktionsträger lassen sich unter Wahrung des lastlosen Umschaltens durch einen kombinierten Impulsbetrieb einbeziehen. Handschalter gestatten willkürlichen Eingriff in den Ablauf.

Eine spätere Abhandlung soll an einer Reihe von Beispielen, die aus der Struktur der Oprema entnommen sind, die Anwendungsmöglichkeiten und die Tragweite des hier geschilderten Verfahrens erläutern. TGA 2433