

AEG



DATENVERARBEITUNG

Kurzbeschreibung

Hybrider Präzisionsanalogrechner RA 770



Kurzbeschreibung

Hybrider Präzisionsanalogrechner RA 770

RA 770-Profil

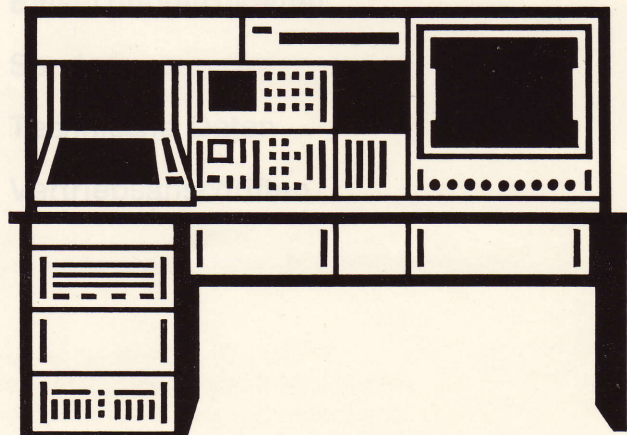
Rechenleistung

Programmierung

Bedienung und Steuerung

Ein-/Ausgabe

Aufbau und Bestückung



| | Seite |
|--------------------------------|-------|
| Allgemeines | 2 |
| RA 770-Überblick | 5 |
| RA 770-Profil | 7 |
| Rechenelemente | 8 |
| Programmierung | 17 |
| Bedienung und Steuerung | 19 |
| Ein-/Ausgabe | 25 |
| Aufbau und Bestückung | 30 |
| Einsatzmöglichkeiten | 35 |
| Service | 39 |
| Technische Daten | 41 |
| Vertriebsanschriften | 45 |

Der Analogrechner hat sich trotz starker Konkurrenz durch den Digitalrechner einen festen Platz bei der Lösung technischer Probleme erworben.

Sein Einsatz ist längst nicht mehr auf den klassischen Anwendungsbereich der Regelungstechnik beschränkt. Aus einem elektronischen Gerät, das nur von Elektrotechnikern zu verstehen und zu bedienen war, hat er sich schnell zu einer Rechenmaschine entwickelt, die heute in vielen Gebieten der Wissenschaft und Technik und nicht zuletzt auch zur Behandlung von rein mathematischen Aufgaben eingesetzt wird.

Neue Bedeutung erhielt er seit einigen Jahren durch die Möglichkeit der Kopplung mit einem Digitalrechner zu einem hybriden Rechnersystem, welches die Vorteile beider Rechnertypen miteinander verbindet und neue Anwendungsgebiete erschlossen hat.

Der Analogrechner unterscheidet sich in Aufbau und Wirkungsweise vom Digitalrechner durch folgende wesentliche Eigenschaften:

> Beim Analogrechner werden die Eingangs- und Ausgangsgrößen durch elektrische Spannungen dargestellt. Die Datenausgabe erfolgt hierbei entweder in Form von Kurven über Oszillographen, XY-Schreiber bzw. Mehrkanalschreiber oder digital über ein Digitalvoltmeter nach entsprechender Umwandlung der analogen Meßgröße in eine digitale Information.

> Das eigentliche Rechenwerk des Analogrechners besteht aus einer Vielzahl einzelner selbständiger Rechenelemente wie Integrierer, Summierer, Multiplizierer, Potentiometer, Funktionsgeneratoren u. a.

> Die Programmierung des Rechners geschieht durch das Zusammenschalten der Ein- und Ausgänge dieser Rechenelemente auf einem Programmierfeld, welches an der Frontseite des Analogrechners gut zugänglich angeordnet ist.

> Die Verarbeitung des jeweiligen Programms erfolgt zeitlich parallel, da alle an der Lösung der Aufgabe beteiligten Rechenelemente gleichzeitig arbeiten.

Dies bedeutet, daß die benötigte Rechenzeit unabhängig vom Umfang des jeweiligen Problems ist.

> Durch einfaches Variieren der vorgebbaren Rechengeschwindigkeit und Rechenzeit lassen sich Zeitraffung und Zeitdehnung erzielen, was sich vorteilhaft bei der Simulation dynamischer Systeme anwenden läßt.

> Der Analogrechner verfügt über das bereits schon erwähnte spezielle Rechenelement: „Integrierer“, welches eine direkte, kontinuierliche Integration und Differentiation – ohne den Umweg über numerische Verfahren – gestattet. Diesem Vorteil gegenüber dem Digitalrechner verdankt der Analogrechner seine besondere Stellung. Er ist immer dort bevorzugt anwendbar, wo Integrationen und Differentiationen notwendig werden. Hieraus lassen sich folgende Anwendungsgebiete ableiten:

- Gewöhnliche lineare und nichtlineare Differentialgleichungen und Systeme solcher Gleichungen.
- In gewissen Grenzen partielle Differentialgleichungen.
- Simulation dynamischer Systeme, die sich durch Differentialgleichungen beschreiben lassen.

RA 770 - Überblick

AEG-TELEFUNKEN hat schon sehr früh die Bedeutung der elektronischen Analogrechner erkannt und bereits 1955 mit eigenen Entwicklungen auf diesem Gebiet begonnen.

Seither wurden diese Produkte ständig weiterentwickelt und verbessert. Das sichert dem Anwender ausgereifte bewährte Technik und Funktionstüchtigkeit.

AEG-TELEFUNKEN kann heute dem Interessenten eine komplette Analogrechner-Familie aus eigener Entwicklung und Herstellung anbieten.

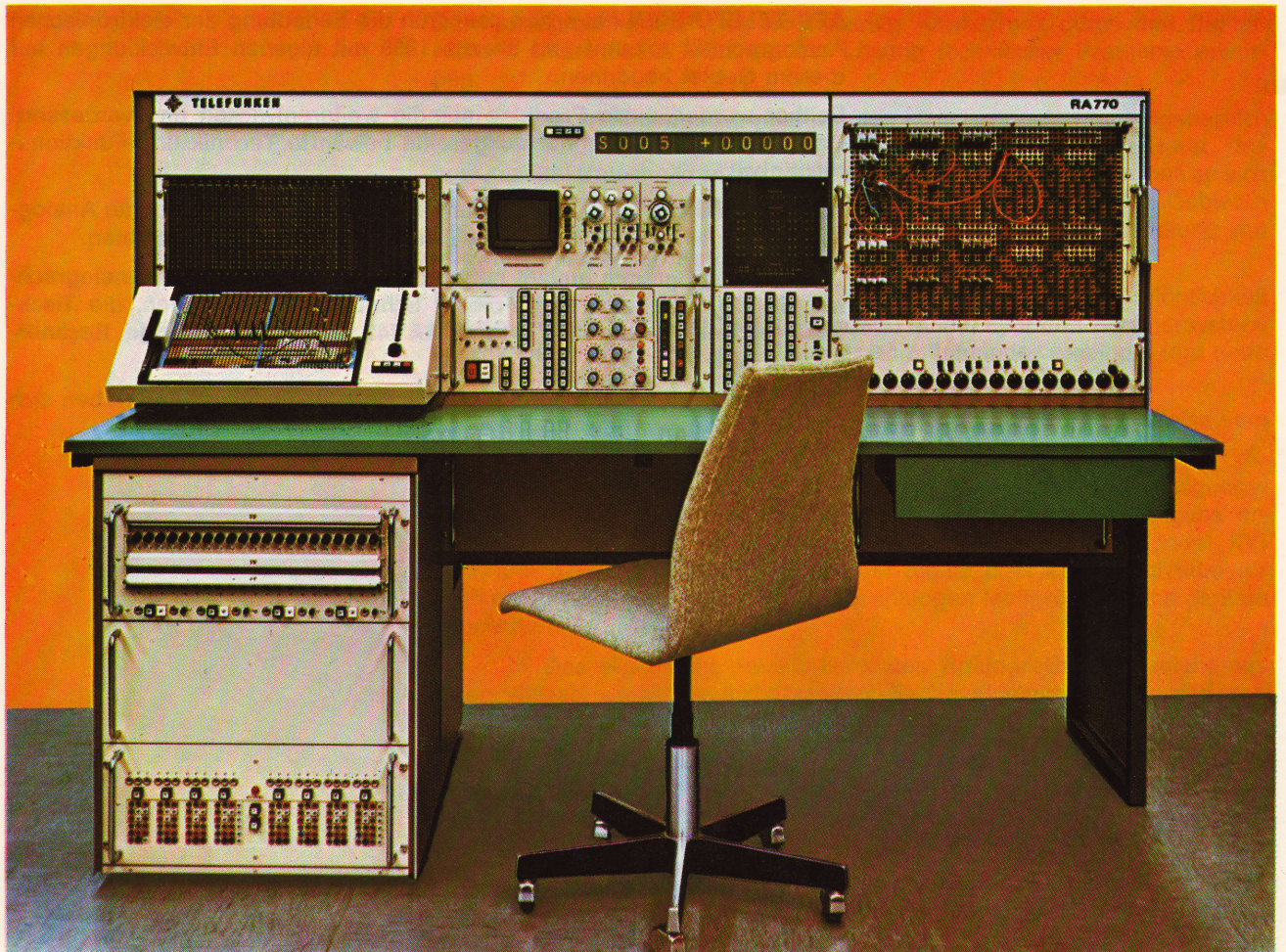
Das Geräteprogramm umfaßt neben dem **Hybriden Präzisionsanalogrechner RA 770**, welchen wir mit dieser Schrift vorstellen wollen, die **Tischanalogrechner-Typen RA 710** und **RA 742** sowie das **Hybride Rechner-system HRS 860**.

Im In- und Ausland sind bereits ca. 500 Anlagen installiert und haben sich auf vielen Gebieten der Wissenschaft und Technik bewährt.

Über das Hybride Koppelwerk HKW 860 läßt sich der RA 770 mit dem Tischanalogrechner TR 86 zum Hybriden Rechner-system HRS 860 zusammenschalten.

Für dieses System steht eine umfangreiche und ausgereifte Hybrid-Software zur Verfügung, welche eine Programmierung auf problemorientierter Sprachenebene erlaubt.

Eine ausführliche Dokumentation ermöglicht leichtes und schnelles Einarbeiten und gibt wertvolle Hinweise auf die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten.



Hybrider Präzisionsanalogrechner RA 770

> Durch einfaches Variieren der vorgebbaren Rechengeschwindigkeit und Rechenzeit lassen sich Zeitraffung und Zeitdehnung erzielen, was sich vorteilhaft bei der Simulation dynamischer Systeme anwenden läßt.

> Der Analogrechner verfügt über das bereits schon erwähnte spezielle Rechenelement: „Integrator“, welches eine direkte, kontinuierliche Integration und Differentiation – ohne den Umweg über numerische Verfahren – gestattet. Diesem Vorteil gegenüber dem Digitalrechner verdankt der Analogrechner seine besondere Stellung. Er ist immer dort bevorzugt anwendbar, wo Integrationen und Differentiationen notwendig werden. Hieraus lassen sich folgende Anwendungsgebiete ableiten:

- Gewöhnliche lineare und nichtlineare Differentialgleichungen und Systeme solcher Gleichungen.
- In gewissen Grenzen partielle Differentialgleichungen.
- Simulation dynamischer Systeme, die sich durch Differentialgleichungen beschreiben lassen.

RA 770 - Überblick

System

Der **Hybride Präzisionsanalogrechner RA 770** ist ein universell einsetzbarer, volltransistorisierter 10V-Analogrechner der Genauigkeitsklasse 0,01 % mit einem Maximalausbau von 142 Rechenverstärkern, 10 Komparatorverstärkern und 84 Koeffizientenpotentiometern.

Seine technische und systemmäßige Konzeption beruht auf umfangreichen Untersuchungen über Schwerpunkte der Analogrechner-Anwendungen und wirtschaftlichen Erweiterungsmöglichkeiten.

Beginnend mit einer einfachen, kostengünstigen Grundausstattung läßt sich der Rechnerumfang über den Maximalausbau eines RA 770 hinaus bis auf insgesamt 3 RA 770-Einheiten erweitern. Es sind dann z. B. 426 Rechenverstärker, davon 90 Integrierer verfügbar. Rechenkomponenten in steckbarer Ausführung bzw. Einschubtechnik sowie eine bereits für den Vollausbau vorverdrahtete Grundeinheit machen dies auf einfache Weise möglich.

Durch Verwendung einer Referenzspannung von 10 Volt zusammen mit einem günstigen Aufbau, wird die erwünschte hohe Bandbreite der Rechenelemente erzielt. Der Vorteil geringen Leistungsbedarfs und damit der Wegfall jeglicher Klimatisierung zeichnet den RA 770 wie alle AEG-TELEFUNKEN-Analogrechner aus.

Die moderne Schreibtischform bietet ein Maximum an Bequemlichkeit und Bedienungsfreundlichkeit bei zweckmäßiger Anordnung und bester Übersicht für alle Bedienungselemente, Anzeigeeinrichtungen und Ausgabegeräte. Kein Teil des Rechners liegt bei Sitzposition des Programmierers oberhalb seiner Augenhöhe und außerhalb seiner Reichweite.

Die Bezeichnung **hybrider** Präzisionsanalogrechner weist bereits darauf hin, daß der RA 770 mit frei programmierbaren Digitalelementen zum Aufbau von Steuerprogrammen bestückt werden kann. Dies bedeutet eine weitgehende Automatisierung des Programmablaufs.

Bereits bei der Systemkonzipierung wurde die Einsatzmöglichkeit in einem hybriden Rechnersystem berücksichtigt.

Über das Hybride Koppelwerk HKW 860 läßt sich der RA 770 mit dem AEG-TELEFUNKEN-eigenen Digitalrechner TR 86 zum Hybriden Rechnersystem HRS 860 zusammenschalten.

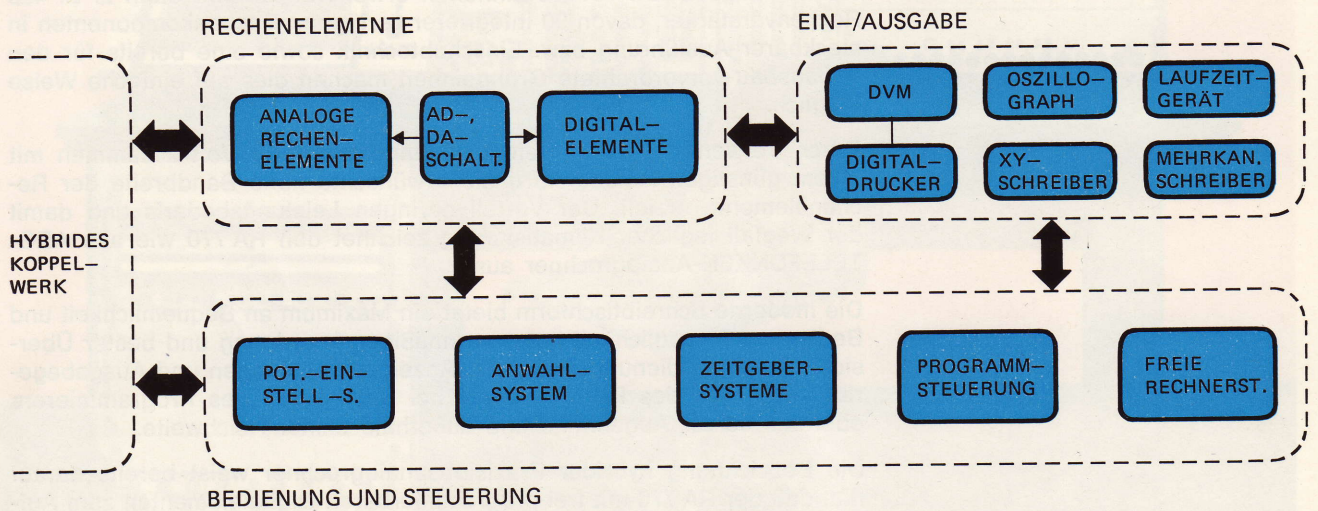
Für dieses System steht eine umfangreiche und ausgereifte Hybrid-Software zur Verfügung, welche eine Programmierung auf problemorientierter Sprachebene erlaubt.

Eine ausführliche Dokumentation ermöglicht leichtes und schnelles Einarbeiten und gibt wertvolle Hinweise auf die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten.

Ein-/Ausgabe

- Programmable Digitalrechner mit festem Code und Ausgabegeräten
- Digitalrechner zur Problemlösung der Digitalrechner-Anzeige
- Ein- und Ausgabegeräte für den Rechner, wie z. B. Drucker und Plotter
- 10-Bit-Anzeige für die Anzeige der Rechenergebnisse
- Mehrsprachige Programmierung
- Elektronische Logik zur Erleichterung der Anschlussmöglichkeiten
- Hybride Koppelwerke zum Anschluß an AEG-TELEFUNKEN-Digitalrechner TR 86

BLOCKSTRUKTUR DES HYBRIDEN PRÄZISIONSANALOGRECHNERS RA 770



Über das hybride Koppelwerk HKW 880 läßt sich der RA 770 mit dem 07/88-TEILRECHNER-System verbinden. TR 88 zum Hybriden Rechner-System HRS 880 zusammenschreiben.

Für dieses System steht eine umfangreiche und ausgereifte Hybrid-Software zur Verfügung, welche eine Programmierung auf problemorientierter Ebene erlaubt.

Eine ausführliche Dokumentation ermöglicht leichtes und schnelles Einrichten und gibt wertvolle Hinweise auf die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten.

System

- Flexibel ausbaufähig vom einfachen Analogrechner bis zum hybriden Rechnersystem.
- 10V-Technik garantiert große Bandbreite der Rechenelemente.
- Geringer Leistungsbedarf von $< 1 \text{ kW}$ erübrigt Klimatisierung und erlaubt Anschluß an normales 220 V/50 Hz-Netz.
- Vorverdrahtet für Vollausbau mit Rechenkomponenten in steckbarer Ausführung bzw. Einschubtechnik.
- Bis zu 2 Nebenrechner vom Hauptrechner aus steuerbar; das bedeutet Verdreifachung des Rechenelemente-Umfanges.
- Parallelschaltmöglichkeit von max. 3 Tischanalogrechnern RA 710, RA 741 oder RA 742.
- Austauschmöglichkeit der nichtlinearen Rechenelemente zwischen RA 770 und den Tischanalogrechnern RA 710, RA 741 oder RA 742.

Grundgerät

- Zentrale und freie digitale Steuerung der Rechenabläufe.
- 9 fest verdrahtete Rechen- und Prüfprogramme durch Tastendruck wählbar.
- Alle Integrierer über den Digitalzusatz einzeln steuerbar.
- 6 digitale Zeitgeber, davon 4 in je zwei Dekaden oder ein Zeitgeber in 4 Dekaden einstellbar.
- Betriebsarten- und Programmwahl sowie automatische Einstellung der Servopotentiometer durch Tastenvorwahl.
- Kontinuierliche Verstellbarkeit der Servopotentiometer in allen Betriebsarten unabhängig vom automatischen Einstellvorgang.
- Getrennte, auswechselbare Analog- und Digital-Programmierungsfelder zur Programmierungserleichterung und wirtschaftlichen Rechnererweiterung.
- Voll abgeschirmtes Analog-Programmierungsfeld sowie Programmierschnüre und Stecker gewähren gute Übersprech-Dämpfung.
- Digitalzusatz individuell bestückbar mit einer großen Anzahl von Digitalelementen.

Rechenelemente

- Aufbau der Rechenelemente in Silizium-Planar-Technik gewährleistet ausgezeichnetes Rausch- und Driftverhalten.
- Rechenverstärker mit 550 kHz Bandbreite, hoher Langzeitkonstanz und kurzer Erholzeit nach Übersteuerung.
- Rechenverstärker, Potentiometer und Referenzspannung gegen Überlastung durch automatische Strombegrenzung geschützt. Kein Auswechseln von Sicherungen notwendig.
- Alle Integrierer umschaltbar als Integrierer/komplementäre Integrierer, Speicher/komplementäre Speicher, Summierer und offene Verstärker.
- Spezielle Integrierer zur Verwendung als Track/Store-Einheiten mit extrem kleiner Folgezeit-Konstante und ausgezeichneten Halte-Eigenschaften. Umschaltbar als Summierer.
- Alle Integrierer mit elektronischen Steuerschaltern (Feldeffekt-Transistoren) und max. 4 Zeitkonstanten.
- Alle Integrierer-Kondensatoren temperaturkompensiert. Keine Thermostat-Stabilisierung notwendig.
- Spezieller Rauschgenerator mit ausgezeichneter Normalverteilung und Leistungsdichte sowie hoher Bandbreite.
- Spezieller Resolver für Koordinaten-Transformation und Koordinaten-Drehung.
- Schnelle Komparatoren, wahlweise mit elektronischen oder mechanischen Komparatorschaltern.
- Komparatorschalter auch als Digital-Analog-Schalter direkt von Digitalelementen steuerbar.
- Festverdrahtete Schieberegister und Zähler, vorwärts- und rückwärtsschiebend bzw. -zählend.

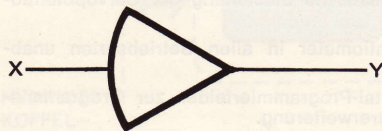
Ein-/Ausgabe

- Eingebautes Digitalvoltmeter mit 4-stelliger Adreß- und 6-stelliger Werteanzeige.
- Digitaldrucker zur Protokollierung der Digitalvoltmeter-Anzeige.
- Eingebauter Zweistrahl-Speicheroszillograph mit umschaltbarer Bandbreite und weitreichender Zeitbasis.
- XY-Schreiber im Schubfach zur funktionsgerechten Handhabung.
- Mehrkanalschreiber anschließbar.
- Elektronisches Laufzeitgerät zur Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten.
- Hybrides Koppelwerk zum Anschluß an AEG-TELEFUNKEN-Digitalrechensystem TR 86.

Der **Hybride Präzisionsanalogrechner RA 770** verfügt dank seiner universellen Verwendbarkeit über alle linearen, nichtlinearen und digitalen Rechenelemente, wie sie für das analoge und hybride Rechnen benötigt werden.

Diese Rechenelemente zeichnen sich durch große statische und dynamische Genauigkeit aus und erlauben hohe Rechengeschwindigkeiten. Besonderes Augenmerk wurde auch auf die Gebrauchsfreundlichkeit und Zuverlässigkeit gelegt (Tabelle der wichtigsten Kenndaten siehe unter Kapitel „Technische Daten“).

Lineare Rechenelemente



Rechenverstärker

Der Rechenverstärker ist der wichtigste Baustein eines Analogrechners. Seine Eigenschaften bestimmen in starkem Maße die statische und dynamische Genauigkeit nicht nur der linearen Rechenoperationen wie Addition und Integration, sondern sie sind auch wesentlich für zahlreiche nichtlineare Rechenoperationen.

Im RA 770 kommen Rechenverstärker verschiedener Ausführungen zur Anwendung, welche den jeweiligen Anforderungen speziell angepaßt sind. Sie sind das Produkt langjähriger Erfahrungen in Entwicklung und Fertigung hochwertiger Gleichspannungsverstärker im Hause AEG-TELEFUNKEN.

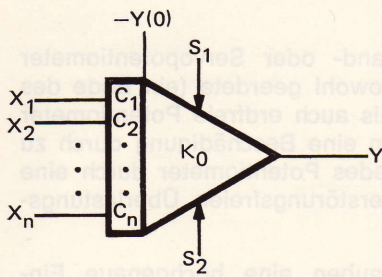
Für alle Rechenverstärker werden besondere Verfahren gegen unkontrollierbare Spannungsschwankungen und Störspannungen (wie z. B. Rauschen und Drift) benutzt.

Bei Rechenoperationen mit hohen Genauigkeitsanforderungen wird die Chopperstabilisierung mit elektronischen Choppern und eigener Chopperspannungserzeugung angewandt.

Neben den chopperstabilisierten Verstärkern stehen sogenannte „drift-kompensierte“ Verstärker zur Verfügung, welche ein weniger aufwendiges Verfahren zur Verminderung des Nullpunktfehlers verwenden. Sie stellen in bezug auf technischen Aufwand und erzielter Genauigkeit eine kostengünstige Alternative zum chopperstabilisierten Verstärker dar. Einsatzmöglichkeiten sind z. B. bei einfachen Invertierungen und als Eingangs- bzw. Folgeverstärker für Multiplikationen gegeben.

Ein häufig auftretender Effekt während des Rechenablaufs ist die Übersteuerung der Rechenelemente durch Normierungs- und Schaltungsfehler. Die daher notwendige Dauer-Kurzschlußfestigkeit wird durch eine Strombegrenzung auf den sogenannten Kurzschlußstrom (s. Technische Daten) erreicht.

Nach Beseitigung der Übersteuerungsursache ist eine schnelle Erholzeit der Verstärker von Interesse. Auch hier wurden spezielle schaltungstechnische Maßnahmen angewandt. Die in den Technischen Daten angegebene Erholzeit bezieht sich auf eine Rückkehr aus 10facher Übersteuerung auf eine Summenpunktsspannung U_{sp} von ≤ 1 mV, also auf den maximalen Komponenten-Fehler von 0,01 %.



Integrierer

Das wichtigste und ureigenste Rechenelement des Analogrechners, der Integrierer, ist im RA 770 mit allem notwendigen Komfort an Steuerungsmöglichkeiten, Geschwindigkeit und Genauigkeit ausgestattet, wie er heute von einem universell einsetzbaren Analogrechner verlangt wird.

Alle Integrierer sind mit elektronischen Steuerschaltern (Feldeffekt-Transistoren) ausgerüstet, die eine minimale Rechenzeit von 100 μ s ermöglichen.

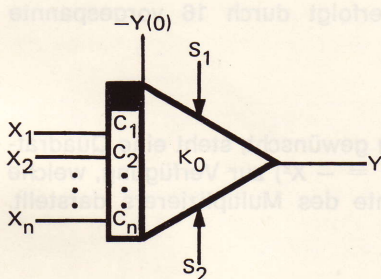
Alle Integrierer sind durch individuelle Umschaltung auch als reine Summierer einsetzbar. Um den automatischen Ablauf iterativer Rechnungen zu ermöglichen, lassen sich ferner alle Integrierer wahlweise als Integrierer/komplementäre Integrierer bzw. Speicher/komplementäre Speicher umschalten.

Für jeden Integrierer stehen 4 Zeitkonstanten zur Verfügung, die sowohl individuell als auch zentral durch Tastendruck („10 x schneller“-Taste) auf den nächstkleineren Wert (nächsthöherer Integrationsfaktor) umschaltbar sind. Die Besonderheit dieser „10 x schneller“-Taste ist, daß außer der Umschaltung auf den nächsthöheren Integrationsfaktor auch die Zeitintervalle für die Pause-, Rechen- und Haltezeiten um den Faktor 10 verkürzt werden, so daß sich auf einfache Weise eine Zeitraffung bzw. Zeitdehnung erzielen läßt.

Bei Verwendung des Digitalzusatzes ergeben sich weitere Möglichkeiten der Integrierer-Steuerung:

- Einzelsteuerbarkeit aller Integrierer in max. 30 Gruppen unabhängig von der zentralen Steuerung
- Automatische Zeitkonstanten-Umschaltung („10 x schneller“-Umschaltung) für zwei Integrierergruppen unabhängig voneinander
- Automatische Zeitkonstanten-Umschaltung in beliebigen Stufen für:
 - a) alle Integrierer gleichzeitig
 - b) max. 6 verschiedene Integrierergruppen unabhängig voneinander
- Start eines neuen Rechenzyklus nach Rechenhalt innerhalb von 10 μ s.

Die Integrier-Kondensatoren haben durch ein besonderes Verfahren der Temperatur-Kompensation vernachlässigbare Temperatur-Koeffizienten. Es ist daher keine Thermostat-Stabilisierung notwendig. Jeder Kondensator ist individuell abgleichbar.



Speicher (Track/Store)

Für besonders hohe Anforderungen an die Folge- und Halteeigenschaften steht ein spezieller Integrierer zur Verfügung, welcher nach dem Prinzip der 3-Schalter-Steuerung arbeitet. Mit diesem Integrierer lassen sich bevorzugt Speicher (Track/Store-Einheiten) realisieren.

Ein normaler Integrierer- und Summiererbetrieb, wie oben beschrieben, ist auch hier möglich.

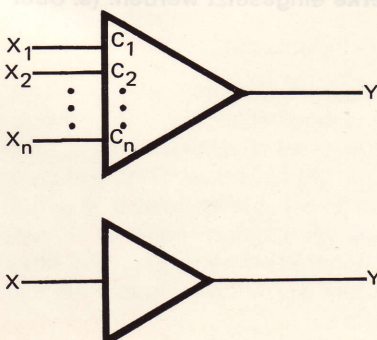
Summierer/Umkehrer

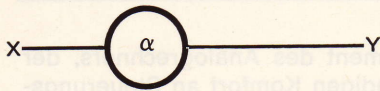
Die Summierer und Umkehrer bestehen jeweils aus dem vorgehend beschriebenen Rechenverstärker und einem zugehörigen Widerstandsnetzwerk.

Die Güte dieses Netzwerkes beeinflusst statische Genauigkeit, Bandbreite, Phasenfehler und Stabilität des Summierers bzw. Umkehrers wesentlich. Daher haben die Netzwerkwiderstände einen Fehler von max. $\pm 0,01\%$ und sind innerhalb eines Netzwerkes ausgesucht, so daß der Fehler innerhalb eines Netzwerkes auf $\leq 0,005\%$ reduziert werden konnte.

Ferner wurde eine Phasenkompensation vorgenommen, was einen Zuwachs an Stabilität und Bandbreite bedeutet.

Die Netzwerkwiderstände erlauben je nach Beschaltung die Bewertung der Eingangsgröße mit den Faktoren 1, 10 und 0,1 (siehe auch Kapitel „Aufbau und Bestückung“).





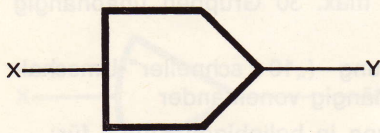
Koeffizientenpotentiometer

Die Koeffizientenpotentiometer – als Hand- oder Servopotentiometer ausgeführt – sind zehngängig. Es sind sowohl geerdete (ein Ende des Widerstandes liegt fest an Rechnererde) als auch erdfreie Potentiometer am Analog-Programmiersfeld verfügbar. Um eine Beschädigung durch zu hohe Strombelastung zu vermeiden, ist jedes Potentiometer durch eine Strombegrenzungslampe, welche einen zerstörungsfreien Überlastungsschutz darstellt, abgesichert.

Alle **Hand-Koeffizientenpotentiometer** erlauben eine hochgenaue Einstellung durch einen Präzisions-Einstellknopf, welcher mit einem Sperrhebel gegen unbeabsichtigtes Verdrehen gesichert werden kann. Eine mechanische Kopplung von jeweils 2 Potentiometern ist für insgesamt 4 Potentiometer vorgesehen (Tandem-Potentiometer).

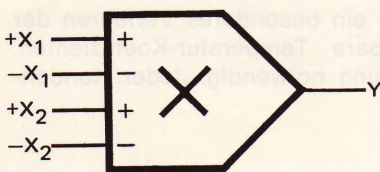
Jedes **Servo-Koeffizientenpotentiometer** hat einen Einstellmotor, ein Getriebe und eine Rutschkupplung. Im Hinblick auf eine hohe Lebensdauer von Motor und Potentiometer wurde die mittlere Einstelldauer auf einen Wert von 1,5 s festgelegt.

Nichtlineare Rechelemente



Schneller repetierender oder iterierender Betrieb stellt auch an die nicht-linearen Rechelemente wie Multiplizierer und Funktionsgeber hohe Anforderungen hinsichtlich der Bandbreite. Aus diesem Grund bestehen die vorgenannten Elemente aus Widerstands-Dioden-Netzwerken, wodurch die Bandbreite im wesentlichen von den vor- bzw. nachgeschalteten Rechenverstärkern bestimmt wird.

Da die Genauigkeit dieser Netzwerke stark von den Temperatur-Koeffizienten der verwendeten Dioden und Widerstände abhängt, werden bei allen Rechelementen besondere Temperatur-Kompensationsverfahren angewandt.

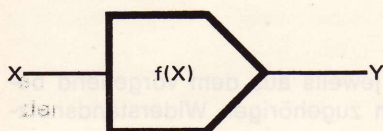


Multiplizierer

Der Multiplizierer, der die Rechenoperationen Multiplizieren und Quadrieren (direkt) sowie Dividieren und Quadrat-Wurzelziehen (zusammen mit einem offenen Verstärker) erlaubt, arbeitet nach dem Zwei-Parabel-Verfahren. Die Nachbildung der Parabel erfolgt durch 16 vorgespannte Diodenstrecken je Parabelast.

Quadratfunktion

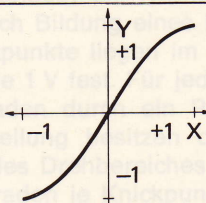
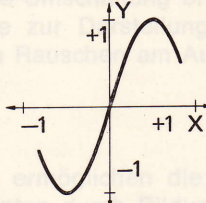
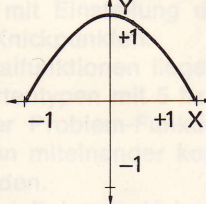
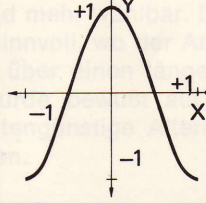
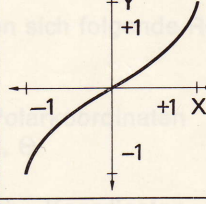
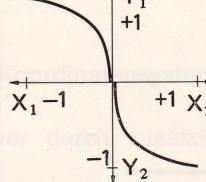
Wird nur die Funktion der Quadratbildung gewünscht, steht eine Quadratfunktion in 2 Ausführungen ($Y = + X^2$, $Y = - X^2$) zur Verfügung, welche eine vereinfachte, kostengünstige Variante des Multiplizierers darstellt.



Feste Funktions-Netzwerke

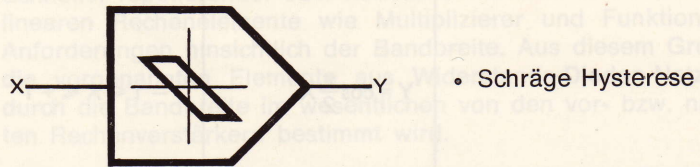
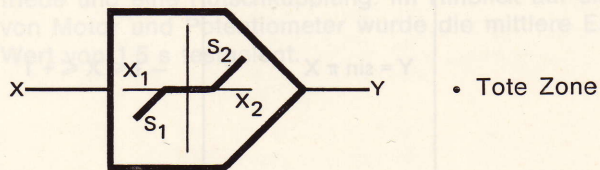
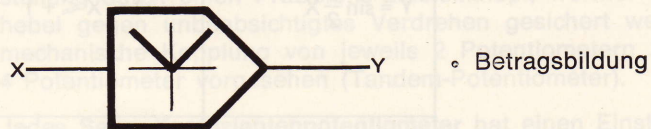
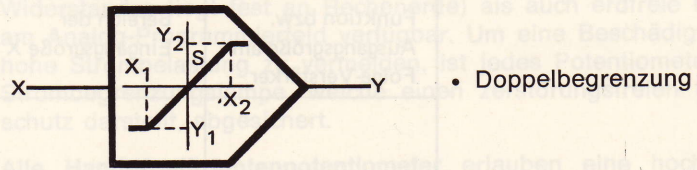
Für häufig vorkommende Funktionen stehen spezielle feste Funktions-Netzwerke zur Verfügung. Im RA 770 können **Sinus-, Cosinus-, Arcus Sinus- und Logarithmus-Funktions-Netzwerke** eingesetzt werden. (s. Übersicht der festen Funktions-Netzwerke)

ÜBERSICHT DER FESTEN FUNKTIONS-NETZWERKE

| Funktion bzw. Ausgangsgröße am Folge-Verstärker | Bereich der Eingangsgröße X | Kennlinie | Nachbildung mit Diodenstrecken |
|--|--|---|--|
| $Y = \sin \frac{\pi}{2} X$ | $-1 \leq X \leq +1$ |  | 2 x 10 |
| $Y = \sin \pi X$ | $-1 \leq X \leq +1$ |  | 2 x 10 |
| $Y = \cos \frac{\pi}{2} X$ | $-1 \leq X \leq +1$ |  | 2 x 10 |
| $Y = \cos \pi X$ | $-1 \leq X \leq +1$ |  | 2 x 10 |
| $Y = \frac{2}{\pi} \arcsin X$ | $-1 \leq X \leq +1$ |  | 2 x 7 |
| $Y_1 = +\frac{1}{2} \lg (-100X_1)$ $Y_2 = -\frac{1}{2} \lg (+100X_2)$ | $-1 \leq X_1 \leq -0,01$ $+0,01 \leq X_2 \leq +1$ |  | 5 5 |

Universal-Knickfunktion

Für spezielle nichtlineare Schaltungen steht die aktive Universal-Knickfunktion mit folgenden Einsatzmöglichkeiten zur Verfügung:



Durch den Einsatz von integrierten Verstärkern, die eine Idealisierung der Dioden-Anlaufcharakteristik bewirken (sog. aktive Dioden), ist die hochgenaue Einstellung von Knickspannungen möglich.

Bei allen Funktionen können pro Karte positive und negative Eingangsspannungen voneinander unabhängig an je zwei eingebauten Potentiometern (Grob- und Feineinstellung) geregelt werden. Eine externe Einstellung über Servo- oder Handpotentiometer ist durch einfaches Umschalten möglich.

Am Beispiel der Begrenzung bedeutet dies: Es sind Maximalwerte im positiven und Minimalwerte im negativen Bereich unabhängig voneinander vorgebar.

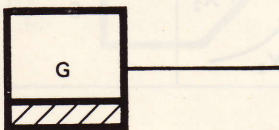
Die pro Karte vorhandenen 2 Knickspannungen lassen sich auch für die Begrenzung einer einzigen Funktion koppeln.

Darüber hinausgehende spezielle nichtlineare Funktionen können mit Hilfe von offenen Verstärkern, erdfreien Potentiometern, Kondensatorsteckern, Diodensteckern und Komparatoren, welche alle am RA 770 verfügbar sind, realisiert werden.

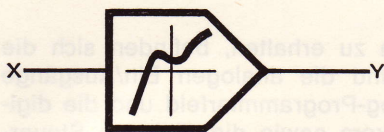
Rauschgenerator

Mit dem Rauschgenerator läßt sich das Verhalten von Systemen bei regellosen Störungen (stochastische Vorgänge) untersuchen.

Als Quelle für die benötigte statistisch schwankende Spannung wird eine Zenerdiode verwendet. Ein eingebauter Regelverstärker mit nachgeschaltetem Modulator und Tiefpaßverstärker (Tschebyscheff-Filter 3. Ordnung) sorgen für eine hohe Annäherung an die Normalverteilung (Gauß-Verteilung) und konstante Leistungsdichte (von 0 bis nahezu 5 kHz) bei vernachlässigbarem Mittelwert des Rauschsignals. Ein weiterer Vorzug dieses speziellen Rechenelements ist die hohe Bandbreite (0...4,5 kHz), wodurch auch kurzzeitig entnommene Proben des Rauschsignals als statistisch unabhängig betrachtet werden dürfen.



Funktionsgeber



Für die Nachbildung beliebiger Funktionen stehen im RA 770 grundsätzlich 2 Funktionsgeber-Typen zur Verfügung, die sich im wesentlichen durch Zahl und Verschiebbarkeit der Knickpunkte (Abszissenabschnitte) unterscheiden.

Variabler Dioden-Funktionsgeber

Der Variable Dioden-Funktionsgeber erlaubt die Nachbildung beliebiger Funktionen in allen 4 Quadranten durch Bildung eines Polygonzuges mit 20 Strecken-Abschnitten. Die 20 Knickpunkte liegen im Bereich zwischen $+10\text{ V}$ und -10 V in Abständen von je 1 V fest. Für jeden Knickpunkt ist die Steigung der Approximationsgeraden durch ein Potentiometer einstellbar. Zur Erleichterung der Einstellung besitzen die Potentiometer Feintriebe für eine Versechsfachung des Drehbereiches.

Für die maximale Steilheit der Teilgeraden je Knickpunkt sind die Werte $\pm 1,7\text{ V/V}$ und $\pm 5\text{ V/V}$ wählbar. Diese Umschaltung bringt Vorteile, weil mit kleineren Maximal-Steilheiten, die zur Darstellung von Funktionen oft ausreichen, geringere Fehler durch Rauschen am Ausgang erreichbar sind.

Einstellbare Universalfunktionen

Die Einstellbaren Universalfunktionen ermöglichen die Nachbildung beliebiger Funktionen in allen 4 Quadranten durch Bildung eines Polygonzuges aus mehreren Diodenstrecken mit Einstellung der Nullpunktlage, variabler Steigung und einstellbaren Knickpunkten.

Die Vorteile der Einstellbaren Universalfunktionen liegen in der Möglichkeit, mit verschiedenen wählbaren Kartentypen mit 5 bzw. 6 Diodenstrecken eine individuelle Nachbildung der Problem-Funktion realisieren zu können. Es lassen sich mehrere Karten miteinander koppeln, wobei normalerweise 4 Karten eine Funktion bilden.

Durch entsprechende Beschaltung des Folgeverstärkers sind maximale Steigungen zwischen $0,3\text{ V/V}$, 3 V/V und mehr wählbar. Der Einsatz dieser Funktionsgeber-Karten ist überall da sinnvoll, wo der Anwender sich spezielle Funktionen nachbilden will, die über einen längeren Zeitraum unverändert bleiben sollen. Deshalb wurde bewußt auf größeren Bedienungskomfort verzichtet, um eine kostengünstige Alternative zum Variablen Dioden-Funktionsgeber zu erzielen.

Elektronischer Resolver

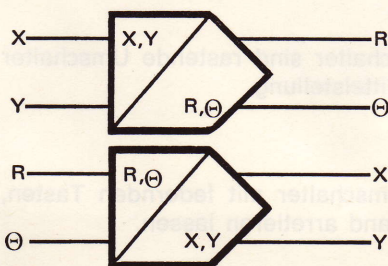
Mit dem Elektronischen Resolver lassen sich folgende Rechenoperationen durchführen:

- Koordinatentransformation:
Kartesische Koordinaten \rightarrow Polarkoordinaten
 $X, Y \rightarrow R, \Theta$
- Koordinatentransformation:
Polarkoordinaten \rightarrow Kartesische Koordinaten
 $R_1, \Theta \rightarrow X_1, Y_1$
 $R_2, \Theta \rightarrow X_2, Y_2$
- Drehung eines kartesischen Koordinatensystems um einen vorgebbaren Winkel
- Verwendung als Rate-Resolver durch zusätzliche Beschaltung mit RA 770-Rechenelementen.

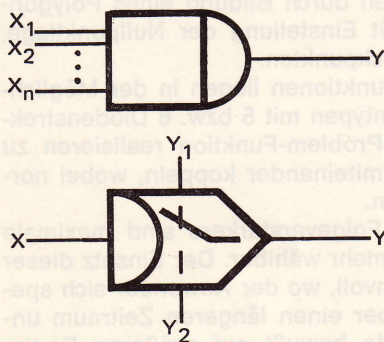
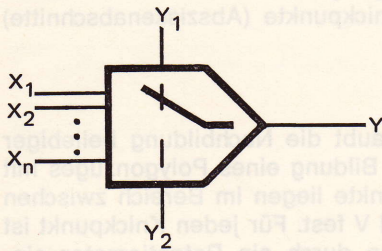
Wenn der Resolver nicht für Koordinatenwandlung benötigt wird:

- Durchführung von 4 Multiplikationen mit hochgenauen Parabelmultiplizierern einschließlich Umkehrverstärker (2×2 abhängige Produkte)
- 6 Umkehrungen.

Im Elektronischen Resolver werden genaue und temperaturstabile Dioden-Funktionsgeber und Parabelmultiplizierer verwendet. Dadurch lassen sich große Bandbreiten und eine ausgezeichnete Nullpunkt Konstanz erzielen. Die Genauigkeit liegt in derselben Größenordnung wie bei hochpräzisen Servowandlern.



Schalter



Komparatoren

Die Komparatoren des RA 770 unterscheiden sich gegenüber dem herkömmlichen Komparator durch ihre Aufspaltung in einen Komparatorverstärker (Analog-Digital-Schalter) und zwei Komparatorschalter (Digital-Analog-Schalter).

Um optimale Beschaltungsmöglichkeiten zu erhalten, befinden sich die Eingänge des Komparatorverstärkers und die analogen Ein/Ausgänge des Komparatorschalters auf dem Analog-Programmierungsfeld und die digitalen Ausgänge des Komparatorverstärkers sowie die digitalen Steuerungseingänge des Komparatorschalters auf dem Digital-Programmierungsfeld.

Am Digital-Programmierungsfeld besteht nun die Möglichkeit, beliebige Komparatorverstärker und Komparatorschalter

direkt miteinander zu koppeln oder

mit ihren digitalen Schnittstellen in frei programmierbare Steuerungsschaltungen (s. freie Rechnersteuerung) einzubeziehen,

und somit eine Verbindung zwischen den analogen Rechenelementen und Digitalelementen, als typische Eigenschaft eines hybriden Analogrechners, herzustellen.

Bei Anlagen ohne Digitalzusatz sind jeweils zwei Komparatorschalter mit einem Komparatorverstärker fest gekoppelt.

Für jeden **Komparatorverstärker** oder **Analog-Digital-Schalter** ist eine asymmetrische Hysterese über ein zugeordnetes Potentiometer einstellbar, um eindeutige Komparator-Entscheidungen zu erzielen.

Die **Komparatorschalter** oder **Digital-Analog-Schalter** sind so ausgeführt, daß sie wahlweise vom Komparatorverstärker oder von beliebigen Digitalelementen des Digitalzusatzes aus steuerbar sind (s. Kapitel „Bedienung und Steuerung“).

Alternativ zum Komparatorschalter in elektronischer Bauweise zur Erzielung kurzer Schaltzeiten sind auch mechanische Komparatorschalter (Relais) verfügbar, wenn ideale Schalter-Eigenschaften gewünscht werden.

Funktionsschalter

Funktionsschalter dienen zum manuellen Schalten analoger und digitaler Signale, wobei die Ein- und Ausgänge dieser Schalter am Analog- bzw. Digital-Programmierungsfeld zugänglich sind.

Schalten von analogen Signalen

Die entsprechenden Funktionsschalter sind rastende Umschalter mit Kipphebel und definierter Mittelstellung,

Schalten von digitalen Signalen

Diese Funktionsschalter sind Umschalter mit federnden Tasten, welche sich im gedrückten Zustand arretieren lassen.

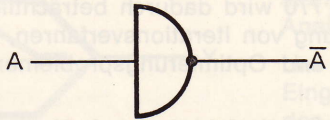
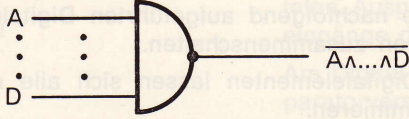
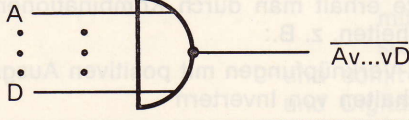
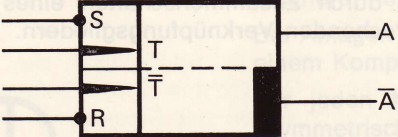
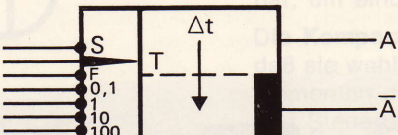
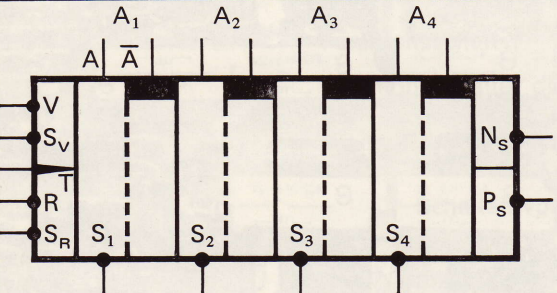
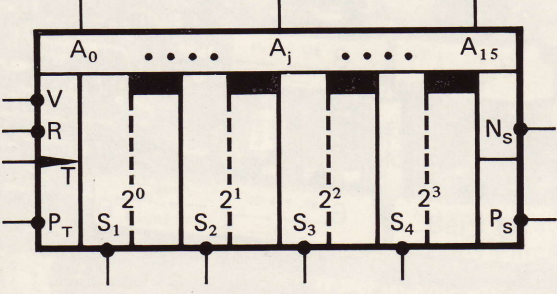
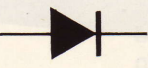
Schrittschalter

Es handelt sich hier um einen dekadischen Zähler mit gesteuerten Relais, der sich besonders für folgende Funktionen eignet:

- Automatische Parametervariationen:
Bei 2 Parametern: max. 10 verschiedene Werte pro Parameter,
bei 1 Parameter : max. 20 Werte.
- Automatisches Anwählen von Rechenelementen, z. B. zum Zwecke des Ausdrucks von Rechenergebnissen.

Der Schrittschalter ist frei programmierbar, so daß sich am Digital-Programmierungsfeld vielfältige Steuerprogramme für o. g. Funktionen zusammenstellen lassen.

ÜBERSICHT DER IM RA 770 EINSETZBAREN DIGITALELEMENTE

| Typ | Schaltzeichen | Funktion | Ausführung |
|--------------|---|---|--|
| INV |  | Umkehrung eines logischen Signals (Inverter) | 1 Eingang, 1 Ausgang |
| NAND2 |  | "UND"-Verknüpfung (Konjunktion) mit negierten Ausgängen | 2 Eingänge, 2 parallele Ausgänge |
| NAND4 | | | 4 Eingänge, 4 parallele Ausgänge |
| NOR2 |  | "ODER"-Verknüpfung (Disjunktion) mit negierten Ausgängen | 2 Eingänge, 2 parallele Ausgänge |
| NOR4 | | | 4 Eingänge, 4 parallele Ausgänge |
| FF |  | Flipflop mit Vorspeicher. Je nach Beschaltung und Programmierung als JKT- oder RST-Flipflop verwendbar. | 4 Eingänge (R, S, T, \bar{T}) 4 Ausgänge (2 x A, 2 x \bar{A}) |
| MF |  | Monoflop (monostabiler Multivibrator) Impulse mit einer Dachlänge von 10 μ s - 1,2 s einstellbar | 2 Eingänge (S, T) 2 Ausgänge (A, \bar{A}) 6 Steuereingänge u. 1 Potentiometer zur Einstellung der Impulslänge |
| SR | | 4 Bit - Schieberegister für Parallel- und Serien-Einspeicherung, vorwärtsschiebend | 4 Flipflops |
| SR2 |  | 4 Bit - Schieberegister für Parallel- und Serien-Einspeicherung, vorwärts- und rückwärtsschiebend | 4 Flipflops |
| ZL | | Zähler, Dekodierung 1 aus 16, Parallel-Einspeicherung, vorwärtzzählend | 4 Flipflops |
| ZL2 |  | Zähler, Dekodierung 1 aus 16, Parallel- und Serien-Einspeicherung, vorwärts- und rückwärtzzählend. | 4 Flipflops |
| Freie Dioden |  | z.B. zur Erweiterung der Anzahl der Eingänge bei NAND2 und NAND4 | |

Programmierung

Das Programmierungssystem des RA 770 ist auf einen möglichst universellen Einsatz zugeschnitten. Art und Anordnung der beschaltbaren Ein- und Ausgänge der Rechenelemente auf dem Programmierfeld wurden so gewählt, daß eine größtmögliche Verfügbarkeit für die verschiedenartigsten Problemlösungen gewährleistet ist.

So sind z. B. von den max. 142 Rechenverstärkern 60 Stück als sog. offene Verstärker ausgeführt (wichtig für implizite Rechentechniken) und werden durch einfache Beschaltung mit Kurzschlußsteckern zu Integrierern, Speichern, Summierern oder Umkehrern.

Da die Summenpunkte aller offenen Verstärker und weiterer 10 Umkehrer (mit fester Rückführung) ebenfalls am Programmierfeld zugänglich sind, lassen sich durch Hinzuschalten von freien Widerstandsnetzwerken bei den Integrierern und Summierern die Zahl ihrer Eingänge erhöhen und Umkehrer zu Summierern erweitern (siehe hierzu auch Kapitel „Aufbau und Bestückung“). Die gebräuchlichsten Schaltungen lassen sich unter weitgehender Verwendung von Steckern, also mit einem geringen Aufwand an Programmierschnüren realisieren.

Die Analog- und Digital-Programmierfelder sind voneinander räumlich getrennt und auswechselbar. Dies bringt Vorteile, weil dadurch z. B. unnötige Doppelprogrammierungen vermieden werden können. Vielfach werden gleiche Digitalprogramme mit verschiedenen Analogprogrammen kombiniert, so z. B. bei Anwendung derselben Optimierungsstrategie auf verschiedene Analogprogramme.

Auch der umgekehrte Fall tritt auf, wenn bei gleichbleibendem Analogprogramm die digital programmierte Optimierungsstrategie durch Auswechseln des Digital-Programmierfeldes geändert wird.

Bei Erweiterung der Rechanlage um Nebenrechner wirkt sich der Vorteil von separaten Analog- und Digital-Programmierfeldern ebenfalls positiv aus, da die Steuerung des Programmablaufs am Nebenrechner ebenfalls vom digitalen Steuerprogramm des Hauptrechners aus erfolgen kann.

Analog-Programmierfelder

Die auswechselbaren Analog-Programmierfelder bestehen aus gebohrten Metallplatten mit 1872 Programmierbuchsen, die sich mit Hilfe einer Parallelführung leicht auf das Buchsenfeld auffahren lassen. Die Programmierung erfolgt mit abgeschirmten Steckern und Programmierschnüren, wobei das Programmierfeld selbst die gemeinsame Masseverbindung herstellt.

Die Programmierfelder sind in 10 Einzelfelder gegliedert, welche untereinander weitgehend identisch sind. Das bedeutet eine große Erleichterung für den Anwender, da er im wesentlichen nur den Aufbau eines Einzelfeldes kennen muß. Die Felder weisen einen sinnvollen Farbcode für die Programmierbuchsen auf und enthalten eindeutige Kennzeichen für die Rechelemente.

Neben den Anschlüssen der Rechelemente sind am Analog-Programmierfeld diverse Steuerbuchsen, freie Eingangsnetzwerke, Vielfachbuchsen, beliebig verwendbare Querverbindungsleitungen zum Digital-Programmierfeld, zu Nebenrechnern oder Extern-Geräten sowie die Leitungen zu den Ein-/Ausgabegeräten vorhanden. Ebenfalls bereits eingebaut sind die Ein-/Ausgänge für den Datentransfer bei Betrieb in einem hybriden Rechnersystem. (Einzelauflistung siehe Kapitel „Aufbau und Bestückung“).

Digital-Programmierfelder

Die auswechselbaren Digital-Programmierfelder bestehen aus Kunststoff und haben 1768 Programmierbuchsen. Die Programmierung erfolgt mit ungeschirmten Steckern und Programmierschnüren. Ein ebenfalls günstiger Farbcode und mnemotechnische Buchstaben-Kennzeichen gestatten das schnelle Erlernen der Buchsenanordnung. Außerdem sind diverse Steuerleitungen für den Analogrechner und die Ein-/Ausgabegeräte, Vielfache, beliebig verwendbare Querverbindungsleitungen (z. B. zum Analog-Programmierfeld) verfügbar. (Einzel-Auflistung siehe Kapitel „Aufbau und Bestückung“).

13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23



Q0

Q1



ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT
AEG-TELEFUNKEN
Fachbereich Informationstechnik
775 Konstanz, Bücklestraße 1-5

DZ 772
Digital-Print

Druckschriften-Nr. APR 016 1173
Nachdruck nur mit Quellenangabe gestattet
Printed in Western Germany

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11

12 13 14

00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11

ZG 1 ZG 2 ZG 3

WT

OK2 OK3 OK4 OK5 OK6 OK7 OK8 OK9 1K0 1K1 1K2 1K3 1K4 1K5 1K6 1K7 1K8 1K9 2K0 2K1 2K2 2K3 2K4 2K5

Q00 Q01 Q02 Q03 Q04 Q05 R00 H00 R01 H01 R02 H02 R10 H10 R11 H11 R12 H12 R20 H20

Q06 Q07 Q08 Q09 Q10 Q11 R50 H50 R51 H51 R52 H52 R60 H60 R61 H61 R62 H62 R70 H70

U2 U3 U4 U5 02SE 02SU 0P 0R1 0R2 0H1 0H2 ZG 1 ZG 2 ZG 3 ZG 4 ZG 5 ZG 6 P P r1 h1 r2 h2

V2 V3 V4 V5 12SE 12SU 1P 1R1 1R2 1H1 1H2

W2 W3 W4 W5 22SE 22SU 2P 2R1 2R2 2H1 2H2

PAT EZT ZLS ZES 10 AL 11 12 13

1 PA 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 5 UB 6 7 8 9 10 11 12

12 13 14

ZG 4

WT

2K6 2K7 2K8 2K9

R21 H21 R22 H22 R30 H30 R31

R71 H71 R72 H72 R80 H80 R81

H1E H2E 1T2 2T1 UH FA

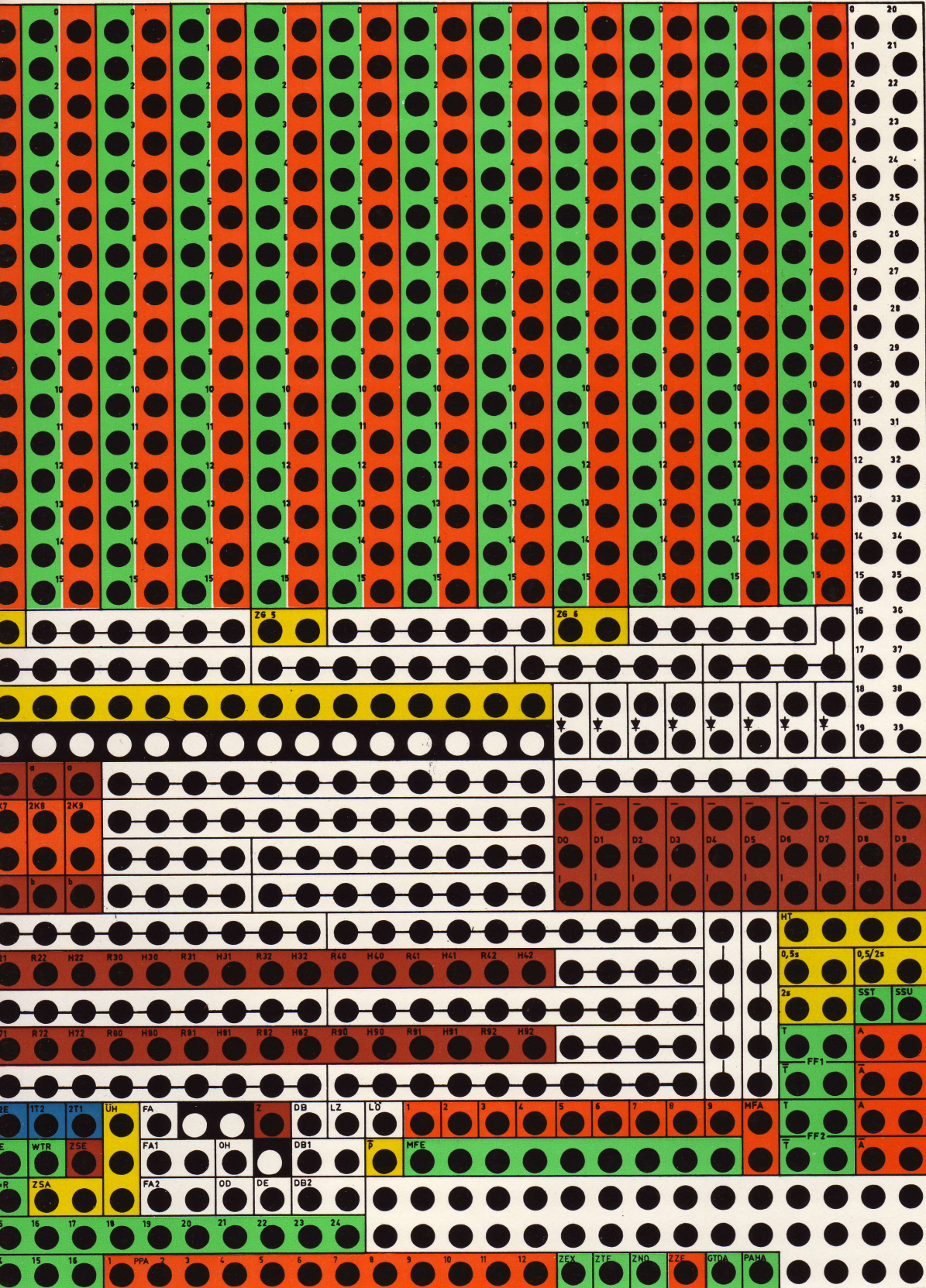
H HE WTR ZSE FA1

RE 1R ZSA FA2

14 AL 15 16 17 18 19 20

13 UB 14 15 16 1 PPA 2 3

13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23



DZ 772:

Digital-Programmierfeld DPF 770

Bedienung und Steuerung

Für eine möglichst effektive Problembearbeitung auf dem Analogrechner ist neben einer großen Auswahl an hochwertigen Rechenelementen sowie guter Programmierbarkeit eine große Vielfalt an Bedien- und Steuermöglichkeiten notwendig.

Die Leistungen des Hybriden Präzisionsanalogrechners RA 770 in dieser Beziehung lassen sich wie folgt umreißen:

- Zentrale **Anwahl** der Rechenelemente zur Messung, Anzeige und Registrierung durch Ausgabegeräte
- Große Auswahl an fest verdrahteten **Rechenprogrammen** und **Prüfoperationen**
- Zentrale **Zeitwahl** und Umschaltbarkeit der **Zeitkonstanten** zur Einstellung von Rechenzeit und Rechengeschwindigkeit
- Steuerbarkeit des **Rechenablaufs**
- Automatisches und manuelles **Einstellen der Servopotentiometer**
- Problemloses **Einstellen der Variablen Dioden-Funktionsgeber**
- **Freie Rechnersteuerung** durch frei programmierbare Digitalelemente und Steuersignale zur beliebigen Erweiterung der vorgehend genannten Steuerungsmöglichkeiten.
- **Externe Rechnersteuerung** (z. B. in hybriden Rechnersystemen).

Anwahl

Sowohl die zentrale Anwahl der Rechenelemente als auch die Anzeige ihrer Ausgangsspannungen erfolgt digital.

Es lassen sich insgesamt 600 Elemente in einem Hauptrechner und zwei Nebenrechnern, d. h. 200 je Rechner (Potentiometer, Integrierer, Summierer, Umkehrer, Funktionsgeber, Meßbuchsen, Versorgungsspannungen) anwählen. Bistabile Kippschaltungen (Flipflops) speichern die durch Tastendruck am Digital-Bediengerät oder extern eingegebenen Anwahlpositionen. Die angewählte Position wird auf dem Adreßfeld des Digitalvoltmeters (DVM) und der aufleuchtenden Anwahl-Tastatur angezeigt.

Hierbei handelt es sich um eine echte Rückmeldung des angewählten Rechenelements, d. h. nur bei vorhandenem angewählten Rechenelement erscheint der zugehörige Kennbuchstabe im Adreßfeld der DVM-Anzeige.

Neben der Handanwahl sind auch folgende Anwahlarten möglich:

Automatische Anwahl

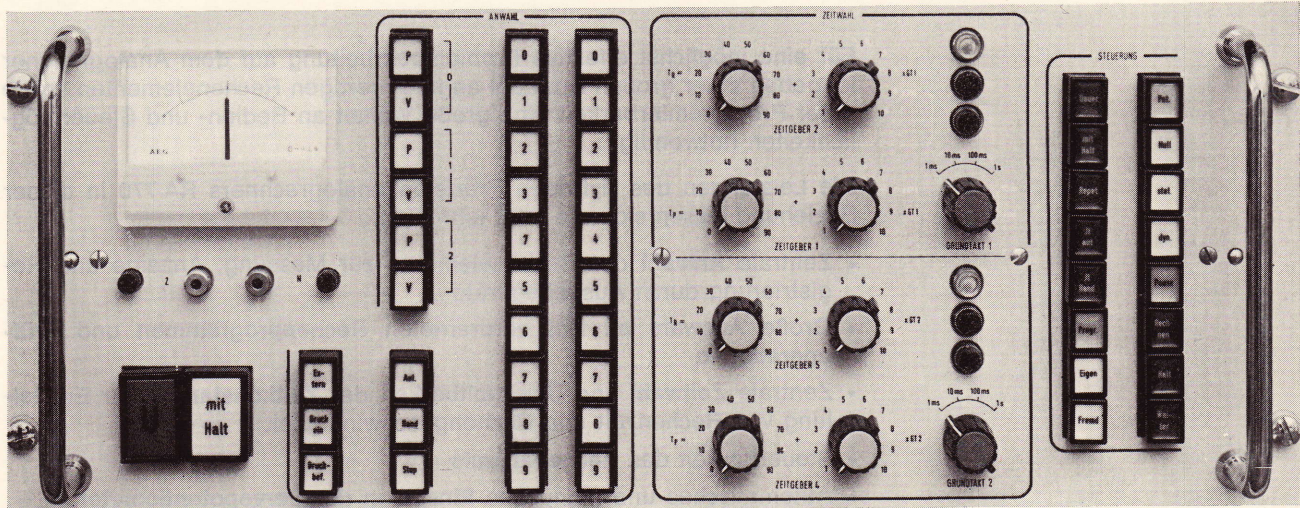
Damit werden beliebige Rechenelemente oder Gruppen von Rechenelementen automatisch nacheinander angewählt. Dabei wird automatisch der Anwahltakt von 0,5 Hz auf 2 Hz umgeschaltet, wenn eine automatische Registrierung durch einen Digitaldrucker erfolgen soll.

Externe Anwahl

Diese Anwahlart dient hauptsächlich zum Betrieb des RA 770 in einem hybriden Rechnersystem (z. B. HRS 860), wobei die Anwahl durch den Digitalrechner erfolgt.

Rechenprogramme und Prüfoperationen

Im Interesse einer bequemen Programmierbarkeit ist es zweckmäßig, besonders häufig benutzte Rechenprogramme und Prüfoperationen festverdrahtet vorzusehen. Der RA 770 stellt hierfür insgesamt 9 Programme zur Verfügung, welche durch einfachen Tastendruck am Digital-Bediengerät (siehe Bild) wählbar sind.



Dauerrechnen

Alle Integrierer rechnen solange, bis sie durch Tastendruck oder durch ein externes Signal in den Zustand „Pause“ oder „Halten“ versetzt werden.

Rechnen mit Halt

Alle Integrierer rechnen über eine wählbare Zeit und bleiben dann im Zustand „Halten“ bis ein besonderer „Weiter“-Befehl durch Drücken der Taste „Weiter“ gegeben wird.

Repetierendes Rechnen

Alle Integrierer durchlaufen den Zyklus Pause–Rechnen–Halten–Pause–Rechnen–Halten usw.

Wird zusätzlich die Taste „Progr.“ (= externe Programmsteuerung) gedrückt, so wird die eingeschränkte Einstellbarkeit der Haltezeit (siehe Zeitwahl) aufgehoben, und es lassen sich beliebige Haltezeiten durch entsprechend programmierte Digitalelemente am Digitalzusatz einstellen.

Iterierendes Rechnen

Für iterative Rechenverfahren besteht die Möglichkeit, eine Rechenschaltung in zwei Teilschaltungen aufzuspalten, welche von zwei getrennten Zeitgebersystemen in abwechselnder Folge gesteuert werden.

– Automatisches Iterierendes Rechnen

Zwei getrennte Integrierer-Gruppen durchlaufen automatisch nacheinander normale und komplementäre Zyklen in der Reihenfolge:

- Pause 1 – Rechnen 1 – Halten 1
- Pause 2 – Rechnen 2 – Halten 2

– Iterierendes Rechnen mit Handstart

Diese Rechenart entspricht dem „Automatischen Iterierenden Rechnen“. Der Rechner bleibt jedoch nach Durchlaufen eines Teilzyklus Pause–Rechnen–Halten im Zustand „Halten“ und durchläuft den nächsten Teilzyklus erst nach einem „Weiter“-Befehl.

Einmal Rechnen

Dieses Programm wird nach Betätigung der Tasten „Progr.“ und „Fremd“ am Digital-Bediengerät unter Zuhilfenahme des Digitalzusatzes gestartet. Es wird der Zyklus Pause–Rechnen–Halten einmal durchlaufen. Daran schließt sich eine Pausenphase an, die durch den nächsten Start-Befehl beendet wird. Dieser Programmablauf ist vor allem für fotografisches Registrieren geeignet.

Nullabgleich der Rechenverstärker

Die genaue Nullpunkt-Einstellung der Rechenverstärker beeinflusst wesentlich die Rechengenauigkeit. Daher ist es erforderlich, in größeren Zeitabständen einen Nullabgleich vorzunehmen. Mit Betätigen der Taste „Null“ kann der Abgleich auf ein Minimum der Restspannung am Verstärkerausgang ohne zusätzlichen Beschaltungsaufwand am Programmierfeld vorgenommen werden. Die Abgleichpotentiometer sind zentral und leicht zugänglich angeordnet.

Statisches Programmprüfen

Diese spezielle Betriebsart ermöglicht die Kontrolle der am Analog-Programmierfeld gesteckten Rechenschaltung u. a. auf richtige Einstellung der Koeffizientenpotentiometer.

Dynamisches Prüfen

Die Betriebsart „Dynamisches Prüfen“ dient zur Kontrolle der Funktionsbereitschaft der Integrierer und gibt Aufschluß über die Abweichungen der Integrierkondensatoren vom Sollwert.

Zeitwahl

Die Durchführung repetierender und insbesondere iterierender Rechnungen bei hoher Rechengeschwindigkeit und -genauigkeit stellt spezielle Anforderungen an die Steuerung der Integrierer. Daher werden alle erforderlichen Zeiten für die verschiedenen Betriebsarten durch digitale Zähler bestimmt.

Zeitbasis ist ein zentraler Quarzoszillator mit einer Frequenz von 100 kHz, aus welchem durch Frequenzteiler die Grundtakte für die beiden voneinander unabhängigen Zeitgeber-Systeme mit je 3 Zeitgebern zur Steuerung der normalen und komplementären Teilzyklen abgeleitet werden. In jedem Teilzyklus sind folgende Zeiten einstellbar:

Pausen-, Rechen- und Haltezeiten (für alle Rechenprogramme), 2-dekadische Einstellung

| Betriebsarten: Pause und Rechnen | | Betriebsart: Halten |
|-------------------------------------|-------------|------------------------|
| Zeit-Bereiche | Auflösung | Zeiten |
| 100 μ s – 10 ms | 100 μ s | 100 μ s |
| 1 ms – 100 ms | 1 ms | 1 ms |
| 10 ms – 1 s | 10 ms | 10 ms |
| 100 ms – 10 s | 100 ms | 100 ms |
| 1 s – 100 s | 1 s | 1 s |

Pause-, Rechen- und Haltezeiten

(für die Rechenprogramme „Repetierend Rechnen“ und „Rechnen mit Halt“), **4-dekadische Einstellung**

In besonderen Anwendungsfällen ist die vorgehend genannte Einstellung der Rechenzeit auf 2 Dezimalen nicht ausreichend. Es besteht daher die Möglichkeit, für die Programme „Repetierend Rechnen“ und „Rechnen mit Halt“ eine 4-stellige Einstellung der Rechenzeit vorzunehmen:

| Betriebsart: Rechnen | | Betriebsarten: Pause und Halten |
|-------------------------|-------------|------------------------------------|
| Zeit-Bereiche | Auflösung | Zeiten |
| 100 μ s — 1 s | 100 μ s | 1 s |
| 1 ms — 10 s | 1 ms | 1 s |
| 10 ms — 100 s | 10 ms | 1 s |

Steuerung des Rechenablaufs

Der automatische Ablauf der wählbaren festverdrahteten Rechenprogramme kann jederzeit durch Wählen der folgenden **Betriebsarten** beeinflusst werden:

Pause

Alle zuvor gestarteten Rechenabläufe, die sich gerade in den Betriebsarten „Pause“, „Rechnen“ oder „Halten“ befinden, werden beendet und durch die Betriebsart „Pause“ ersetzt. Die Integrierer und Speicher übernehmen in der Betriebsart „Pause“ die am Analog-Programmierungsfeld programmierten Anfangsbedingungen.

Rechnen

Es wird das jeweils zuvor eingestellte Rechenprogramm gestartet.

Halten

Alle Rechenabläufe werden, soweit sie sich in der Betriebsart „Rechnen“ befinden, unterbrochen und gehen in „Halten“ über. Die Integrierer und Speicher halten die in diesem Augenblick anstehende Ausgangsspannung.

Weiter

Ein automatisch in die Betriebsart „Halten“ gesteuerter Rechenablauf (siehe Abschnitt „Rechenprogramme und Prüfoperationen“) wird wieder gestartet.

Übersteuerungshalt

Bei Auftreten einer Verstärker-Übersteuerung wird der Rechenablauf, unabhängig vom gewählten Rechenprogramm, in die Betriebsart „Halten“ gesteuert.

Dieses Übersteuerungssignal ist außerdem am Digitalzusatz verfügbar und kann zur Triggerung von digitalen Steuerschaltungen benutzt werden.

Speichern des Übersteuerungssignals

Jede auftretende Übersteuerung eines Rechenverstärkers wird grundsätzlich gespeichert und mit einer roten Lampe zentral angezeigt (Individuelle Anzeige des betreffenden Elements siehe Kapitel „Ein-/Ausgabe“).

Durch Drücken der als Taste ausgeführten Lampe kann die Übersteuerungsanzeige gelöscht werden, sofern die Übersteuerung beseitigt ist. Die Speicherung des Übersteuerungssignals ist wichtig bei kurzzeitigen vom Programmierer nicht erkennbaren Übersteuerungen, die aber die Lösungsgenauigkeit einer Rechnung beeinflussen können.

Einstellen der Servopotentiometer

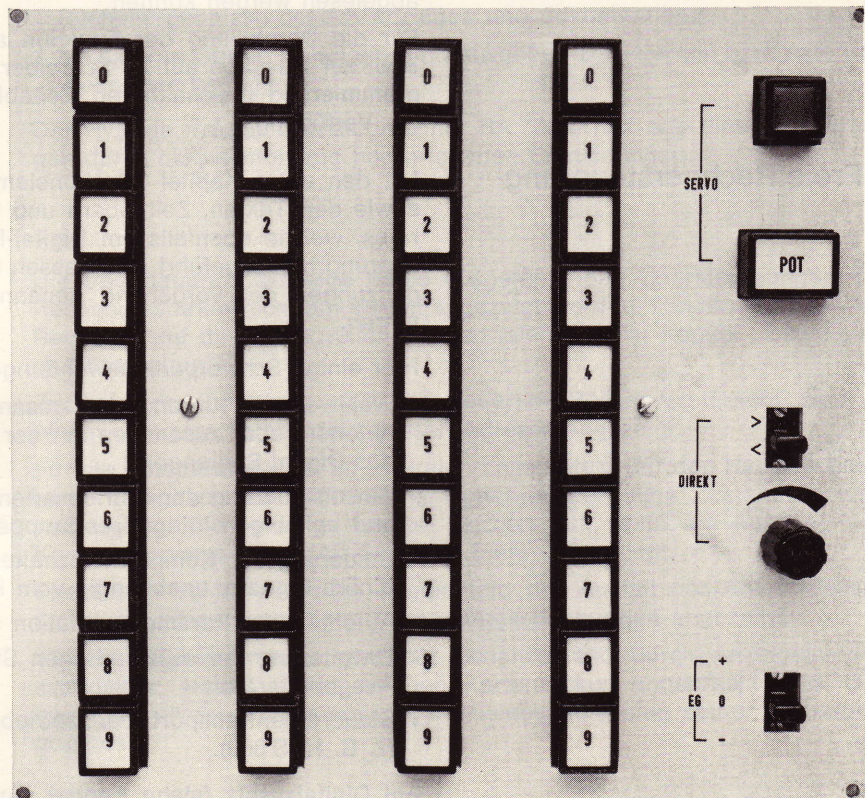
Die hierzu erforderlichen Bedienfunktionen sind so gestaltet, daß eine einfach zu handhabende, übersichtliche und schnelle Einstellung der Rechenkoeffizienten möglich ist.

Der Operateur führt dabei folgende Handgriffe am zentralen Bedienfeld nacheinander durch:

- Wählen der Betriebsart „Potentiometer einstellen“ durch Drücken der Taste „Pot.“ am Digital-Bediengerät.
- Anwählen des betreffenden Servopotentiometers.
- Eingabe des einzustellenden Koeffizientenwertes an der 4-stelligen Einstell-Tastatur (s. Bild).

Die Tasten rasten ein und leuchten gleichzeitig auf.

Das bedeutet: Der auf vier Dezimalstellen genau vorgegebene Sollwert bleibt während des gesamten Einstellvorgangs sichtbar und kann – falls erforderlich – einfach stellenweise geändert werden.



Einstell-Tastatur (Tastenfeld) für Servopotentiometer und Funktionsgeber

- Starten des automatischen Einstellvorgangs durch Drücken der Taste „POT“ am Tastenfeld. Die Adresse und der eingestellte Wert werden am Digitalvoltmeter angezeigt.

Konnte durch Störungsfälle oder Bedienungsfehler ein Einstellvorgang nicht nach max. 3,5 s erfolgreich beendet werden, so leuchtet eine rote Warnlampe über der Taste „POT“ auf. Durch Betätigen der als Taste ausgebildeten Warnlampe wird der Einstellbefehl aufgehoben, und es kann ein erneuter Einstellvorgang gestartet werden.

Unabhängig vom automatischen Einstellvorgang kann jedes angewählte Servopotentiometer mit einem Tasthebel in wählbarer Geschwindigkeit **kontinuierlich verstellt werden**.

Da dies auch während der Betriebsarten „Pause“, „Rechnen“ und „Halten“ geschehen kann, ergibt sich für den Operateur die Möglichkeit, **während des laufenden Programms Parametervariationen** nicht nur an Hand-, sondern auch an Servopotentiometern vorzunehmen.

Eine weitere Erleichterung für den Programmierer bedeutet die Möglichkeit, Servopotentiometer **entsprechend der Ausgangsspannung von Rechenelementen** direkt einzustellen.

Durch Übernahme der Ausgangsgrößen beliebiger Rechenelemente in Speicher und anschließende Eingabe als Sollwert ist eine automatische Umwandlung von Rechenergebnissen in Koeffizienteneinstellungen an Potentiometern durchführbar.

Einstellen der Variablen Dioden-Funktionsgeber

Zum Einstellen der Variablen Dioden-Funktionsgeber wird zweckmäßigerweise die gleiche Einstell-Tastatur wie für die Servopotentiometer benutzt. Sie dient in diesem Falle zum Anwählen der 20 Knickpunkte einer Funktion. Der Ausgang des einzustellenden Funktionsgebers ist gleichzeitig mit dem Digitalvoltmeter verbunden, so daß Funktionswerte sehr genau abgelesen werden können.

Für die Darstellung der Funktion auf dem eingebauten Oszillographen bzw. zur Ausgabe auf XY-Schreiber steht ein spezieller, am Analog-Programmiersfeld beschaltbarer, Zeitablenkgenerator (Rampe) als Zeitbasis zur Verfügung.

Freie Rechnersteuerung

Mit den unter Kapitel „Rechenelemente“ aufgeführten Digitalelementen sowie den Takten, Zeitgebern und Steuersignalen des Digital-Bediengerätes, welche ebenfalls am Digital-Programmiersfeld zur freien Programmierung herausgeführt sind, lassen sich beliebige Abwandlungen und Ergänzungen der vorgehend genannten Steuerungsmöglichkeiten durchführen.

Hier einige Schwerpunktanwendungen:

- Wahlweise Steuerung des gesamten Ablaufs der Rechenprogramme autonom oder zusammen mit der zentralen Programmsteuerung durch das Digital-Bediengerät
- Einzelsteuerung der Betriebsarten und Zeitkonstanten von Integrierern und beliebigen Integrierer-Gruppen
- Steuerung der Komparatorschalter (DA-Schalter) durch frei verfügbare binäre Signale, unabhängig vom Komparatorverstärker (AD-Schalter)
- Automatische Parametervariation und Anwählen von Rechenelementen
- Erweiterung der automatischen Steuerungsmöglichkeiten der Ein- und Ausgabegeräte
- Steuerdatentransport bei Betrieb in einem hybriden Rechnersystem (z. B. HRS 860).

Am Digitalzusatz (siehe Kapitel „Aufbau und Bestückung“) sind hierfür folgende technische Voraussetzungen erfüllt:

- frei programmierbare, synchronisierte Digitalelemente, welche die Möglichkeit bieten, beliebig viele Steuerprogramme zeitlich parallel zueinander ablaufen zu lassen
- Zentraler Arbeitstakt für die synchronen Schaltwerke über Drehschalter wählbar
- Zusätzlich folgende feste Takte frei zugänglich
10 μ s, 100 μ s, 1 ms, 10 ms, 100 ms, 0,5 s, 1 s, 2 s
- Spezieller Handtakt zum bequemen Schritt-für-Schritt-Austesten von Steuerprogrammen
- Sämtliche 6 Zeitgeber und zentrale Steuerleitungen für die Integrierer-Steuerung frei zugänglich
- Zentrale Löschtaste zur Normierung aller Flipflops, Schieberegister und Zähler; auch mit der „Pause“-Taste am Digital-Bediengerät kombinierbar.

Ein-/Ausgabe

Wesentlichen Anteil am Zustandekommen eines guten Mensch/Maschine-Verhältnisses hat eine möglichst komfortable Ein-/Ausgabe.

Hierunter sollen im weiten Sinne alle Einrichtungen verstanden werden, welche:

- Betriebszustände des Analogrechners signalisieren
- jederzeit Auskunft geben über den aktuellen Stand der Problemrechnung
- Rechenergebnisse optisch anzeigen und dokumentieren
- als externe Geräte Daten ein- und ausgeben zur internen bzw. externen Weiterverarbeitung.

Der Hybride Präzisionsanalogrechner RA 770 erfüllt alle diese Forderungen durch die nachfolgend beschriebenen Einrichtungen:

Lampenanzeige

Die **Übersteuerungsanzeige** ist so ausgeführt, daß Übersteuerungen der Rechenverstärker nicht nur **visuell** angezeigt werden, sondern auch in den **Rechenablauf** direkt eingreifen können (siehe hierzu Kapitel „Bedienung und Steuerung“).

Zur leichten Ermittlung des übersteuerten Rechenverstärkers wird in einem zentralen Lampenfeld dessen Adresse angezeigt.

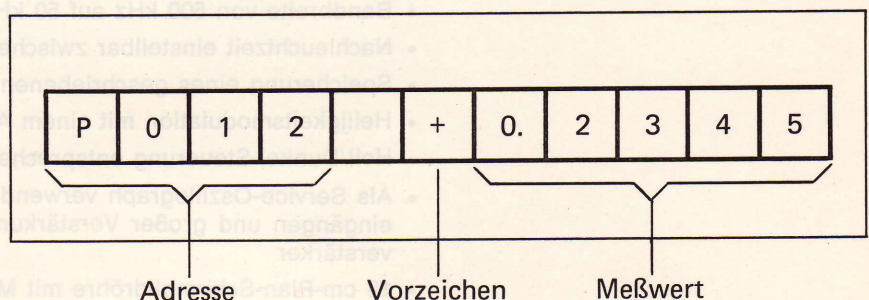
Für die **Komparatoren** ist im zentralen Lampenfeld (für den Hauptrechner) und im Digitalzusatz (für max. 2 Nebenrechner) eine Zustandsanzeige vorgesehen. Die jeweilige Lampe leuchtet auf, wenn am Ausgang des Komparatorverstärkers (AD-Schalter) binär „1“ anliegt.

Ebenfalls wird im zentralen Lampenfeld der Ausfall der **Referenzspannung** und aller notwendigen **Versorgungsspannungen** angezeigt.

Für die **Digitalelemente** wird der Schaltzustand durch Anzeigelampen signalisiert, welche direkt auf den Kartenrücken angebracht sind. Das bedeutet für den Programmierer bequemes Austesten seiner Steuerprogramme.

Digitalvoltmeter

Das Digitalvoltmeter (DVM) ist ein integrierter Bestandteil des RA 770 und dient zur digitalen Werte-Anzeige aller anwählbaren Rechenelemente mit Angabe ihrer Adresse.



Wie aus der Abbildung zu ersehen ist, erfolgt die Anzeige der

Adresse: 4-stellig

Darin bedeuten:

1. Stelle: Kennbuchstabe des angewählten Rechelements (echte Rückmeldung)
2. Stelle: 0 = Rechelemente im Hauptrechner
1 = Rechelemente im 1. Nebenrechner
2 = Rechelemente im 2. Nebenrechner
3. Stelle: 0...9 = Adresse des Einzelfeldes des Analog-Programmiersfeldes, in dem sich das Rechelement befindet
4. Stelle: 0...9 = Adresse des Rechelements im Einzelfeld des Analog-Programmiersfeldes

Wert: 6-stellig inkl. Vorzeichen

Die Meßwertanzeige reicht von

$$\pm 1 \text{ mV bis } \pm 12 \text{ V,}$$

die Meßgröße wird dezimal, als Vielfaches einer Maschineneinheit E (10 V) angezeigt.

Die Meßfolge des DVM kann in zwei Arten geschehen:

periodisch es wird automatisch, auch während der Betriebsart „Rechnen“, in konstanter Folge gemessen und mit einer der Augenträgheit angepaßten Geschwindigkeit angezeigt (z. B. bei den Programmen „Dauerrechnen“, „Rechnen mit Halt“ und „Statisch Prüfen“)

aperiodisch es wird jeweils am Ende einer Rechenphase oder eines Einstellvorganges automatisch oder über ein programmierbares Kommando ein Meßbefehl erzeugt.

Digitaldrucker

Jeder aperiodische Meßbefehl kann zugleich einen Druckbefehl für einen ebenfalls in das System einbezogenen Digitaldrucker bewirken, welcher die komplette am DVM angezeigte Information auf einem Papierstreifen in einer Zeile ausdruckt.

Das Erreichen bzw. Überschreiten der Maschineneinheit (Werte-Anzeige $\geq 1,0000$) wird durch Rot-Druck besonders hervorgehoben.

Zweistrahl-Speicher- oszillograph

Der Oszillograph ist ein unentbehrliches Ausgabegerät zur Anzeige und Auswertung von Rechenergebnissen, insbesondere wenn sie als Funktionsverläufe vorliegen.

Daher wurde ein Zweistrahl-Speicheroszillograph fest in das Systemkonzept des RA 770 miteinbezogen. Er ist an zentraler Stelle, vom Programmierer in Sitzposition gut sichtbar, angeordnet.

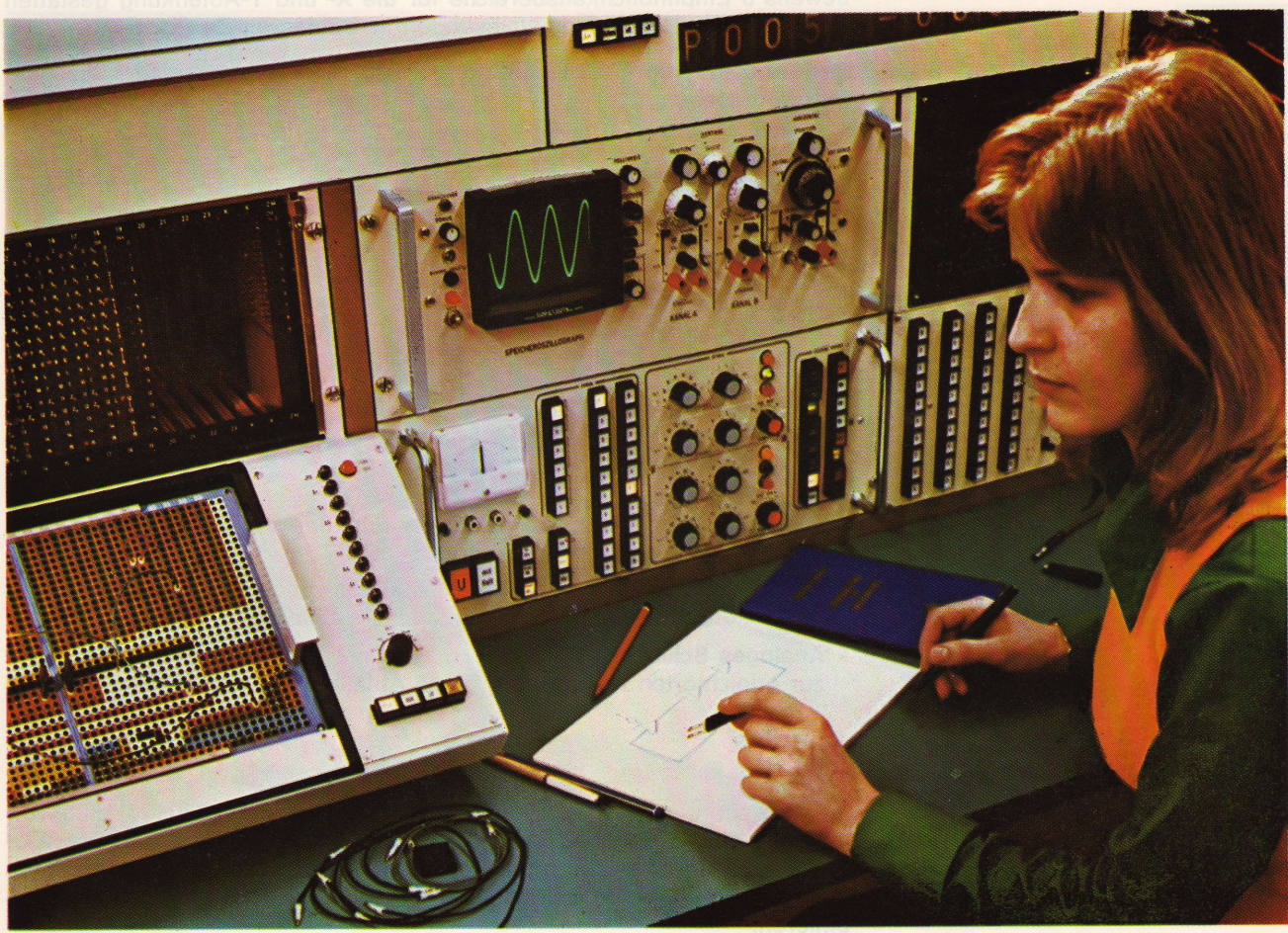
Die wichtigsten Merkmale, die diesen Oszillographen als Ausgabegerät für den RA 770 besonders geeignet machen, sind:

- 2 Kanäle mit je 17 Empfindlichkeitsbereichen
- Zeitablenkung vom Rechner aus (extern) oder intern in 24 Bereichen
- Bandbreite von 500 kHz auf 50 kHz umschaltbar
- Nachleuchtzeit einstellbar zwischen 0,2 s und 60 s
- Speicherung eines geschriebenen Signals zwischen 15 s und > 8 Std.
- Helligkeitsmodulation mit einem Aussteuerungsbereich von $\pm 10 \text{ V}$
- Hell/Dunkel-Steuerung entsprechend den Rechnerbetriebsarten
- Als Service-Oszillograph verwendbar durch Y-Verstärker mit Differenzeingängen und großer Verstärkung sowie internem Horizontal-Ablenkerverstärker
- 13 cm-Plan-Schirmbildröhre mit Meßraster.

Die gehören zu den Standard-Ein-Ausgabegeräten eines Analogrechners und erhalten die Auszeichnung von Rechnergebnissen, welche als Funktionsverläufe vorliegen und am Zweifach-Schreiberschreiber bedruckt werden können.

Zur besseren funktionsgerechten Handhabung ist der XY-Schreiber in einer Schublade des RA 770 untergebracht. Er ermöglicht Auszeichnungen im DIN A 3-Format mit hoher Schreibgeschwindigkeit und einem sauberen praktischen Schreibsystem mit Wegvorhaken.

Zweikoordinatenschreiber (XY-Schreiber)



Das hybride Koppelwerk ist die Aufgabe, die Schnittstellenanpassung und den Austausch von Rechnerdaten und Steuerinformationen zwischen beiden Rechnern vorzunehmen.

Zweikoordinatenschreiber (XY-Schreiber)

Sie gehören zu den Standard-Ein-/Ausgabegeräten eines Analogrechners und erlauben die Aufzeichnung von Rechenergebnissen, welche als Funktionsverläufe vorliegen und am Zweistrahl-Speicheroszillographen beobachtet werden können.

Zur bequemen funktionsgerechten Handhabung ist der XY-Schreiber in einer Schublade des RA 770 untergebracht. Er ermöglicht Aufzeichnungen im DIN A 3-Format mit hoher Schreibgeschwindigkeit und einem sauberen praktischen Schreibsystem mit Wegwerfpatronen.

Jeweils 5 Empfindlichkeitsbereiche für die X- und Y-Ablenkung gestatten die Darstellung aller Problemlösungen in wählbaren Zeichen-Maßstäben.

Der Anschluß von **Mehrkanalschreibern** (z. B. 8-Kanalschreiber) ist ebenfalls vorgesehen.

Elektronisches Laufzeitgerät

Es dient als externes Gerät der Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten des RA 770.

Die Flexibilität dieses Gerätes, das als Abtastsystem mit digitaler Speicherung der Meßwerte arbeitet, ist so groß, daß hier nur Schwerpunkte der Anwendung genannt werden können:

- **Laufzeitglied**
zur Verzögerung des Eingangssignals vor der Wiederausgabe um eine vorgebbare Zeit
- **Umlaufspeicher**
zur periodischen Ausgabe beliebiger Funktionsverläufe
- **Gesteuerter Zwischenspeicher**
für iteratives Rechnen und zur getakteten, dem Registriergerät angepaßten, Aufzeichnung rasch verlaufender einmaliger Vorgänge
- **Analoges Schieberegister**
zur erleichterten Nachbildung eines Abtastreglers.

Hybrides Koppelwerk

Zur Erweiterung des Anwendungsspektrums des RA 770 ist eine Ankopplung an das AEG-TELEFUNKEN-Digitalrechensystem TR 86 vorgesehen. Durch eine derartige Kopplung zum Hybriden Rechnersystem HRS 860 lassen sich die prinzipiellen Vorteile beider Rechnertypen kombinieren.

Das Hybride Koppelwerk hat die Aufgabe, die Schnittstellenanpassung und den Austausch von Rechendaten und Steuerinformationen zwischen beiden Rechnern vorzunehmen.



Weitere Magazine sind hier vorhanden für:

- Servopotentiometer
- Komparatoren
- freie Umkehrverstärker und
- weitere nichtlineare Rechenmodule.

877 A4 Nachstrahl-
vorverstärker für max.
5 Einheiten für nicht-
lineare Rechenmodule

Aufbau und Bestückung

Zweikoordinatenschreiber
(XY-Schreiber)

Die Schreiber zu den Standard-Ein-/Ausgabegeräten eines Analogrechners und erlauben die Aufzeichnung von Rechenergebnissen, welche als Funktionsverläufe vorliegen und am Zweistrahl-Speicheroszillographen beobachtet werden können.

Zur bequemen funktionsgerechten Handhabung ist der XY-Schreiber in einer Schublade des RA 770 untergebracht. Er ermöglicht Aufzeichnungen im DIN A 3-Format mit hoher Schreibgeschwindigkeit und einem sauberen praktischen Schreibsystem mit Wegwerfpatronen.

Die X- und Y-Achsen sind durch die X- und Y-Zylinder getrieben.

Folgende charakteristische Eigenschaften prägen das aufbaumäßige Konzept des RA 770:

- Grundgerät bereits für Vollausbau vorverdrahtet. Dadurch läßt sich die Erweiterung des Rechnerumfangs in wirtschaftlich kleinen Schritten vornehmen.
- Alle Rechenelemente in steckbarer Ausführung bzw. Einschubtechnik für problemlose Wartung. Der Benutzer kann Umbestückungen an der Anlage selbst vornehmen.
- Freizügige Bestückbarkeit mit Rechenelementen zur optimalen Anpassung an die vorliegenden Probleme.
- Aufbau in Schreibtischform mit funktionsgerechter Anordnung der Rechen- und Bedienelemente.
- Anwahl-, Steuer- und Adreßsystem für Erweiterung um zwei Nebenrechner ausgelegt.
- Parallelschaltmöglichkeit von max. 3 Tischanalogrechnern **RA 710**, **RA 741** oder **RA 742** und Austauschbarkeit der nichtlinearen Rechenelemente zwischen RA 770 und diesen Tischanalogrechner-Typen. Dadurch optimale Nutzung des vorhandenen Rechnerpotentials.
- Problemlose Erweiterung zum Hybriden Rechnersystem **HRS 860** durch Kopplung mit dem AEG-TELEFUNKEN-eigenen Digital-Rechensystem **TR 86** (siehe auch Kurzbeschreibung des HRS 860).

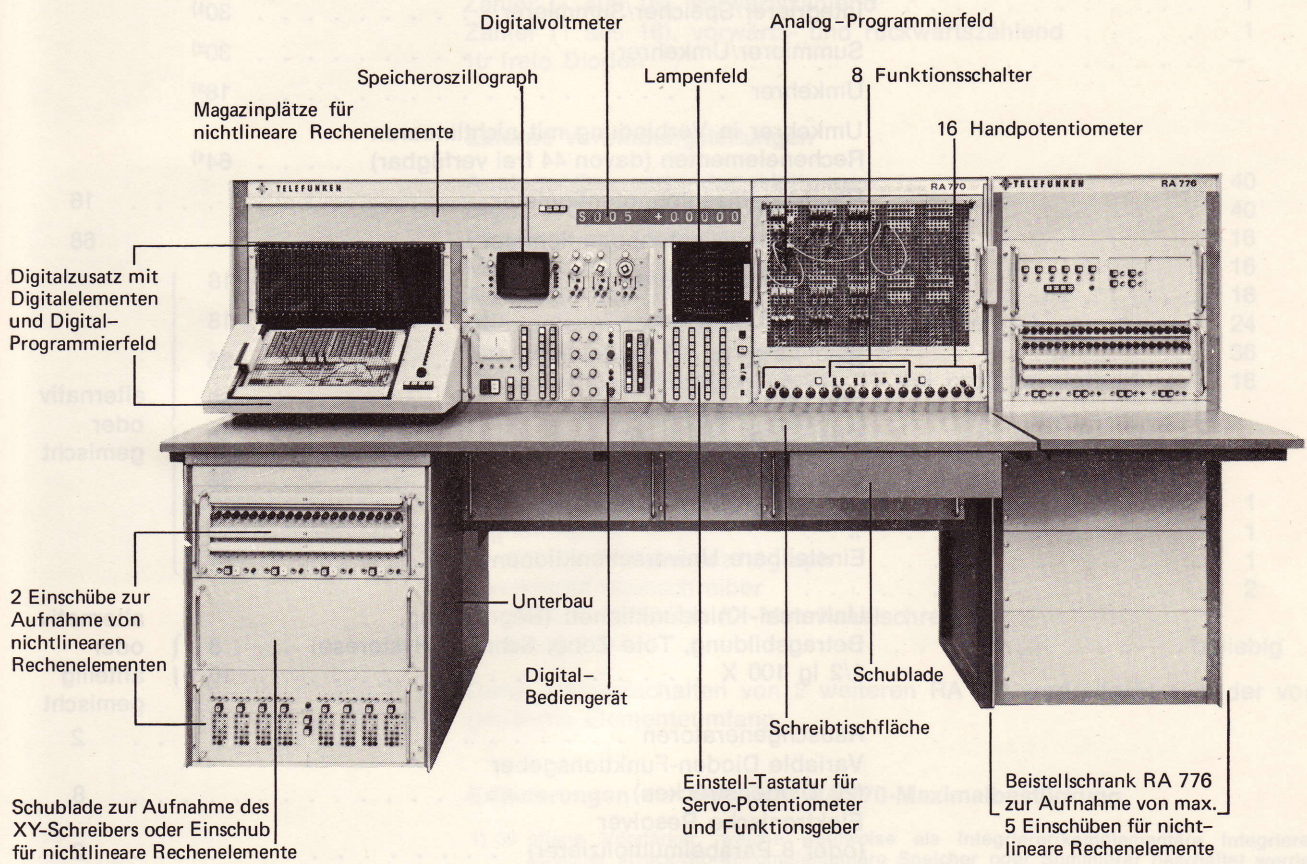
Einen Überblick über die Anordnung der wesentlichen Baueinheiten, welche von der Frontseite des RA 770 her zugänglich sind, zeigt das nachfolgende Bild. Auf der Rückseite des Rechners, direkt hinter dem Analog-Programmiersfeld, nimmt ein Magazinblock die Integrierer/Speicher/Summierer und die Summierer/Umkehrer auf.

Die Netzwerke und Steuerelemente für diese Rechenelemente sind auf sog. Schaltfeldkarten untergebracht, wobei eine Schaltfeldkarte für jeweils 2 Integrierer/Speicher/Summierer bzw. 2 Summierer/Umkehrer ausgelegt ist.

Weitere Magazinplätze sind hier vorhanden für:

- Servopotentiometer
- Komparatoren
- freie Umkehrverstärker und
- weitere nichtlineare Rechenelemente.

ANORDNUNG DER WESENTLICHEN BAUEINHEITEN DES RA 770



Übersicht RA 770-Maximal- bestückung

Die nachfolgende Übersicht zeigt die maximale Bestückung eines RA 770. Bei Vollausbau dient ein Beistellschrank vom Typ **RA 776** zur Aufnahme von Zusatzeinschüben für Rechenelemente, deren Ein- und Ausgänge jedoch alle am Analog-Programmiersfeld des RA 770 zugänglich sind. Diese Übersicht beschränkt sich auf einen gewissen Standardausbau, wie er auch weitgehend durch die Belegung und Beschriftung der entsprechenden Buchsen am Analog-Programmiersfeld berücksichtigt ist. Die nachfolgend genannten Zahlen können noch untereinander variiert werden (Näheres auf Anfrage).

Analoge Rechenelemente

| | | |
|---|--------------------|--|
| Rechenverstärker insgesamt | 142 | |
| davon: | | |
| Integrierer/Speicher/Summierer | 30 ¹⁾ | |
| Summierer/Umkehrer | 30 ²⁾ | |
| Umkehrer | 18 ³⁾ | |
| Umkehrer in Verbindung mit nichtlinearen Rechenelementen (davon 44 frei verfügbar) | 64 ⁴⁾ | |
| Hand-Koeffizientenpotentiometer | 16 | |
| Servo-Koeffizientenpotentiometer | 68 | |
| Parabelmultiplizierer | 18 | } alternativ oder gemischt |
| Quadratfunktionen | 18 | |
| Sin $\frac{\pi}{2} X$ | 36 | |
| Sin πX | 36 | |
| Cos $\frac{\pi}{2} X$ | 36 | |
| Cos πX | 36 | |
| $\frac{2}{\pi} \arcsin X$ | 36 | |
| Einstellbare Universalfunktionen | 24 | |
| Universal-Knickfunktionen (Begrenzung, Betragsbildung, Tote Zone, Schräge Hysterese) | 8 | } alternativ oder anteilig gemischt |
| $1/2 \lg 100 X$ | 16 | |
| Rauschgeneratoren | 2 | |
| Variable Dioden-Funktionsgeber (20 Diodenstrecken) | 8 | |
| Elektronische Resolver (oder 8 Parabelmultiplizierer) | 2 | |
| freie Eingangsnetzwerke | 30 ²⁾⁵⁾ | |
| Schalter | | |
| Komparatorverstärker (AD-Schalter) | 10 | |
| Komparatorschalter (DA-Schalter) | 20 | |
| Funktionsschalter | 18 ⁶⁾ | |
| Schrittschalter (10 Schritte) | 2 | |

Einsatzmöglichkeiten

Digitalelemente

maximal 24 Steckeinheiten der nachfolgenden Elemente, beliebig kombinierbar.

| | Elemente pro Steckeinheit |
|--|------------------------------|
| Inverter | 16 |
| NAND (2 Eingänge) | 8 |
| NAND (4 Eingänge) | 4 |
| NOR (2 Eingänge) | 8 |
| NOR (4 Eingänge) | 4 |
| JKT/RST-Flipflops | 4 |
| Monoflops | 3 |
| Schieberegister, 4 Bit, vorwärtsschiebend | 1 |
| Schieberegister, 4 Bit, vorwärts- und rückwärtsschiebend | 1 |
| Zähler (1 aus 16), vorwärtszählend | 1 |
| Zähler (1 aus 16), vorwärts- und rückwärtszählend | 1 |
| 16 freie Dioden | — |

Externe Verbindungsleitungen

| | |
|--|----|
| Analoge Querverbindungsleitungen | 40 |
| Digitale Querverbindungsleitungen | 40 |
| Eingänge für AD-Umsetzer | 16 |
| Multiplizier – Eingänge der DA-Umsetzer | 16 |
| Ausgänge der DA-Umsetzer | 16 |
| Abfrageleitungen (davon 15 frei programmierbar) | 24 |
| Steuerleitungen, frei programmierbar | 36 |
| Unterbrechungsleitungen (davon 10 frei programmierbar) | 16 |

Ein-/Ausgabe

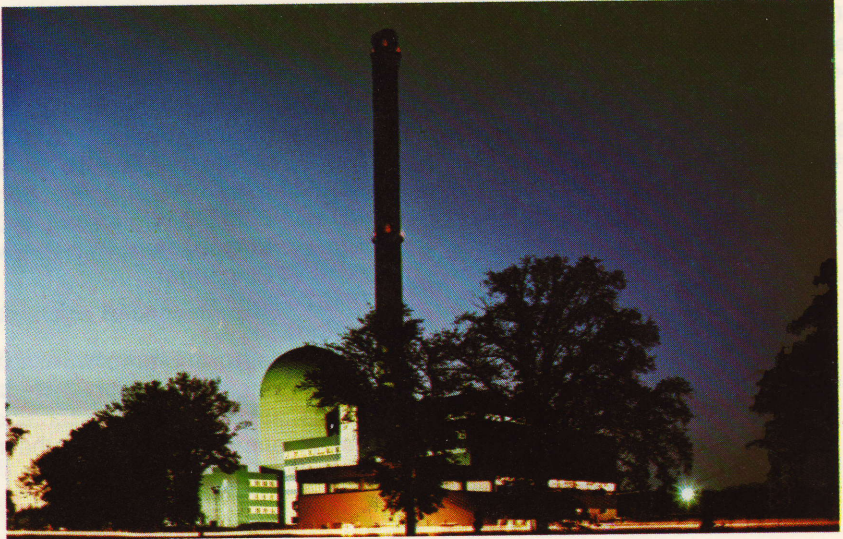
| | |
|--|----------|
| Digitalvoltmeter | 1 |
| Digitaldrucker | 1 |
| Zweistrahl-Speicheroszillograph | 1 |
| Zweikoordinatenschreiber | 2 |
| (Anschlußmöglichkeit für Mehrkanalschreiber) | |
| Laufzeitgerät | beliebig |

Durch Parallelschalten von 2 weiteren RA 770 verdreifacht sich der vorgenannte Elementumfang.

Erläuterungen zur Übersicht RA 770-Maximalbestückung

- 1) 30 offene Verstärker, welche wahlweise als Integrierer/komplementäre Integrierer, Speicher (Track/Store)/komplementäre Speicher oder Summierer beschaltet werden können.
- 2) Diese Zahl setzt sich folgendermaßen zusammen:
 - 8 offene Verstärker mit Eingangsnetzwerk 1,1,1,10,10,S (S = Summenpunkt) als Summierer schaltbar.
 - 2 offene Verstärker mit Eingangsnetzwerk 1,1,1,S als Summierer schaltbar.
 - 16 offene Verstärker mit Eingangsnetzwerk 10,10,S als Umkehrer und mit 16 freien Eingangsnetzwerken 1,1,10,10,S zu Summierern erweiterbar.
 - 4 offene Verstärker mit Eingangsnetzwerk 10,10,S als Umkehrer und mit 4 freien Eingangsnetzwerken 1,10,10,10,S zu Summierern erweiterbar.
- 3) davon 10 Umkehrer mit herausgeführtem Summenpunkt und mit freien Eingangsnetzwerken zu Summierern erweiterbar.
- 4) Diese Zahl setzt sich folgendermaßen zusammen:
 - 24 Umkehrer als Eingangs- und Ausgangsverstärker für nichtlineare Netzwerke, alle frei verfügbar.
 - 16 Umkehrer als Eingangs- und Ausgangsverstärker für 8 Variable Dioden-Funktionsgeber, davon 8 frei verfügbar.
 - 24 Umkehrer als Eingangs- und Ausgangsverstärker für 2 Elektronische Resolver, davon 12 frei verfügbar.
- 5) davon:
 - 8 freie Eingangsnetzwerke 10,10,10,S und
 - 2 freie Eingangsnetzwerke 1,1,1,S im Grundgerät enthalten.
- 6) davon:
 - 8 am Analog-Programmiersfeld und
 - 10 am Digital-Programmiersfeld zugänglich.

Obersicht
 RA 770-Maximal
 Elemente
 Steckleiste
 18
 8
 4
 8
 4
 4
 3
 1
 1
 1



40
 40
 18
 18
 18
 24
 38
 18
 1
 1
 1
 2



beliebig
 RA 770 verbleibt sich der vor-
 0-Maximalleistung
 als Integrierte/komplett Integrierte
 als Speicher oder Summierer beschaffen werden
 zusammen:
 werk 1.1.10.0.2 (S - Sonnenpunkt) als Sum-
 mer 1.1.1.8 als Summierer beschaffen
 werk 10.10.8 als Umkehrer und mit 18 teilen
 Summierer erweitert
 werk 10.10.8 als Umkehrer und mit 4 teilen Ein-
 summierer erweitert
 im Sonnenpunkt und mit freien Eingangsver-
 zusammen:
 programmierbarer für nichtlineare Netzwerke alle
 programmierbarer für 3 Variable Global-Funktion-
 programmierbarer für 2 Elektronische Resolver, da-
 und
 Grundgerüst enthalten



Einsatzmöglichkeiten

Der Hybride Präzisionsanalogrechner RA 770 ist für den Einsatz in Wissenschaft und Technik hervorragend geeignet.

Folgende Beispiele sollen einen groben Überblick über die weitreichenden Anwendungsmöglichkeiten des RA 770 vermitteln:

Mathematik, Physik

Gewöhnliche Differentialgleichungen:

- lineare, nichtlineare, mit konstanten und variablen Koeffizienten
- Systeme von gewöhnlichen Differentialgleichungen (gekoppelte Dgln.)

Partielle Differentialgleichungen, wenn sich diese auf gewöhnliche Differentialgleichungen zurückführen lassen

Lineare algebraische Gleichungssysteme kleineren Umfangs

Variationsprobleme: Eigenwert-, Randwert-, Optimierungsprobleme (Parameteroptimierung)

Simulation dynamischer Vorgänge.

Maschinenbau

Simulation von Werkzeugmaschinen

Simulation von Schwingungssystemen

Simulation des Fahrleistungsvermögens von Kfz und Bahnen

Nachbildung von Kurbeltrieben

Nachahmung des Dieseleinspritzvorganges

Fertigungskontrolle – Rundlaufabweichung von Kfz-Rädern

Echtzeitsimulation von elektronischen Bremsreglern bei Kfz.

Elektrotechnik

Ermittlung der Stoßbeanspruchung elektrischer Maschinen

Berechnung der Elektronenbahnen im Elektronenmikroskop

Behandlung von Transformatorproblemen

Behandlung elektrischer und mechanischer Netzwerke

Berechnung von Synchron- und Asynchronmaschinen

Korrelationspeilung mehrerer Sender

Berechnung von Optimalfiltern.

Regelungstechnik

Schaltung und Messung von Übertragungsfunktionen

Nachbildung von Regelkreisgliedern

Messung des Frequenzverhaltens

Dimensionierung von Reglern

Optimierung von Regelkreisen

Identifikation von Prozeßparametern.

Chemie und Verfahrenstechnik

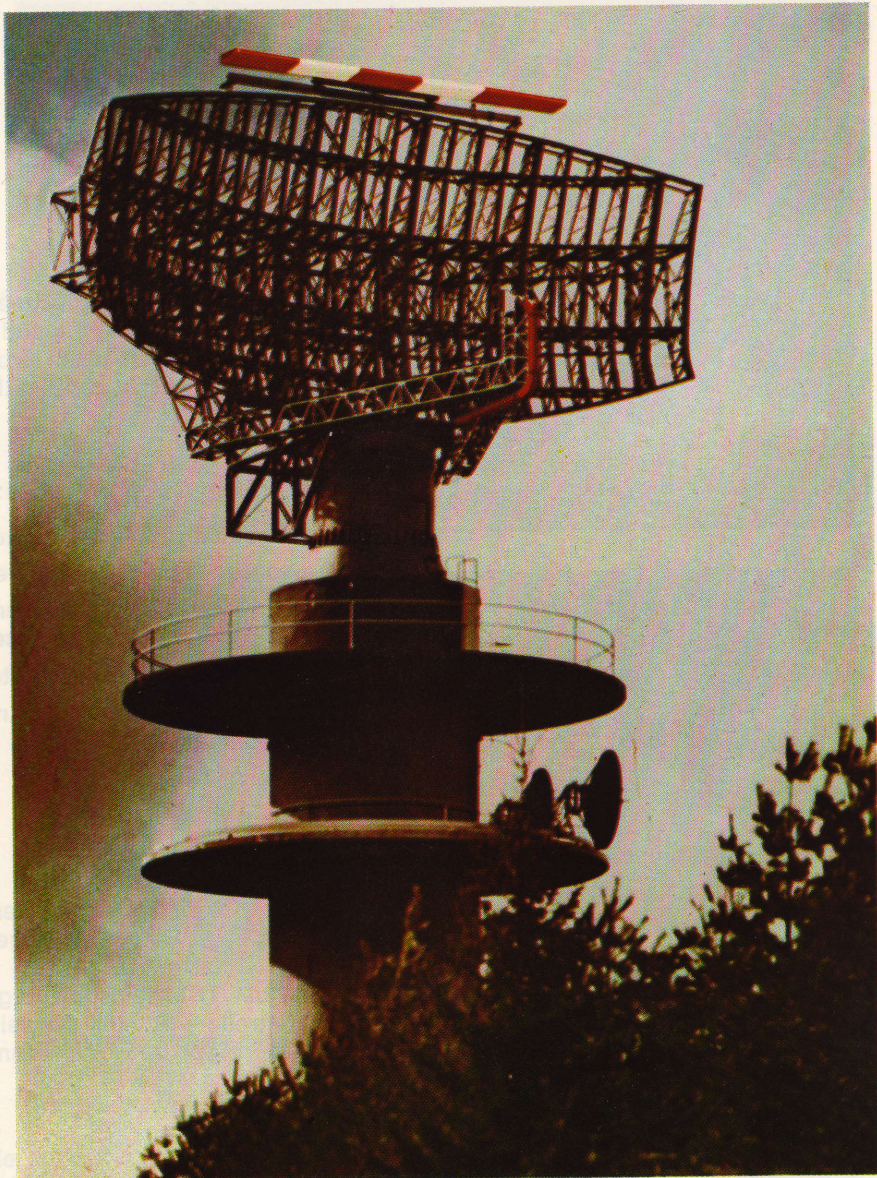
Reaktionskinetische Probleme

Simulation von Reaktoren

Berechnung von verfahrenstechnischen Übertragungsprozessen

Prozeßsimulationen

Optimierung von Hydrierprozessen.



Luft- und Raumfahrt

Berechnung optimaler Raumflugbahnen
Darstellung von Tragflügeln und ihrer Stromlinien
Steuermanöver von Fernseh-Rundfunksatelliten.

Medizin und Biologie

Untersuchung pharmakokinetischer Probleme
Stoffwechselmodelle (z. B. Eisenstoffwechsel)
Herz-, Kreislauf-Modelle
Analyse des Galaktoseumsatzes bei Leberkranken und Lebergesunden.

Meßwertverarbeitung

Messung von Kenngrößen stochastischer Prozesse
Auffinden charakteristischer Stellen eines Signals, z. B.:
Maximalwerte, Minimalwerte, Nulldurchgänge, Knickpunkte usw.
Filtern von analogen Signalen
Frequenzanalyse analoger Signale
Berechnung von Mittelwert und Streuung
Nachbildung von Abtastsystemen
Aufbau von Synchron-Umsetzern und Koordinatenwandlern
Grafische Auswertung von Messungen an DMS-Rosetten
Darstellung statischer und dynamischer Spannungszustände
Perspektivische Darstellung von Rechenergebnissen
Automatische Verarbeitung von Gas-Chromatogrammen.

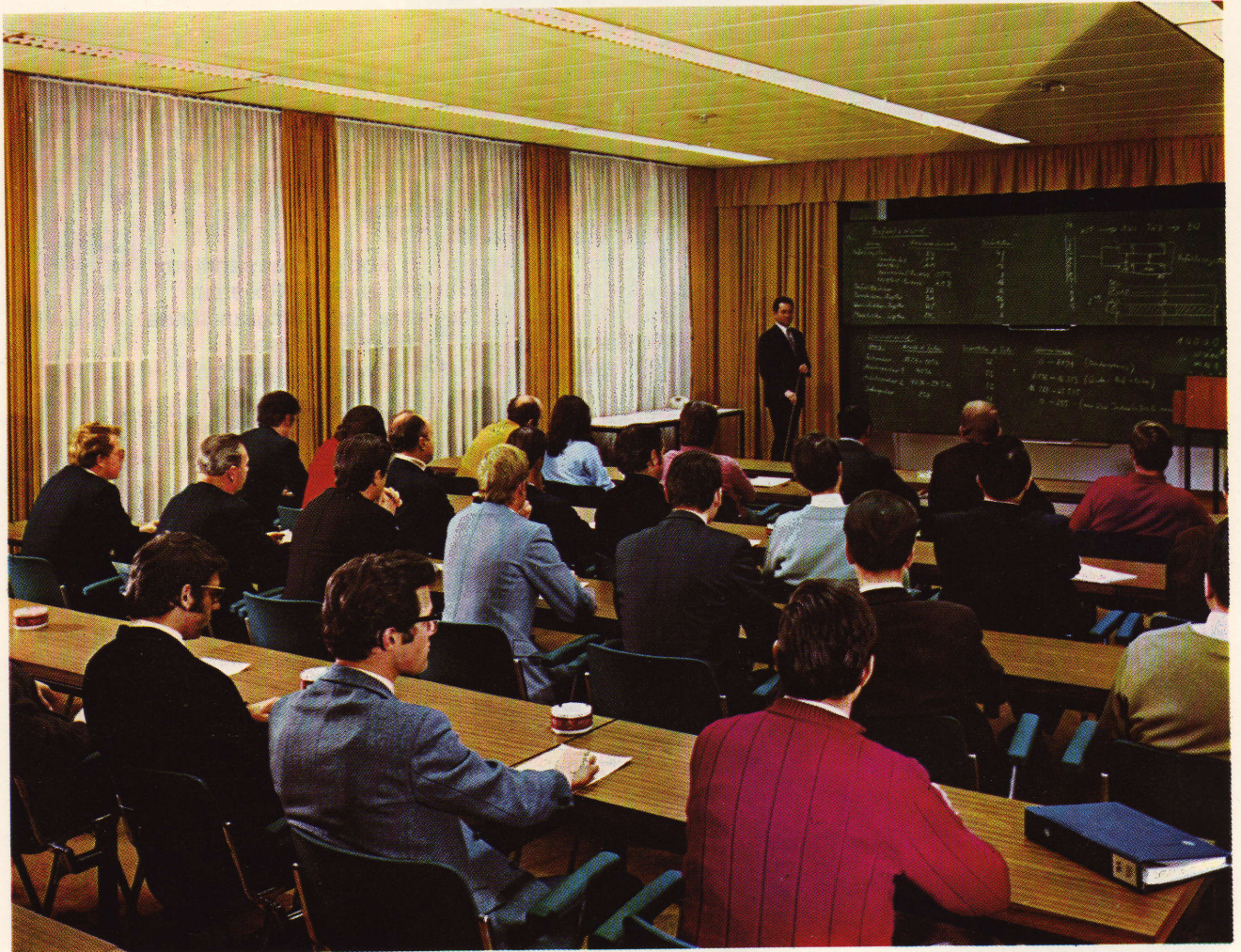
Neue Einsatzgebiete werden dem RA 770 durch Kopplung mit dem AEG-TELEFUNKEN Digital-Rechensystem TR 86 zum **Hybriden Rechensystem HRS 860** erschlossen.

Die Vereinigung der Vorteile beider Rechnerarten erhöht die Leistungsfähigkeit des Systems wesentlich und schafft eine kostengünstige Alternative zu rein digitalen Großrechenanlagen.

Das HRS 860 hat sich bisher vorteilhaft bewährt z. B. bei

- Automatischen Optimierungsverfahren und Simulationen von kompletten Systemen in der Regelungstechnik
- Bearbeitung von Iterationsverfahren zur Lösung partieller Differentialgleichungen
- Verarbeitung und Analyse von Biosignalen in der Medizin
- Simulation von Strahlführungssystemen in der Hochenergie-Physik
- Ausbildung an Hochschulen und Universitäten
- Entwicklung und Erprobung neuer Rechentechniken und Programmsysteme.

Auch ist es für den Anwender von unschätzbarem Vorteil, einmal direkt mit dem Fachabteilungsingenieur über technische Einzelheiten seiner Rechenanlage zu können. Unser Vertrieb ist gerne bereit, diesen gewünschten Kontakt zu vermitteln.



Ebenso wichtig wie das Produkt selbst sind die Aktivitäten des Herstellers einzuschätzen, den Kunden bei allen auftretenden Fragen der Beschaffung und des Unterhalts seiner Rechenanlage zu unterstützen.

Die Voraussetzungen hierzu sind im Hause AEG-TELEFUNKEN in hervorragender Weise gegeben.

Entwicklung, Fertigung und zentraler Vertrieb sind in unserem Stammhaus in Konstanz vereint und garantieren durch die hiermit gegebene enge Kommunikation technisch ausgereifte Produkte und wirksame Kundenberatung und -betreuung.

Technischer Dienst

Unser Technischer Dienst berät Sie in Fragen der Aufstellungsplanung und Installation von Rechenanlagen für Ihr Rechenzentrum.

Das gut ausgebaute Netz von **Geschäftsstellen** (Anschriften siehe letzte Seite) garantiert eine kundennahe Betreuung. Alle Geschäftsstellen verfügen über gut geschultes Personal sowohl für Kundenberatung und Verkauf als auch für die Wartung und den Service der ausgelieferten Anlagen.

Schulung, Dokumentation

Von großer Bedeutung ist ebenfalls die Schulung von Kundenpersonal für die Programmierung und Bedienung unserer Rechensysteme. Zu diesem Zweck unterhält AEG-TELEFUNKEN ein zentrales Ausbildungsinstitut in Konstanz mit einem weitreichenden Angebot an Lehrgängen.

Hat sich der Kunde dafür entschieden seinen Rechner in eigener Regie zu warten, bietet AEG-TELEFUNKEN die Möglichkeit, **kundeneigenes Personal** im zentralen Ausbildungsinstitut in Konstanz auf seine Aufgaben vorzubereiten.

Eine ausgereifte Dokumentation und ein speziell hierfür zusammengestellter **Ersatzteilstock** geben wertvolle Unterstützung.

Analog- und Hybridrechenzentrum

Weiterführende Unterstützung bietet unser Analog- und Hybridrechenzentrum in Konstanz. Unsere Spezialisten helfen Ihnen bei Ihrer Problembearbeitung, um Ihren Rechner optimal einzusetzen.

Auch ist es z. B. für den Anwender von unschätzbarem Vorteil, einmal direkt mit dem **Entwicklungsingenieur** über technische Einzelheiten seiner Rechenanlage diskutieren zu können. Unser Vertrieb ist gerne bereit, einen derartigen Kontakt zu vermitteln.

Technische Daten

Dieses Kapitel enthält die wichtigsten Kenndaten des RA 770. Die Daten sind auszugsweise dem Kapitel „Technische Daten“ des Technischen Handbuches zum RA 770 entnommen, welches hierzu wichtige Randbedingungen und ausführlichere Angaben enthält. Den angegebenen Spezifikationen liegen Messungen nach den bei AEG-TELEFUNKEN üblichen Meßmethoden (zum Teil nach SCI) zugrunde. Wenn nicht anders angegeben, wurden die Daten am Rechner gemessen.

1. SYSTEM

Hauptabmessungen

| | |
|-----------------------------------|---------|
| Höhe | 1348 mm |
| Breite | 1948 mm |
| Tiefe (mit Tischplatte) | 942 mm |

| | |
|---------------------------------|----------|
| Gewicht, vollbestückt | ≈ 530 kg |
|---------------------------------|----------|

Stromversorgung

| | |
|---------------------------------|--------------|
| Netzanschluß: | |
| Spannung | 220 V ± 10 % |
| Frequenz | 47–63 Hz |
| Leistungsaufnahme, ges. | ≈ 1 kW |

Referenzspannungen

| | |
|------------------------------|-----------|
| Spannung | ± 10 V |
| Strombelastbarkeit | ≤ 270 mA |
| Balancefehler | ± 0,002 % |

Bedienung und Steuerung

| | |
|-------------------------------|-----------------|
| feste Programme | 9 |
| anwählbare Elemente | 3 x 200 |
| Zeitgeber: | |
| Basisfrequenz | 100 kHz (Quarz) |
| Zeitgeberbereich | 100 µs – 100 s |

2. ANALOGE RECHENELEMENTE

Rechenverstärker (chopperstabilisiert)

| | |
|---|-----------------------|
| Stabilisierung | elektron. Chopper |
| Ausgangsspannung | ≤ 12,5 V |
| Ausgangsstrom | ≤ 25 mA |
| Kurzschlußstrom, gegen Erde | ≤ 50 mA |
| Kurzschlußstrom, gegen Referenz | ≤ 55 mA |
| Gleichspannungsverstärkung | ≈ 3 x 10 ⁸ |
| Langzeitdrift (bez. auf Summenpkt.) | ≤ 5 µV/24 h* |
| Temperaturdrift (typ. Wert) | 0,6 µV/°C |
| 0-dB-Frequenz | ≤ 3 MHz* |
| Erholzeit auf U _{sp} ≤ 1 mV nach 10-facher Übersteuerung | 3 ms |

Rechenverstärker (driftkompensiert)

| | |
|--|------------------------------|
| Stabilisierung | Differenz-Bipolar-Transistor |
| Ausgangsspannung | ± 10 V |
| Ausgangsstrom | ± 20 mA |
| Kurzschlußstrom, gegen Erde | 80 mA |
| Kurzschlußstrom, gegen Referenz | 130 mA |
| Gleichspannungsverstärkung | ≥ 10 ⁸ |
| Langzeitdrift | 300 µV/24 h |
| Temperaturdrift | 25 µV/°C |
| 0-dB-Frequenz | 3,5 MHz |
| Erholzeit auf 2 · 10 ⁻⁴ | 0,5 ms |

*) Werte außerhalb des Rechners gemessen

| | |
|--|--------------------------------------|
| Daten des Umkehrers mit 20 kΩ-Rückführung: | |
| Bandbreite (-3 dB) | 20 V _{ss} 500 kHz |
| | 1 V _{ss} 770 kHz |
| Phasenfehler | bei 100 Hz 0,008 grad |
| | bei 1 kHz 0,08 grad |
| TIDE | bei 100 Hz 1,4 mV |
| | bei 1 kHz 14 mV |

Rechenkomponenten

| | |
|---|------------------------|
| Eingangs-/Rückführungswiderstände | 20 kΩ/200 kΩ |
| Anfangsbedingung | 5 kΩ |
| Fehler (innerh. eines Netz.) | ≤ 0,005 % |
| Rechenkondensatoren | 5/0,5/0,05/0,005 µF |
| Fehler | ≤ 0,01/0,02/0,05/0,1 % |

Integrierer/Speicher

| | |
|---|--------------------------------------|
| Zeitkonstanten | k = 1, 10, 100, 1000 s ⁻¹ |
| Drift in „Halten“ (k = 1 s ⁻¹) | 10 µV/s |
| in „Rechnen“ (k = 1 s ⁻¹) | 40 µV/s |
| Rücksetzzeit (v. ± 10 V auf 0 V ± 0,1 %) nach Umschaltung „Rechnen“ → „Anfangsw.“ | 0,18 ms |
| Schaltzeit | 2 µs |

Integrierer/Speicher (Track/Store)

| | |
|--|--------------------------------------|
| Zahl der elektron. Steuerschalter | 3 |
| Zeitkonstanten | k = 1, 10, 100, 1000 s ⁻¹ |
| Drift in „Speichern“ | 20 µV/s |
| Stat. Fehler d. Ausgangsspg. in „Folgen“ | ≤ 0,01 % |
| Einstellzeit d. Ausgangsspannung von 0 auf 10 V ± 0,05 % | 100 µs |

Summierer/Umkehrer (chopperstabilisiert)

| | |
|--|------------------------|
| Bandbreite (-3 dB) des 20 kΩ / 20 kΩ-Umkehrers 1 V _{ss} | 550 kHz |
| 20 V _{ss} | 450 kHz |
| Phasenfehler bei 100 Hz | 0,01° |
| bei 1 kHz | 0,09° |
| TIDE bei 100 Hz | 2 mV |
| bei 1 kHz | 18 mV |
| Rauschen am Summenpunkt (volle Bandbreite) | ≤ 50 µV _{eff} |

Hand-Koeffizientenpotentiometer

| | |
|--------------------------|----------|
| Widerstand | 5 kΩ |
| Auflösung | ≤ 0,02 % |
| Einstellfehler | 0,01 % |

Servo-Koeffizientenpotentiometer

| | |
|------------------------------|-----------------|
| Widerstand | 5 kΩ |
| Auflösung | ≤ 0,0125 % |
| Einstellfehler, typ. | 0,015 % FS |
| Einstellzeit | 0,1 s + 0,3 s/V |

Parabelmultiplizierer-Netzwerk

| | |
|---|-------------------|
| Stat. Fehler bei $X = E, 0 \leq Y \leq E$ | 0,015 % FS |
| Dyn. Produktfehler | 0,02 % FS |
| Bandbreite (-3 dB) | 140 kHz |
| Phasenfehler bei 100 Hz | $\leq 0,06^\circ$ |
| Temperatur-Drift | 0,5 mV/°C |

$\sin \frac{\pi}{2} X, \sin \pi X, \cos \frac{\pi}{2} X, \cos \pi X$

| | |
|---|-------------------|
| Statischer Fehler bei $-0,5 E \leq X \leq +0,5 E$ | |
| $\sin \frac{\pi}{2} X / \cos \frac{\pi}{2} X$ | $\leq 0,1$ % FS |
| $\sin \pi X / \cos \pi X$ | $\leq 0,3$ % FS |
| Bandbreite (-3 dB) | 140 kHz |
| Phasenfehler bei 100 Hz | $\leq 0,06^\circ$ |

$\frac{2}{\pi} \arcsin X$

| | |
|--------------------|-----------------|
| Statischer Fehler | $\leq 0,1$ % FS |
| Bandbreite (-3 dB) | 140 kHz |

$\frac{1}{2} \lg 100 X$

| | |
|--------------------|-----------------|
| Statischer Fehler | $\leq 0,5$ % FS |
| Bandbreite (-3 dB) | 140 kHz |

Universal-Knickfunktion

| | |
|--|-------------------|
| Einstellbereich der Begrenzung | -10 V .. +10 V |
| Statischer Begrenzungsfehler | 0,1 mV/V |
| Nullpunktverschiebung bei Temperaturänderung | $\leq 0,05$ mV/°C |

Rauschgenerator

| | |
|--|-------------|
| Inkonstanz der Leistungsdichte bis 4,5 kHz | ≤ 1 % |
| Abweichung v. Normalverteilung | ≤ 1 % |
| Gesamt-Temp.-Drift (10°C-40°C) | ± 25 mV |

Variabler Dioden-Funktionsgeber

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| Anzahl Diodenstrecken | 20 |
| Umschaltbare max. Steigungen | $\pm 1,7$ V/V $\pm 5,0$ V/V |
| Einstellfehler | $\leq 0,05$ % FS |
| Temperatur-Drift (n. SCI) | ≤ 1 mV/°C |

Einstellbare Universalfunktionen

| | |
|------------------------------|--|
| Anzahl Diodenstrecken | 5 od. 6 pro Karte |
| Umschaltbare max. Steigungen | $\pm 0,3$ V/V $\pm 3,0$ V/V und mehr |

Elektronischer Resolver

| | |
|---|------------------|
| • Polarkoordinaten \rightarrow Kartesische Koordinaten: | |
| Stat. Gesamtfehler | $\leq 0,2$ % FS |
| Bandbreite, $\Theta = \text{konst.}$, R = variabel | > 180 kHz |
| Rauschen (n. SCI) | $\leq 0,01$ % FS |
| • Kartesische Koordinaten \rightarrow Polarkoordinaten: | |
| Stat. Fehler Betrag | 0,2 % FS |
| Winkel | $\leq 0,03$ % FS |
| Bandbreite, $\Theta = \text{konst.}$, R = variabel | > 140 kHz |
| Rauschen (n. SCI) | $\leq 0,01$ % FS |

Komparatorverstärker

| | |
|---|----------------|
| Empfindlichkeit des Eingangs einstellbar von | 1 mV ... 25 mV |
| Hysterese einstellbar von | 1 mV ... 50 mV |
| Schaltzeit | 5 μ s |

Komparatorschalter

| | |
|--------------------------------|-----------------------|
| Schaltzeit, elektronisch | ≤ 2 μ s |
| mechanisch | 600 \pm 100 μ s |
| max. Schaltstrom, elektronisch | 50 mA |
| mechanisch | 200 mA |

3. DIGITALZUSATZ

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Potentiale: | |
| binär „0“ | 0 V, Tol.: ± 1 V |
| binär „0“, ext. Eingabe: | 0 V, Tol.: ± 1 V |
| binär „1“ | +8 V .. +12 V |
| Taktimpuls | 8 ... 10 V |
| | (1/0- Sprung, 50 ns/V) |
| Arbeitsfrequenz | 50 kHz typ. |

4. EIN-/AUSGABE

Digitalvoltmeter

| | |
|---------------------|-----------------------------|
| Anzeigebereich | ± 15 V |
| Fehler (bis 10,5 V) | 0,01 % |
| Eingangswiderstand | 200 k Ω \pm 0,01 % |
| Wandelzeit | < 10 ms |

Digitaldrucker

| | |
|----------------------|-------|
| Druckstellen/Zeile | 10 |
| Druckgeschwindigkeit | 3 Z/s |
| Codierung | BCD |

Zweistrahl-Speicheroszillograph

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| Schirmbild | 8 x 10 Teilungen |
| Nachleuchtdauer einstellbar von | 0,2 ... 60 s |
| Speicherung einstellbar von | 15 s ... 8 Std. |
| Empfindlichkeit | 0,1 mV ... 20 V/Tlg. |
| in 17 Einstellbereichen | |
| Zeitablenkung (intern) | 0,1 μ s ... 5 sTlg. |
| in 24 Einstellbereichen | |
| Bandbreite umschaltbar | 500 kHz/50 kHz |

XY-Schreiber

| | |
|------------------------|--|
| Format | DIN A 3 |
| Schreibgeschwindigkeit | max. 75 cm/s |
| X, Y-Meßbereiche | je 5 (0,5 mV/cm . . 5 V/cm mit Abschwächer) |
| Eingangswiderstand | 1,27 M Ω |

Elektronisches Laufzeitgerät

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Speicherkapazität | max. 1000 Worte à 10 Bits |
| Laufzeit einstellbar | |
| a) interner Takt | 1 ms ... 11 000 s |
| b) externer Takt | 1 ms ... ∞ |

Hybrides Koppelwerk

| | |
|---|---------------------------------|
| AD-Kanäle | 16 od. 32 |
| DA-Kanäle | max. 30 |
| Auflösung ADU, DAU | 14 Bits incl. VZ |
| Umsetzzeit ADU | 5 μ s |
| DAU | 5 μ s typ (max. 10 μ s) |
| Umsetzgenauigkeit ADU, DAU | $\pm 0,01$ % $\pm 1/2$ LSB |
| Zykluszeit-Zähler mit -Register (programmierbar) | 7 Bits |