

Kybernetische Schildkröte



In den letzten Jahren entstand eine neue Wissenschaft – die Kybernetik. Sie ermöglicht es, mit Automaten hochqualifizierte menschliche Arbeit zu ersetzen, z. B. durch elektronische Rechenmaschinen. Diese Maschinen sind in ihrem Aufbau sehr kompliziert, und nur Spezialisten mit einer hohen Qualifikation können mit ihnen richtig umgehen.

Zum Studium der Kybernetik eignen sich sehr gut kybernetische Modelle mit Informationsspeichern, die dem tierischen Gehirn analoge Teilfunktionen ausüben können. Ein solches Modell ist die vom Institut für Automatik und Telemechanik der Akademie der Wissenschaften der UdSSR entwickelte „Schildkröte“. Die Veröffentlichung ihrer Konstruktion in den Zeitschriften „Wissen ist Macht“ und „Radio“ Nr. 3/1958 regte die Arbeitsgemeinschaften für Telemechanik und Automatik an den Stationen Junger Techniker im Gebiet Swerdlowsk dazu an, selbst ein solches Modell anzufertigen.



Abb. 11
Ansicht des Modells

Im vorliegenden Artikel wird in groben Zügen der Bau einer solchen „Schildkröte“ beschrieben; er ist sehr einfach, da standardisierte Bauteile verwendet werden können.

Hauptaufgabe dieses Modells ist es, den Schülern der oberen Klassen dabei zu helfen, die Grundlagen der Automatisierung und Kybernetik zu studieren.¹

Das Verhalten der „Schildkröte“

Beobachtet man die Bewegungen der „Schildkröte“, entsteht der Eindruck, sie verfüge über bedingte tierische Reflexe. Sie reagiert auf Licht, auf Tonsignale und auch auf das Antreffen an Hindernisse. Wenn auch primitiv, so verfügt sie doch über ein Sehorgan, ein Gehör, einen Tastsinn und ein Gedächtnis (Speicher mit dem ein bedingter Reflex kurzzeitig gebildet werden kann).

Hier der Beweis für ihre Lichtempfindlichkeit: Die „Schildkröte“ bewegt sich kreisförmig auf ihrer Unterlage, bis sie die Lichtquelle entdeckt hat. Ist der Lichtstrahl erfaßt, bewegt sie sich gradlinig auf die Lampe zu. Das Sehorgan besteht aus einem Fotowiderstand. Dieser Fotowiderstand schaltet bei Lichteinfall über das Relais d 1 den Steuermagneten (Teil VII) ab, so daß sich die „Schildkröte“ gradlinig bewegen kann. Stöße die „Schildkröte“ dabei auf ein Hindernis, läuft sie kurz zurück, um sich nach einer kleinen Seitwärtsdrehung erneut vorwärts zu bewegen. Dieser Vorgang wiederholt sich sooft, bis ein Weg gefunden wird, das Hindernis zu umgehen.

Auf Tonsignale reagiert die „Schildkröte“ in folgender Weise: Wird ein Pfeifsignal gegeben, so bleibt sie etwa eine Sekunde stehen.

Das Interessanteste an der „Schildkröte“ ist aber ihr „Gedächtnis“, das für die Herausbildung eines bedingten Reflexes von Bedeutung ist. Ein bedingter Reflex entsteht immer dann, wenn verschiedene, mindestens aber zwei Reize miteinander kombiniert werden. Für die „Schildkröte“ wurde die Kombination der Reize Stoß und Schall gewählt. Trifft die „Schildkröte“ auf ein Hindernis und im gleichen Moment ertönt ein Pfeifsignal, dann entsteht ein bedingter Reflex. Nun „vermutet“ die „Schildkröte“ bei jedem Pfeifsignal ein

Hindernis und führt die entsprechenden Bewegungen aus, um das Hindernis zu umgehen. Nach einer gewissen Zeit (diese Dauer wird durch das entsprechende Zeitglied bestimmt) ertönt der bedingte Reflex wieder, falls nicht beide Reize wieder gleichzeitig auftreten.

Kybernetische Modelle haben grundsätzlich eine experimentelle Funktion zu erfüllen. Mit ihnen ist es möglich, einzelne Prozesse der Nerventätigkeit des lebenden Organismus nachzubilden. Aus dem Verhalten von Lebewesen und Maschinen werden Analogien abgeleitet, die für die Entwicklung Informationsverarbeitender automatischer Systeme von größter Wichtigkeit sind. Dadurch wird es möglich, logische Handlungen, die der Mensch auf der Grundlage von Informationen ausführt, kybernetischen Maschinen oder Mechanismen zu übertragen. Das hat große Bedeutung für die Steigerung der Arbeitsproduktivität. Die Einführung automatischer Regelungen und Steuerungen in die Produktion führt immer zu einer bedeutenden Beschleunigung der Produktion und zur Erhöhung der Qualität. Automatische Systeme und Aggregate reagieren präziser, ermüden nicht und sind weniger träge als der Mensch.

Die Schaltung der „Schildkröte“

Bei der Konstruierung der „Schildkröte“ gab es folgende Probleme zu lösen:

1. Aufnahme der Informationen (Licht, Ton, Stoß). Weiterleiten zu einem Rechenglied und Speicherung der Informationen zur Bildung des bedingten Reflexes.
 2. Realisierung der Ausgangsinformation durch Bewegung der Antriebs- und Steuerungsmechanismen. Zur Lösung dieser Aufgaben sind sowohl elektronische als auch elektromechanische Aggregate erforderlich.
- Das Prinzipbild (Abb. 12) zeigt schaltungstechnisch die Aufnahme, Verarbeitung und Umwandlung der Informationen in Steuerungsvorgänge. Zur besseren Übersicht wurden die einzelnen Glieder nur im Block aufgenommen.

Teil I

Als Meßfühler wird ein Fotowiderstand verwendet. Man kann auch eine Fotozelle oder ein Fotoelement dazu benutzen, dann allerdings ist ein elektronischer Verstärker erforderlich. Das Potentiometer 1 M Ω lin. dient zur Regelung der Empfindlichkeit des Fotowiderstandes. Die Empfindlichkeit

¹ Die „Schildkröte“ ist eine prinzipielle Lösung für ein kybernetisches Modell, das auf drei Reize reagiert und einen bedingten Reflex herbeiführen kann. Es gibt selbstverständlich auch noch andere Varianten; man kann mit Transistoren arbeiten, andere Relais verwenden und auch das Programm noch umfangreicher gestalten. Dieses Modell jedoch soll die Arbeitsgemeinschaften unserer Republik dazu anregen, sich ebenfalls mit solchen Problemen zu beschäftigen und in schülerorientierter Arbeit neue technische Lösungen zu entwickeln.

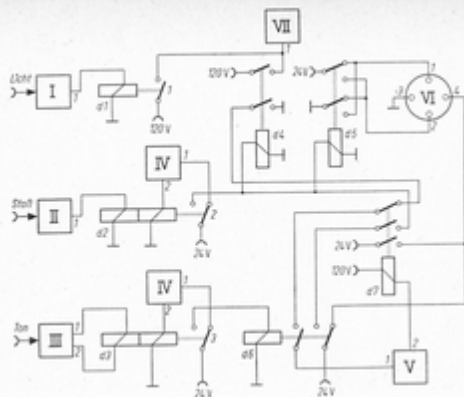


Abb. 12a Prinzipschabild zur technischen Funktion der Schilddrüse

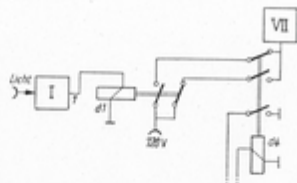


Abb. 12b Mit dieser Schaltung für die Relais d 1 und d 4 kann die Manövrierfähigkeit beim Umfahren von Hindernissen erhöht werden

ist so einzustellen, daß der Fotowiderstand nicht auf diffuses Licht reagiert. Aus diesem Grund ist auch die Verwendung eines einfachen Objektivs (Abb. 18) sehr zweckmäßig.

Toll II

Als Tastfühler wird ein einfacher zweipoliger Kontakt verwendet. Durch den Kontakt wird beim Anstoßen der Stromkreis der linken Wicklung des Relais d 2 geschlossen. Dadurch wird über Relais d 4 und d 5 die Rückwärts- und Seitwärtsbewegung ausgelöst. Das Zeitglied IV (Z 1) beendet diesen Vorgang nach kurzer Zeit.

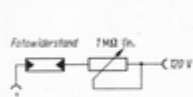
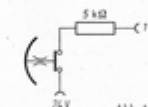


Abb. 13
Schaltung des Potowiderstandes für
Teil 1



Schaltung des Tastfühlers für Teil II

Test III

Als Meßfühler wird ein Mikrofon (einfaches Kristallmikrofon) verwendet. Über einen zweistufigen Verstärker wird das eingehende Tonsignal soweit verstärkt, daß über eine Gleichrichterbrücke in der linken Wicklung des Relais d 3 ein entsprechender Strom fließt. Es empfiehlt sich, die Tonfrequenz des Verstärkers so festzulegen, daß nur Signale einer bestimmten Frequenz verarbeitet werden, um Störungen durch fremde Geräusche zu vermeiden.

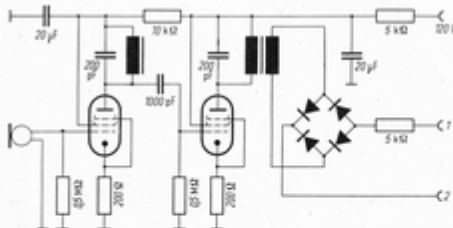


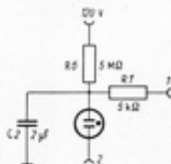
Abb. 15 Schaltung des Mikrofon-Verstärkers für Teil III (die Röhren entsprechen etwa unserer HP 14)

Beim Umschalten des Relais d 3 wird Relais d 6 eingeschaltet und die Schildkröte kurzzeitig zum Stehen gebracht. Die Dauer dieses Vorganges wird durch das zweite Zeitglied (Z 2) gesteuert.

Teil IV

Die beiden Zeitglieder Z 1 und Z 2 haben eine Speicherfunktion. Das ankommende Signal löst einen Vorgang aus und wird für kurze Zeit (die Zeitdauer wird durch die Kombination C 2, R 6 festgelegt) gespeichert. Kommt kein Signal, ist der Stromkreis für beide Wicklungen der Relais d 2 und d 3 unterbrochen und C 2 stromlos. Erfolgt ein Signal, fließt in der linken Wicklung des Relais d 2 oder d 3 Strom, und das Relais schaltet um. Dabei ladet sich C 2 über R 6 auf und die Glühlampe zündet. Dadurch wird der Stromkreis der rechten Wicklung des Relais kurzzeitig geschlossen und der Vorgang beendet. Der Stromkreis ist deshalb nur kurzzeitig geschlossen, da sofort nach der Umschaltung durch R 1 der Kondensator C 2 wieder entladen wird. Für diese Schaltung sind polarisierte Relais mit Nullstellung vorgesehen. Es können aber auch einfache Relais mit zwei Wicklungen verwendet werden, dazu muß allerdings die Schaltung verändert werden.

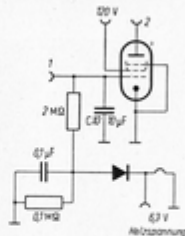
Abb. 16
Schaltung der Zeitglieder
(Z 1, Z 2) für Teil IV



Teil V

Das Zeitglied Z 3 wird benötigt, um den „bedingten Reflex“ zu bilden. Kommt gleichzeitig über II und III ein Signal an, so wird über die Relais d 4 und d 6 das Gitter der Röhre kurzzeitig an Masse gelegt und der Kondensator C 10 entladen. Dadurch steigt der Anodenstrom und das Relais d 7 zieht an. Nach Aufladung von C 10 sinkt in der Röhre wieder der Anodenstrom. Die Zeit zur Aufladung von C 10 entspricht der Dauer des „bedingten Reflexes“ (für das vorliegende Modell wurden etwa zwei Minuten gewählt).

Abb. 17
Schaltung für das Zeitglied Z 3 im
Teil V



Teil VI

Als Antriebsmotor wird ein 24 V Elektromotor mit Feldwicklung verwendet. Die Anschlüsse 1 und 2 sind für die Feldwicklung und werden zur Änderung der Drehrichtung durch das Relais d 5 umgepolt. Über die Anschlüsse 3 und 4 wird der Anker des Motors gespeist.

Durch Relais d 6 wird mit dem Wechselkontakt 6b bei einem Tonsignal die Stromzuführung zum Kollektor unterbrochen und das Modell für kurze Zeit gestoppt. Die Fahrgeschwindigkeit soll etwa 5 bis 10 cm/s betragen. Bei entsprechender Veränderung der Schaltung kann auch ein Permatomotor verwendet werden.

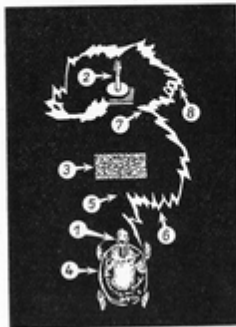
Teil VII

Dieser Teil stellt einen Elektromagneten dar, mit dessen Hilfe die Kreisbewegung der „Schildkröte“ gesteuert wird. Fällt auf den Fotowiderstand kein Licht, so ist der Stromkreis des Elektromagneten geschlossen. Dadurch



Abb. 18 Optik für den Fotowiderstand

Abb. 18a Die Schildkröte Elbie



Auf dem Panzer der Schildkröte war eine Kerze (1) befestigt worden, eine zweite Kerze (2) wurde in einiger Entfernung aufgestellt. Zwischen der Kerze und der Schildkröte befand sich ein Hindernis (3). Der Verschluss des Fotoapparates wurde geöffnet und die Schildkröte wurde sich selbst überlassen. Ihr Weg ist auf dem Foto aufgezeichnet. (4) Ausgangsposition der Schildkröte (sie beginnt ihre Bewegung in Richtung auf die Lichtquelle). (5) Zusammenstoß mit dem Hindernis. (6) Umgehen des Hindernisses und Wiederherstellung der Bewegungsrichtung zur Lichtquelle. (7) Die Schildkröte kam zufällig sehr nahe an die Kerze heran, das Licht war ziemlich stark, die Schildkröte war gezwungen, zurückzuweichen, sie umging die Kerze. (Aus: I. A. Polzajew: Kybernetik. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1962, S. 233.)

wird dem Steuerad ein Ausschlag von 20° gegeben. Bei Lichteinfall fällt Relais d 1 ab, und das Steuerad erhält eine Geradeausstellung.

Der mechanische Aufbau

Die „Schildkröte“ hat eine ovale Form in der Größe von 220 mm \times 290 mm. Auf der Grundplatte wird zunächst der Antrieb und die Steuerung aufgebaut. Die Montage der elektronischen Anlage sollte erst dann erfolgen, wenn Antrieb und Steuerung einwandfrei funktionieren.

Das Fahrwerk besteht aus drei Gummirädern, deren Durchmesser etwa 50 bis 60 mm betragen soll.

Die Abb. 19 zeigt den prinzipiellen mechanischen Aufbau des Antriebes und der Steuerung. Für den Antrieb wurde eine zweifache Schneckenunterstützung gewählt, da sie den Einsatz kleiner Zahnräder ermöglicht. Die Anordnung der Schnecken und Zahnräder ist aus den Abb. 20 und 21 ersichtlich.

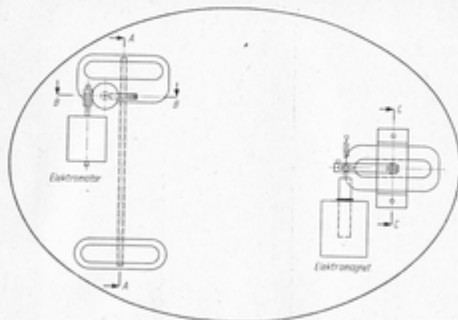


Abb. 19 Grundplatte mit Antrieb und Steuerung

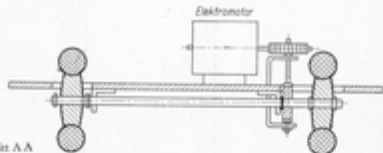


Abb. 20 Schnitt A A

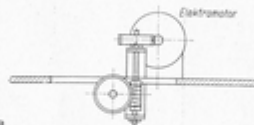


Abb. 21 Schnitt B B

Bei der vorgesehenen Fahrgeschwindigkeit von 50 bis 100 mm/s und dem angegebenen Raddurchmesser darf die Drehzahl der Antriebsachse 20 bis 30 U/min nicht überschreiten. Im angegebenen Beispiel wurden für einen Motor mit 6000 bis 8000 U/min zweigängige Schnecken und Zahnräder mit 32 und 24 Zähnen verwendet. Werden andere Laufräder oder ein anderer Motor verwendet, so muß die Untersetzung neu berechnet werden.

Größere Reibungsverluste können vermieden werden, wenn nur ein Laufrad starr mit der Antriebsachse verbunden wird.

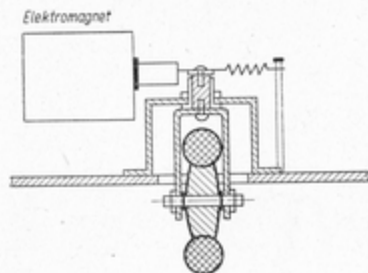


Abb. 22 Schnitt C C

Das Prinzip der Magnetsteuerung ist aus den Abb. 19 und 22 ersichtlich. Das Steuerrad liegt in einer Gabel, an der ein Hebel angebracht ist. Über diesen Hebel wird durch den Elektromagneten oder die Feder ein Steueranschlag bewirkt. Der Steueranschlag soll bei eingeschaltetem Elektromagneten etwa 20° betragen. Durch die Spiralfeder wird das Steuerrad in Normalstellung gehalten.

Frei bearbeitet nach einer methodischen Anleitung der Station Junger Techniker in Swerdlowsk, herausgegeben 1959