

POMIARY AUTOMATYKA KONTROLA

MIESIĘCZNIK NAUKOWO-TECHNICZNY

ORGAN POLSKIEGO KOMITETU POMIARÓW I AUTOMATYKI ORAZ SEKCJI METROLOGII I MECHANIKI PRECYZYJNEJ SIMP

REDAKCJA: WARSZAWA, CZACKIEGO 3/5, TEL. 674-61 w. 180
654-31 w. 270



ADMINISTRACJA: WARSZAWA, CZACKIEGO 3/5, TEL. 674-61

Prof. dr M. MAZUR
INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI

KD 007:577.3
IFAC 1.2.2

Cybernetyczne zagadnienia przebiegu życia¹⁾

Omówiono pojęcia sterowania i struktury z cybernetycznego punktu widzenia i objaśniono różnice między automatami a autonomami i organizmami. Przedstawiono koncepcję cybernetycznego schematu organizmu. W oparciu o elementarne przebiegi wyrównywania potencjałów objaśniono jakościowe i ilościowe czynniki przebiegu życia traktowanego jako przebieg mocy w funkcji czasu. Podano wyjaśnienie niektórych zagadnień związanych z czynnikami energetycznymi i informacyjnymi w zachowaniu się organizmu.

1. Wstęp

Do niedawna ukazanie się artykułu pod powyższym tytułem w czasopiśmie technicznym mogłoby sprawiać wrażenie jakiegoś nieporozumienia. Obecnie niebezpieczeństwo takie już nie grozi. Kilkanaście lat istnienia cybernetyki jako wyodrębnionej dziedziny nauki spowodowało daleko idące przemiany w poglądach na temat nauki jako całości. W każdym razie wiadomo już dzisiaj, że procesy biologiczne dają się traktować jako procesy sterownicze.

Gdyby rozwój cybernetyki ograniczał się do zagadnień technicznych, to prawdopodobnie zamiast o cybernetyce mówiliby się o pewnym stadium rozwoju automatyki. Okazało się jednak, że procesy sterownicze o odpowiednio wysokim stopniu komplikacji nie są czymś charakterystycznym wyłącznie dla techniki. Występują one również w organizmach i dlatego interesuje się nimi biologia, fizjologia, neurologia, psychologia itp. oraz w społecznościach, a więc wchodzą w zakres socjologii, ekonomii itp. Jeśli ponadto wziąć pod uwagę rolę, jaką w zagadnieniach cybernetycznych odgrywa matematyka i logika, to łatwo zrozumieć, jak szeroki jest zasięg cybernetyki. Pojawienie się cybernetyki sprawiło, że nawet podział na nauki matematyczno-przyrodnicze i nauki humanistyczne stał się bezprzedmiotowy. Dotychczasowe wyodrębnianie nauk humanistycznych opierało się na założeniu, że funkcjonowanie organizmu ludzkiego, zwłaszcza w zakresie myślenia, różni się zasadniczo od działania maszyn. Obecnie, gdy maszyny mogą dokonywać przekładów z jednego języka na inny, komponować utwory muzyczne, grać w szachy itp., wyodrębnianie takie straciło swoje uzasadnienie.

Okoliczność, że każdy proces sterowniczy można traktować jako przebieg informacji, pozwala na objaśnienie różnicy między automatem a maszyną cybernetyczną. W tym celu posłużymy się następującym poglądowym przykładem. Przypuśćmy, że ktoś polecił swojemu podwładnemu kupić określony towar w określonym sklepie. W tym przypadku wykonawca rozporządza wszystkimi niezbędnymi mu informacjami — wykonując otrzymane zadanie działa on jak automat. Gdyby jednak polecenie brzmiało, że ma on dokonać zakupu danego towaru po najniższej cenie, to otrzymane informacje byłyby niekompletne. Wykonawca musiałby sam zdobyć brakujące informacje, a mianowicie odwiedzić wszystkie sklepy, zapytać o ceny, a następnie porównać je w celu znalezienia ceny najniższej; dopiero w tym stadium wiedziałby, w którym sklepie towar powinien być zakupiony — w tym przypadku wykonawca działałby jak maszyna cybernetyczna.

Idealna maszyna cybernetyczna byłaby to maszyna wyposażona jedynie w zdolność rozpoznawania, co dla niej jest „dobre” a co „złe”; wszelkie inne informacje musiałaby sobie sama zdobywać.

Na takiej właśnie zasadzie działają organizmy. Po urodzeniu organizm potrafi jedynie odróżniać przyjemność od przykrości; inne informacje czerpie z doświadczenia wzrastającego się z biegiem życia.

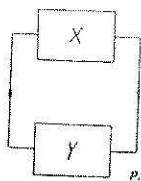
Zarzucono już w nauce mechanicyzm, zmierzający do traktowania organizmu, jak gdyby to był pewnego rodzaju mechanizm, zawiódł dlatego właśnie, że interpretował organizm jako układ automatyczny, a nie jako układ cybernetyczny.

2. Sterowanie

Jak wiadomo, cybernetykę definiuje się jako naukę o sterowaniu. Z kolei sterowanie można zdefiniować jako wywieranie pożądanego wpływu na dowolne zjawiska. Z cybernetycznego punktu widzenia sterowaniem jest np. regulacja prędkości w urządzeniach technicznych, działanie grzejników w organizmie, zmiany cen w gospodarce itp. Sterowanie odbywa się zawsze na zasadzie sterowania zwrotnego, tzn. wpływania przebiegów wychodzących na

¹⁾ Zagadnienia poruszane w niniejszym artykule były tematem szeregu odczytów, wygłoszonych przez autora w ostatnich latach na zaproszenie Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, Stowarzyszenia Elektryków Polskich w Warszawie i Łodzi, Naczelnej Organizacji Technicznej w Gdańsku oraz na V Międzynarodowym Zjeździe w Hohenau (NRD), jak również tematem artykułu pt. „Cybernetische Probleme des Lebensablaufs” opublikowanego w „Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Elektrotechnik Hohenau”, zes. 3, 1961. Treść niniejszego artykułu jest fragmentem książki autora pt. „Cybernetyczna teoria charakteru” przygotowywanej do druku przez Państwowe Wydawnictwo Naukowe.

przebiegi wejściowe. Ponieważ jednak przebiegi wyjściowe z natury rzeczy wpływają na przebiegi wejściowe, więc sterowanie jest procesem wzajemnego oddziaływania. Jeżeli układ X steruje układem Y, to nie tylko X wpływa na Y, lecz także Y wpływa na X (rys. 1). Nie tylko kierowca wpływa na samochód, lecz i samochód wpływa na kierowcę.

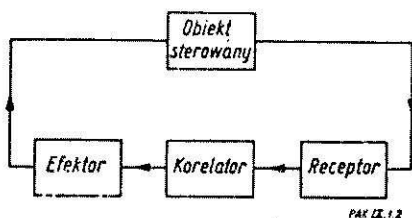


PAK IX.1.1

Rys. 1. Ogólny schemat sprzężenia zwrotnego

Gdy piec elektryczny jest sterowany przez regulator temperatury, to równie dobrze można by powiedzieć, że regulator temperatury jest sterowany przez piec. Jeżeli zwykle mówimy o sterowaniu pieca przez regulator, to tylko dlatego, że z praktycznego punktu widzenia o to nam właśnie chodzi, a nie o sterowanie regulatora przez piec. Ta wzajemność procesów sterowniczych uchodzi często uwagi nawet u cybernetyków.

Ogólnie można przedstawić układ sterowniczy jak na rys. 2. Zmiany w obiekcie sterowanym są wykrywane przez receptor i oceniane w korelatorze, co w konsekwencji wywołuje oddziaływanie efektora na obiekt sterowany i w ten sposób obieg sterowniczy się zamyka. Z przykładami takiego obiegu można się spotkać w każdej dziedzinie; zmiany w piecu elektrycznym są wykrywane przez czujnik temperatury, co — odpowiednio do działania regulatora temperatury — wywołuje działanie wyłącznika i zapewnienie



PAK IX.1.2

Rys. 2. Układ sterowniczy w ujęciu cybernetycznym

lubo przerwanie dopływu energii elektrycznej do pieca; odchylenia łaski, którą chcemy utrzymać pionowo na końcu palca, są wykrywane przez oko i oceniane przez mózg, czego wynikiem są ruchy ręki przeciwdziałające odchyleniom łaski od kierunku pionowego; zmiany w obrocie towarowym są obserwowane przez sprawozdawców przekazujących informacje o tym rządowi, który podejmuje decyzję co do cen, wykonywane następnie przez sprzedawców i wpływające w ten sposób na obrót towarowy.

Jak widać, we wszystkich tych przykładach mamy do czynienia z zamkniętym obiegiem sterowniczym, co nie powinno dziwić, ponieważ każdy obieg sterowniczy jest zamknięty. Nie stoi z tym w sprzeczności spotykane w automatyce rozróżnianie „sterowania zamkniętego” i „sterowania otwartego”; ma ono na celu jedynie uwydatnienie okoliczności czy sterowanie odbywa się wyłącznie za pomocą urządzeń technicznych („sterowanie zamknięte”), czy też z udziałem człowieka jako jednego z ogniw obiegu („sterowanie otwarte”). W cybernetyce rozróżnienie takie jest nieistotne. Zamknięty jest nawet jednorazowy obieg sterowniczy, np. wystrzał z armaty, gdyż artylerzysta uzależnia swoje postępowanie od skutków poprzednich wystrzałów, chociażby odbyły się one na długi czas przedtem (np. w szkole artylerzyjskiej) lub zostały spowodowane przez innych artylerzystów, których doświadczenia zostały przekazane przykładowemu artylerzyście w postaci wzorów matematycznych w podręczniku balistyki. Nie ma natomiast obiegu zamkniętego w takich przypadkach jak np. gdy kamień górski zepchnięty podmuchem wiatru stoczy się w dół i nawet spowoduje lawinę, gdyż nie ma tam w ogóle sterowania (brak „pożądanego” wpływania na zjawiska).

2) Forma „sterować coś” może się wydawać rażąca tym czytelnikom, którzy przywykli do formy „sterować czymś”. Istotnie, w języku potocznym utrzymują się podobnie zbudowane wyrażenia, np. sterować okrętem, kierować przedsiębiorstwem, rzucać kamieniami itp. W literaturze technicznej często jednak zachodzi potrzeba podawania nie tylko obiektu sterowanego, kierowanego itp., lecz i środków w tym celu zastosowanych; wymaga to używania wyrażeń o następującej budowie: sterować silnik wyłącznikiem, kierować parą dyszą, rzucać kamieniem ręką itp. Dlatego też za właściwą należy uważać formę „sterować coś czymś”.

Przypisywanie receptorów i efektorów układowi sterującemu (rys. 2) ma znaczenie umowne; równie dobrze można by je przypisać układowi sterowanemu, zgodnie z tym co mówiliśmy o wzajemności oddziaływania w związku z rys. 1.

Przebiegi sterownicze można traktować jako przenoszenie informacji. W szczególności można uważać, że od receptora do korelatora są przenoszone informacje o bodźcach, czyli o zmianach stanu obiektu sterowanego oraz że od korelatora (w wyniku przetwarzania informacji w korelatorze) do efektora są przenoszone informacje (rozkazy) o reakcjach, czyli o zmianach, jakie w stanie obiektu sterowanego mają być spowodowane.

3. Struktura

Od dawna przywykliśmy do traktowania każdego układu fizycznego z punktu widzenia energii i materii. Nasuwa się pytanie, czy przez te dwa czynniki układ jest wystarczająco określony. Aby dać odpowiedź na to pytanie, rozpatrzmy jakiś układ przetwarzający energię, na przykład prostą turbinę wodną (rys. 3).

Jak wiadomo, działanie takiej turbiny polega na tym, że woda padająca na łopatkę wirnika turbiny wywiera na nie pewien nacisk i dzięki temu wprawia wirnik w ruch obrotowy (rys. 3a).

Aby zbadać, jakie czynniki warunkują działanie turbiny, rozpatrzmy rozmaite nieprawidłowe jej stany; istotne będą te czynniki, które okażą się przyczyną nieprawidłowości.

W sposób dość oczywisty nasuwa się spostrzeżenie, że jednym z tych czynników jest energia. Przy braku dopływu energii turbina nie może pracować (rys. 3b).

Takie same skutki powoduje brak materialnej części turbiny, np. wirnika (rys. 3c). Istotnym czynnikiem jest więc również materia.

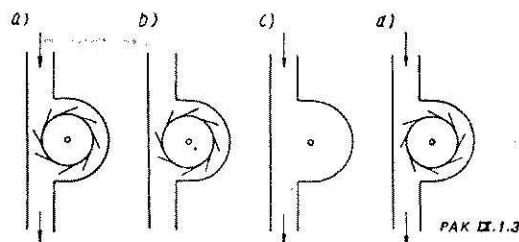
Przyjrzyjmy się teraz stanowi przedstawionemu na rys. 3d. Pomimo że nie brakuje tu niczego ani w zakresie energii, ani materii, turbina nie może pracować, ponieważ wirnik został umieszczony odwrotnie, wskutek czego łopatki wirnika są skierowane niewłaściwie. Tym razem zmienił się trzeci istotny czynnik, a mianowicie struktura, tj. sposób powiązania energii i materii.

Do takich samych wniosków doszlibyśmy rozpatrując inne układy; na przykład prawidłowe działanie odbiornika radioelektrycznego ustaje przy braku promieniowania z radiostacji (energia), przy braku jakiegoś elementu (materia) bądź przy przestawieniu elementów, np. lamp elektronowych (struktura).

A zatem przy traktowaniu układów fizycznych należy brać pod uwagę trzy czynniki, którymi są: energia, materia, struktura.

Metody ilościowego określania energii i materii są od dawna znane. Nasuwa się pytanie, czy można również mówić o „ilości struktury”. Jest ono może zaskakujące, ale chyba tylko z powodu niezwykłości sformułowania. W rzeczywistości problematyka naukowa w przeważającym stopniu dotyczy ilościowej oceny struktury, chociaż przy użyciu innej terminologii, odpowiednio do punktu widzenia, z jakiego strukturę się ocenia. Pojęcia tego rodzaju, jak sprawność, wydajność, kryterium podobieństwa, iloraz inteligencji, rentowność, względny przyrost ludności itp. to nic innego niż formy ilościowej oceny struktury.

Jeżeli wprowadzić do układu pewną ilość energii, to — zgodnie z prawem zachowania energii — nie może ona ulec ani zmniejszeniu, ani zwiększeniu; może zmienić się tylko postać energii lub rozmieszczenie.



PAK IX.1.3

Rys. 3. Objasnienie roli energii, materii i struktury na przykładzie turbiny wodnej

To samo odnosi się do ilości materii; może nastąpić tylko przemiana jednej substancji w inną lub zmiana rozmieszczenia.

Jako jedyny czynnik, na który można wpływać, pozostaje więc tylko struktura (przemiana energii lub materii albo zmiana ich rozmieszczenia są właśnie wynikiem zmian struktury), z czego wynika, że sterowanie polega na zmianach struktury.

Pozostaje wyjaśnić, jak należy w definicji sterowania rozumieć „pożądane” wpływanie na zjawiska. Pożądane — dla kogo? Oczywiście dla człowieka, dopóki jest mowa o użytkowaniu maszyn. Zamiast sterować maszyny samemu ułatwia sobie człowiek zadanie konstruując maszyny samosterowne.

Wyrażenie „maszyna samosterowna” wymaga pewnego komentarza. Piec zaopatrzony w regulator temperatury jest samosterowny tylko o tyle, że sam utrzymuje sobie temperaturę nastawioną na regulatorze, ale kto nastawia tę temperaturę na regulatorze? Robi to człowiek, użytkownik pieca. Można wprowadzić skonstruować regulator samonastawny, tzn. uzależnić samoczynne nastawianie temperatury na regulatorze od jakiejś innej wielkości fizycznej, oznacza to jednak wprowadzenie dodatkowego organu, który z kolei będzie musiał być nastawiany przez człowieka, itd. Jak widać, mogą istnieć maszyny o rozmaitych stopniach samosterowności, a więc o mniejszym czy większym udziale człowieka. Maszyny tego rodzaju są to *automaty*.

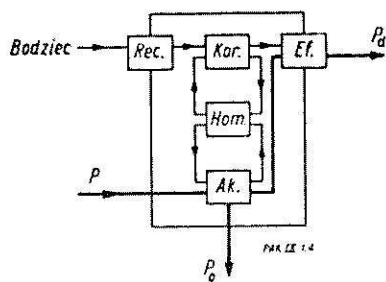
Najwyższy stopień samosterowności występuje w układach sterujących się we własnym interesie, tzn. dbających wyłącznie o własne bezpieczeństwo i rozwój. Maszyny tak zbudowane byłyby to maszyny samodzielne czyli *autonometry*.

Wprawdzie maszyny tego rodzaju nie są jeszcze budowane, istnieją jednak organiczne struktury samodzielne, a mianowicie *organizmy*.

4. Organizm jako struktura samodzielna

Abstrahując od fizjologii, a więc np. od rozróżniania obiegu trawinnego, krwionośnego itp., można rozpatrywać organizm z punktu widzenia obiegów sterowniczych (rys. 4).

Traktując organizm jako układ sterujący, a otoczenie, w którym organizm się znajduje, jako układ sterowany i biorąc pod uwagę schemat przedstawiony na rys. 2 można



Rys. 4. Cybernetyczny schemat organizmu

w organizmie wyodrębnić tor informacyjny, w którego skład wchodzi: receptory (narządy zmysłowe), korelator (mózg) i efektor (mięśnie ruchowe). Skoro oddziaływanie otoczenia na organizm przejawia się w postaci bodźców na wejściu tego toru informacyjnego, to oddziaływanie organizmu na otoczenie przejawia się w postaci reakcji na wyjściu toru informacyjnego.

Ponadto można wyodrębnić tor energetyczny, w którego skład wchodzi akumulator i efektor. Na wyjściu tego toru występuje moc całkowita (P) pobierana przez organizm z otoczenia.

Aby organizm mógł wydawać energię w dowolnym czasie, niezależnie od tego, kiedy ją pobiera, potrzebna jest w organizmie akumulacja energii. Zespół organów spełniających to zadanie określamy tu jako „akumulator” (rys. 4).

W organizmie, podobnie jak w każdym przetworniku energii, występują straty energii do otoczenia (przeważnie jako straty ciepła). Moc idącą na pokrywanie strat będziemy nazywać mocą jałową (P_0).

Pozostałą resztą mocy organizm rozporządza do wykonywania rozkazów przekazywanych z korelatora do efektora; będziemy ją nazywać mocą dyspozycyjną (P_d). Moc dyspozycyjna jest doprowadzana z akumulatora do efektora; występuje ona na wyjściu toru energetycznego. Jak widać, efektor jest organem wspólnym dla toru informacyjnego i toru energetycznego.

Do utrzymania stałości parametrów (np. temperatury, ciśnienia, wilgotności itp.), od których zależy trwałość organizmu, służą procesy regulacyjne zwane „homeostazą”; zespół organów, dzięki którym procesy te się odbywają, zaznaczyliśmy na rys. 4 jako „homeostat”. Homeostat może wpływać na wspomniane parametry zwiększając bądź zmniejszając moc jałową (np. obrona organizmu przed przegrzaniem polega na wzmożonym wydzieleniu i parowaniu potu, co zwiększa straty ciepła); w tym celu homeostat jest sprzężony z akumulatorem. Ponadto homeostat sprzężony jest z korelatorem, dzięki czemu do obiegu informacyjnego zostaje wprowadzone kryterium interesu organizmu (kryterium oceny, co dla organizmu jest „dobre” a co „złe”).

A zatem można w organizmie rozróżniać trzy główne sprzężenia zwrotne: 1) akumulator-homeostat, 2) homeostat-korelator, 3) korelator-otoczenie (rys. 4).

5. Przebieg życia

Rozważania nad przebiegiem życia organizmu rozpoczniemy od pytania, co się dzieje z dowolną strukturą nie-samosterowną z biegiem czasu.

Określa to zasada *Maupertuis*, stwierdzająca, że różnica dowolnych potencjałów, jeżeli nie jest podtrzymywana przez czynniki zewnętrzne, maleje według wzoru

$$V = V_0 \cdot e^{-kt} \quad (1)$$

w którym: V — różnica potencjałów w dowolnej chwili, V_0 — początkowa różnica potencjałów, k — ekstynkcja, t — czas, e — podstawa logarytmów naturalnych.

Krzywa wyrażona tym wzorem ma przebieg jak na rys. 5. Według takiego przebiegu odbywa się stygnięcie ciał nagranych, wyładowanie kondensatorów elektrycznych itp. Różnica potencjałów maleje asymptotycznie do zera, przy czym następuje odpływ energii do otoczenia.

Natura nieożywiona zmierza w ten sposób do wyrównania potencjałów, co określa się jako wzrastanie entropii. Swobodne zmniejszanie się różnicy potencjałów jest stałe postępującą dezorganizacją struktury. Istotą każdej organizacji jest przeciwstawianie się wzrastaniu entropii.

Każda z zewnątrz sterowana struktura musi mieć organizatora, który ją steruje w swoim interesie. Struktura samodzielna steruje się we własnym interesie; jest ona swoim własnym organizatorem.

Gdyby organizm sam się nie sterował, to wszelkie różnice potencjałów w jego komórkach miałyby zgodnie z zasadą *Maupertuis*, organizm coraz bardziej ulegałby dezorganizacji.

Stwierdzenie, że struktura ulega dezorganizacji z powodu wyrównywania się potencjałów oznacza, że maleje w niej jakaś wielkość fizyczna odgrywająca rolę potencjału. W odniesieniu do organizmu będziemy tę wielkość określać jako *jakość substancji organicznej*. Odpowiednio do wzoru (1) możemy przebieg tej wielkości wyrazić wzorem

$$a = a_0 \cdot e^{-At} \quad (2)$$

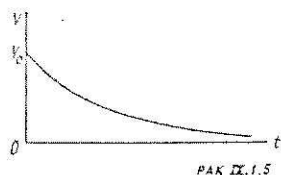
w którym: a — jakość substancji organicznej w dowolnej chwili, a_0 — początkowa jakość substancji organicznej, A — współczynnik starzenia, t — czas, e — podstawa logarytmów naturalnych.

Krzywa wyrażona tym wzorem ma przebieg jak na rys. 6 (analogiczny do krzywej na rys. 5).

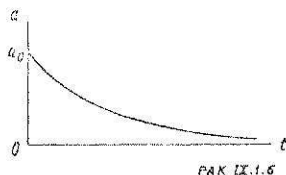
Potencjał w jakimś miejscu może być wyższy niż w innym tylko dzięki temu, że w miejscu tym występuje koncentracja energii. Gdy różnica potencjałów maleje, to maleje również koncentracja energii, czemu towarzyszy odpływ energii na zewnątrz.

Organizm, jako struktura samodzielna, różni się od struktur nieożywionych tym, że zwalcza własną dezorganizację, a więc musi przeciwdziałać odpływowi energii. Cel ten organizm może osiągać tylko przez pobieranie energii

z zewnątrz. Potrzebne są do tego odpowiednie organy, a ponieważ organizm jest strukturą samodzielną, więc musi takie organy sam sobie budować. Należy też uwzględnić okoliczność, że pobierana energia musi mieć odpowiednią („przystawalną”) postać. Aby móc przetwarzać pobieraną energię do potrzebnej postaci, organizm musi również



Rys. 5. Przebieg różnicy potencjałów według zasady Maupertuis



Rys. 6. Starzenie organizmu

budować sobie odpowiednie organy. Rozbudowa jest więc koniecznością walki organizmu z własną dezorganizacją.

Szybkość rozbudowy organizmu wynika z okoliczności, że pogarszanie się jakości substancji organicznej stanowi dla organizmu zakłócenie; do usuwania tego zakłócenia dąży homeostat, rozbudowując organizm odpowiednio do aktualnego stanu substancji organicznej. Jeżeli więc dezorganizacja postępuje szybko, to i organizm szybko się rozbudowuje; jeżeli dezorganizacja przebiega powoli, to organizm wolniej się rozbudowuje. W związku z tym można rozbudowę organizmu, tj. ilość substancji organicznej, wyrazić wzorem

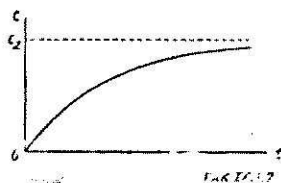
$$c = c_z (1 - e^{-Ct}) \quad (3)$$

w którym: c — ilość substancji organicznej w danej chwili, c_z — graniczna ilość substancji organicznej, C — współczynnik rozbudowy, t — czas, e — podstawa logarytmów naturalnych.

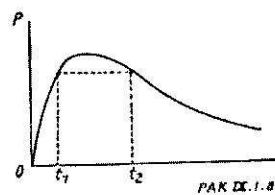
Krzywa wyrażona tym wzorem ma przebieg jak na rys. 7, odwrotny do przebiegu krzywej z rys. 6.

Jak widać, w organizmie występuje wyraźny związek między czynnikami jakościowymi i ilościowymi: gdy pogarsza się jakość substancji organicznej, to musi wzrastać jej ilość.

Traktując organizm jako przetwornik energii można operować pojęciem mocy organizmu. Moc organizmu (moc całkowita P z rozdz. 4) jest tym większa, im wyższa jest



Rys. 7. Rozbudowa organizmu



Rys. 8. Moc organizmu

jakość substancji organicznej a i im większa jest jej ilość c . Wprowadzając współczynnik proporcjonalności v można określić moc organizmu wzorem:

$$P = v a c \quad (4)$$

a po uwzględnieniu wzorów (2) i (3)

$$P = v a_0 c_z e^{-At} (1 - e^{-Ct}) \quad (5)$$

Krzywa wyrażona tym wzorem ma przebieg jak na rys. 8.

W ogólnym przypadku współczynnik rozbudowy C może być większy lub mniejszy od współczynnika starzenia A .

Interesujące może być określenie liczbowe mocy organizmu, zwłaszcza organizmu ludzkiego. Możemy do tego dojść biorąc pod uwagę, że zdolność reprodukcyjna organizmu rozpoczyna się w pewnym czasie t_1 i kończy się w pewnym czasie t_2 , przy czym moc organizmu nie powinna być mniejsza od pewnej niezbędnej do tego wartości (rys. 8). Wiadomo że dla organizmu ludzkiego czasy te wynoszą w przybliżeniu $t_1 = 14...17$ lat oraz $t_2 = 50...60$ lat

(inne wartości odnoszą się głównie do kobiet, wyższe do mężczyzn), wobec czego $t_1 : t_2 = 1 : 3,5$. Wystarczy więc znaleźć na krzywej z rys. 8 takie dwa punkty przy jednakowej mocy, które spełniają powyższy warunek, żeby móc określić funkcję $P = f(t)$ liczbowo.

Aby uprościć matematyczną stronę sagadnienia, przyjmijmy, że współczynnik rozbudowy jest równy współczynnikowi starzenia czyli $C = A = B$, przy czym oznaczenie B wprowadziliśmy dla podkreślenia, że chodzi tylko o ten szczególny przypadek.

Wobec tego wzór (5) przybierze postać

$$P = v a_0 c_z e^{-Bt} (1 - e^{-Bt}) \quad (6)$$

Przyrównując pierwszą pochodną tej funkcji do zera

$$\frac{dP}{dt} = 0 \quad (7)$$

otrzymujemy dla maksimum tej funkcji warunek

$$e^{-Bt_m} = 0,5 \quad (8)$$

gdzie: t_m jest to czas, w którym występuje maksymalna moc organizmu. Wprowadzając wyrażenie (8) do wzoru (6) otrzymujemy wzór na moc maksymalną

$$P_m = \frac{v a_0 c_z}{4} \quad (9)$$

a zatem moc organizmu wyrazi się wzorem

$$P = 4P_m e^{-Bt} (1 - e^{-Bt}) \quad (10)$$

któremu odpowiada krzywa P na rys. 9.

Na podstawie przebiegu tej krzywej łatwo stwierdzić, że warunek $t_1 : t_2 = 1 : 3,5$ jest spełniony przy mocy $P = 0,82 P_m$. A zatem moc organizmu ludzkiego musi wynosić więcej niż 82% jego mocy maksymalnej, ażeby organizm był zdolny do reprodukcji. W okresie od $t_1 = 20...25$ lat do $t_2 = 40...50$ lat moc organizmu przekracza nawet 95% mocy maksymalnej. Jak widać, natura stawia organizmowi wysokie wymagania co do mocy, gdy chodzi o rozmnażanie. Ponadto okoliczność, że moc organizmu ludzkiego w całym okresie jego dojrzałości tak niewiele różni się od mocy maksymalnej, wyjaśnia, skąd w tym okresie bierze się poczucie niezmiennej żywotności.

Ponieważ krzywa P zbliża się asymptotycznie do osi odciętych, nasuwa się pytanie, czy życie, nawet przy stałe malejącej mocy organizmu, mogłoby trwać wiecznie.

Odpowiedź na to pytanie jest nietrudna, jeżeli wziąć pod uwagę występowanie mocy jałowej organizmu. Można przyjąć, że moc jałowa jest proporcjonalna do ilości substancji organicznej c . Potwierdza to również fizjologia; stwierdzono, że jednostkowa moc jałowa organizmu ludzkiego wynosi około 1 kcal/h kg, a więc moc jałowa organizmu ważącego około 70 kg wynosi około $P_0 = 70$ kcal/h. Dla porównania dodajmy, że moc całkowita dojrzałego organizmu ludzkiego wynosi około $P = 125$ kcal/h (jeśli przyjąć, że do odżywiania organizmu potrzeba około 3000 kcal na dobę).

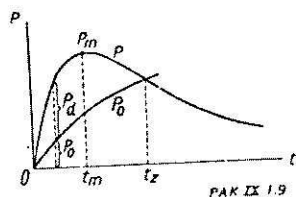
Wynika stąd, że przebieg mocy jałowej $P_0 = f(t)$ jest podobny do przebiegu $c = f(t)$ według wzoru (3) i rys. 7. Krzywa mocy jałowej $P_0 = f(t)$ przecina się z krzywą mocy całkowitej $P = f(t)$ w pewnym punkcie t_2 (rys. 9).

W każdej chwili moc całkowita musi być równa sumie mocy akumulowanej, mocy jałowej i mocy dyspozycyjnej. Moc akumulowana waha się cyklicznie od jednego posiłku do drugiego, a praktycznie można przyjąć, że wyrównywa się w cyklu dobowym. Jeśli operować wartościami średnimi w okresie jednego cyklu, to moc akumulowana nie występuje w bilansie mocy, można więc napisać:

$$P = P_0 + P_d \quad (11)$$

a więc przebieg krzywej $P_0 = f(t)$ na rys. 9 dzieli moc całkowitą $P = f(t)$ na moc jałową P_0 i moc dyspozycyjną P_d . Jak widać na wykresie, w miarę zbliżania się do chwili t_2 moc dyspozycyjna coraz bardziej maleje i w chwili t_2 staje się równa zero; znaczy to, że w chwili t_2 moc całkowita organizmu idzie wyłącznie na pokrywanie mocy jałowej. Po przekroczeniu chwili t_2 moc całkowita nie wystarczałaby nawet do pokrycia mocy jałowej. Wskutek

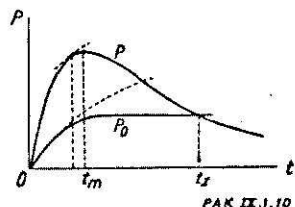
tego homeostat traci możliwość zwalczania zakłóceń wynikających ze starzenia, organizm ulega więc dezorganizacji. Czas t_z jest chwilą śmierci organizmu.



Rys. 9. Moc całkowita, moc jałowa i moc dyspozycyjna organizmu

Rozpatrując przebieg krzywych mocy łatwo stwierdzić, że moc jałowa osiąga maksimum wcześniej niż moc całkowita organizmu (rys. 10). Jest to dla organizmu niekorzystne, czemu homeostat przeciwstawia się w sposób zmierzający do zmniejszenia stromości krzywej $P_0 = f(t)$.

Ponieważ moc jałowa P_0 jest proporcjonalna do ilości substancji organicznej c , więc działanie homeostatu sprawdza się do hamowania rozbudowy organizmu. Inaczej mówiąc, rozbudowa, potrzebna początkowo do zwalczania starzenia, zaczyna się organizmowi z biegiem życia coraz mniej opłacać. Przystosowując się do zmian sytuacji pod tym względem, homeostat zmniejsza szybkość rozbudowy



Rys. 10. Powstrzymywanie rozbudowy organizmu

organizmu aż do jej zupełnego powstrzymania (w późnym okresie życia potrzebne jest nawet zmniejszanie ilości substancji organicznej, co się przejawia jako tzw. uwiad starczy) i w ten sposób odsuwa chwilę t_z (rys. 10).

Przeciw powyższemu rozumowaniu można by wysunąć zarzut, że przy namowieniu rozbudowy maleje również moc całkowita zgodnie z wzorem (4), co zdaje się przeciwdziałać odsuwaniu chwili t_z . Analiza podanych wzorów pozwala stwierdzić, że przypuszczenie to jest słuszne, ale w odniesieniu do wartości Bt_z , a nie do wartości t . Można dowieść, że bez względu na przebieg krzywej $P_0 = f(Bt)$ punkt jej przecięcia z krzywą $P = f(Bt)$ przypada przy tej samej wartości Bt_z .

Pomimo tego wartość t_z będzie większa, ponieważ wartość B będzie mniejsza, o czym można się przekonać biorąc pod uwagę stosunek $t_1 : t_2$ (rys. 8) przy zmodyfikowanym (w związku z hamowaniem rozbudowy) przebiegu krzywej mocy całkowitej P .

Zysk organizmu dzięki hamowaniu rozbudowy, która zaczyna się uwydatniać jeszcze przed punktem t_m , polega na tym, że przetworzona w ciągu całego życia organizmu energia, odpowiadająca mocy dyspozycyjnej, będzie większa. Organizm steruje się w sposób zmierzający do spełnienia warunku

$$\int_0^{t_z} P_d \cdot dt = \max$$

Mówiąc potocznie organizm dąży do tego, żeby się jak najwięcej „nażył”.

6. Czynniki energetyczne i informacyjne w zachowaniu się organizmu

Poszukiwanie ścisłych prawidłowości w zachowaniu się organizmu ludzkiego jest niewątpliwie sprawą frapującą, prowokującą do stawiania rozmaitych interesujących pytań³⁾.

Traktowanie organizmu jako układu cybernetycznego prowadzi do uznania determinizmu jego zachowania się. Pozostaje to w sprzeczności z poglądami zwolenników tzw. „wolności woli” czyli indeterminizmu w postępowaniu człowieka. W obronie swoich poglądów mogą wywoływać różne reakcje człowieka. Błędność takiej motywacji wynika z pomijania okoliczności, że korelator (mózg) nie jest tylko kanałem, w którym z informacji o bodźcu powstaje informacja (rozkaz) o mającej nastąpić reakcji, lecz także zbiornikiem poprzednich informacji, wynikających z dotychczas nabytego doświadczenia organizmu. Tych poprzednich informacji jest tak wiele, że informację wprowadzaną do korelatora w związku z jakimś aktualnym bodźcem stanowią przysłowiową „kropkę w morzu”. Reakcja jest wynikiem sumy informacji przeszłych i teraźniejszych, a ponieważ informacja teraźniejsza stanowi nieznaczną część tej sumy, więc nie dziwnego, że przy różnych stanach rejestracji poprzednich informacji reakcje będą różne nawet przy tym samym aktualnym bodźcu. Różnorodność reakcji nie świadczy więc o braku determinizmu.

Osoby nawykłe do dualistycznego pojmowania człowieka (tj. do rozróżniania „ciała” i „ducha”) razi czysto fizyczna interpretacja zachowania się organizmu. Jako argument bywa tu wysuwany m. in. przykład, że wielu uczonych dochodzi do szczytowych osiągnięć w późnym wieku, o wiele późniejszym niżby to wynikało z położenia maksimum mocy na krzywej przebiegu mocy organizmu. Motywacja taka jest wynikiem nieporozumienia. Każde przeżycie wprowadza informacje rejestrowane w korelatorze, dzięki czemu zwiększa się zasób informacji zarejestrowanych w korelatorze, nawet gdy moc organizmu maleje. Procesy informacyjne wymagają wprowadzić zużycia energii, chodzi tu jednak o moc sterowniczą, a więc znacznie mniejszą od mocy roboczej — rzecz dobrze znana nie tylko z cybernetyki lecz wcześniej jeszcze z automatyki. Dlatego zmniejszanie się mocy organizmu nie przeszkadza staremu uczonemu w tworzeniu wartościowych koncepcji i w używaniu na to niewielkiej mocy dyspozycyjnej, oczywiście do czasu gdy — na krótko przed śmiercią — zbraknie mu nawet tej niewielkiej mocy.

Od tysięcy lat aż do niedawna wyobrażano sobie, że myślenie nie wymaga zużycia energii ani czasu i dlatego uważano je za coś „niematerialnego” (tzn. niefizycznego); na tym tle doszło do wytworzenia pojęcia „ducha” jako przeciwstawienia „materii”.

Niektórzy czują się jak gdyby zdetonowani traktowaniem człowieka jako układu cybernetycznego i wyrażają obawy, że może to prowadzić do zubożenia przeżyć ludzkich. Obawy te są najzupełniej bezpodstawne. Człowiek pozostaje tym, czym jest, bez względu na to, jak się go interpretuje, podobnie jak odkrycie Kopernika nie spowodowało ustania wschodów i zachodów słońca ani nie odebrało im ich poetyczności. Rozważania cybernetyczne mogą przynieść tylko pożytek, przyczyniając się do lepszego zrozumienia ludzkiej natury.

3) W rozdziale tym omawiamy zagadnienia najczęściej poruszane przez uczestników dyskusji, jakie odbywały się po odczytach wspomnianych w odwołaniu do tytułu niniejszego artykułu.