



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

MKP H02p 5/42
H02p 5/40

Zgłoszono: 19.04.75 (P. 179 772)

Pierwszeństwo: 19.04.74 Węgry

Int. Cl.² H02P 5/42
H02P 5/40

Zgłoszenie ogłoszono: 27.03.76

Opis patentowy opublikowano: 31.10.1978

Twórca wynalazku: _____

Uprawniony z patentu: Elektroakusztikai Gyár, Budapeszt (Węgry)

Urządzenie do regulacji prędkości obrotowej
zwłaszcza asynchronicznego silnika gramofonowego

1

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do regulacji prędkości obrotowej, zwłaszcza asynchronicznego silnika gramofonowego.

Jednym z najbardziej znanych sposobów rejestracji dźwięku jest płyta gramofonowa. Do odtwarzania tak zarejestrowanych dźwięków służy gramofon, którego istota działania polega na tym, że płyta gramofonowa obracana jest z prędkością równą prędkości nagrywania dźwięku. Nad obracającą się płytą umieszczony jest odpowiedni przetwornik elektromechaniczny — adapter, który zarejestrowaną w rowku informację w postaci zmodulowanego dźwięku /w systemie stereofonicznym sygnał zmodulowanego dźwięku rejestrowany jest w systemie zapisu 45°/45°/ przetwarza na sygnał dźwiękowy. Jeśli płyta obracana jest z inną prędkością niż prędkość rejestracji dźwięku, następuje przesunięcie „położenia” odtwarzanych dźwięków, natomiast gdy prędkość obrotów jest nierównomierna, następuje modulacja częstotliwościowa odtwarzanych dźwięków.

Zjawiska te, noszące nazwę „pulsowania dźwięku”, są nieprzyjemne dla ucha i są jednym z najważniejszych parametrów gramofonów.

Innym szkodliwym zjawiskiem w gramofonach są wibracje towarzyszące obrotom talerza. Źródłem wibracji jest silnik napędowy, koło cierne przenoszące ruch z silnika na talerz, łożyska oraz inne mechanizmy pośredniczące w przekazywaniu obrotów. Wibracje mechaniczne są odbierane przez

2

adapter i w ostatnim ogniwie łańcucha odtwarzania w głośniku, wywołują zakłócenia dźwiękowe pogarszające odczucia akustyczne. Przy pomijalnie małym tarcu w łożyskach, tego rodzaju zakłócenia można wyrazić poniższym wzorem:

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot v_i^2}{2}$$

gdzie m_i oznacza poszczególne obracające się masy, a v_i — ich odpowiednie prędkości obrotowe.

Z wyrażenia tego wynika, że odbierane przez ucho ludzkie tego rodzaju zakłócenia można zredukować poprzez zmniejszenie: ilości obracających się elementów, ich masy i prędkości obrotowej.

Ze względu na to, że płyty gramofonowe sporządzane są na prędkości obrotowe 33 1/3, 45 i 78 obrotów/minutę i że prędkość obrotowa napędzających je silników waha się w granicach 300÷3000 obrotów/minutę należy pomiędzy talerzem gramofonu a jego silnikiem stosować przekładnię zawierającą obracające się elementy. Ponieważ przekładnie stanowią nowe źródło dźwięków, wymienionych poprzednio zakłóceń, których źródłem są części ruchome gramofonu, nie da się sprowadzić do poziomu niewyczuwalnego przez ludzkie ucho. Przy projektowaniu nowych gramofonów dąży się do wyposażenia ich w mechanizmy napędowe będące źródłem możliwie niskich zakłó-

ceń. Wspólną cechą tych rozwiązań jest zastosowanie w mechanizmie napędowym silnika o małych rozmiarach, małej masie i niskiej liczbie obrotów. Zamiast konwencjonalnego koła ciernego i przekładni napędowej stosuje się napęd pasowy. Znany jest np. gramofon firmy Thorens, typ TD 150, w którym zastosowano niskobrotowy silnik synchroniczny /16 biegunów, 50 Hz/, na którego wałku zamocowano pasowe koło stopniowe. Pasek napędowy jest przesuwany na koła na wałku talerza za pomocą widełek przesuwnika paska. W tym rozwiązaniu nie można osiągnąć ani dużych stosunków przełożeń, ani dokładnej regulacji prędkości obrotowej.

W ulepszonym rozwiązaniu spotykanym w gramofonie firmy Thorens, typ TD 125, zastosowano mechanizm napędowy o stałym przełożeniu, a zmianę prędkości obrotowej osiągnięto w ten sposób, że silnik asynchroniczny napędzający talerz gramofonowy sterowany jest ze wzmacniacza mocy. Wzmacniacz ten sterowany jest z generatora z mostkiem Wiena o regulowanej częstotliwości. Rozwiązanie to, zadowalające jakościowo, ze względu na zastosowanie wzmacniacza mocy jest skomplikowane i w związku z tym kosztowne. Znane są również takie gramofony, w których pomiędzy talerzem gramofonowym a silnikiem prądu stałego stosuje się napęd pasowy o stałym przełożeniu, przenoszący obroty z silnika o regulowanej prędkości obrotowej. Rozwiązania te są również niezadowalające, gdyż obroty silnika prądu stałego ze względu na komutację nie są równomierne.

Przy stosowaniu silników ze szczotkami powstaje jeszcze inna niedogodność, mianowicie intensywne szumy komutacji. Ograniczona jest również żywotność szczotek. W przypadku zastosowania generatora Halla do komutowania prądu, ze względu na złożoność rozwiązania, cena gramofonu jest zbyt wysoka. Zwykle w silnik prądu stałego o regulowanej prędkości obrotowej wbudowana jest prądniczka tachometryczna. Do regulacji obrotów wykorzystuje się albo napięcie wyjściowe z zacisków tej prądniczki proporcjonalne do prędkości obrotowej, albo częstotliwość napięcia wyjściowego porównywaną z określoną częstotliwością odniesienia. Przykładem takiego rozwiązania jest gramofon firmy Philips 202 Electronic i firmy Sony TTS 3000. U urządzeniach tych do regulacji obrotów wykorzystuje się częstotliwość, przy czym częstotliwość odniesienia określana jest przez częstotliwość graniczną filtra dolnoprzepustowego a każdej prędkości obrotowej odpowiada oddzielny filtr. W rozwiązaniach z napędem z silnikiem prądu stałego wykorzystuje się zależność prędkości obrotowej od napięcia. Zmiany prędkości obrotowej wywołane zmianami obciążenia kompensowane są za pomocą zasilacza o ujemnej rezystancji wewnętrznej. Przykładem takiego rozwiązania jest gramofon firmy Norelco 202.

Z powyższego wynika, że w wymienionych rozwiązaniach stosowane są bez wyjątku silniki synchroniczne lub silniki prądu stałego. Ponieważ prędkość obrotową silnika synchronicznego na drodze elektrycznej daje się regulować jedynie przez zmianę częstotliwości napięcia zasilającego, trze-

ba się decydować na kosztowne rozwiązania lub też należy stosować mechaniczne modyfikacje przekładni napędowej. Natomiast prędkość obrotową silników prądu stałego można wprowadzić zmieniać przez zmianę napięcia zasilającego, jednak występują wówczas problemy komutowania i wynikająca z tego nierównomierność obrotów.

Celem wynalazku jest opracowanie urządzenia, za pomocą którego można zmieniać prędkość obrotową gramofonowego, asynchronicznego silnika prądu zmiennego w szerokich i stosowanych obecnie granicach, przy zastosowaniu pomiędzy talerzem gramofonu a silnikiem napędowym jednego tylko pasowego mechanizmu przenoszenia napędu, o stałym przełożeniu.

Cel wynalazku osiągnięty został przez to, że w urządzeniu do regulacji prędkości obrotowej wyjście określającej prędkości obrotową prądniczki tachometrycznej, zamocowanej na wałku silnika asynchronicznego, dołączone jest do wejścia układu formującego ze wzmacniaczem. Wyjście układu formującego dołączone jest do wejścia multiwibratora monostabilnego. Wyjście multiwibratora jest połączone z wejściem detektora impulsów, którego wyjście połączone jest z wejściem filtra dolnoprzepustowego. Wyjście tego filtra połączone jest z wejściem czwórnika o regulowanej impedancji, którego wyjście połączone jest szeregowo z uzwojeniem silnika asynchronicznego, a do multiwibratora monostabilnego dołączone są kondensator i rezystory jako elementy układu opóźniającego.

Służąca do określania prędkości obrotowej prądniczka tachometryczna składa się z zamocowanej na wałku silnika napędowego tarczy z nacięciami, żarówka umieszczona po jednej stronie tarczy i umieszczonego po jej przeciwnej stronie elementu światłoczułego, na który pada światło z żarówki. Sygnał wyjściowy z elementu światłoczułego — lub z innego dowolnego elementu, który może być użyty do określenia prędkości obrotowej — zostaje doprowadzony do znanego układu formowania impulsów zbudowanego z bramek NIE—I lub inwerterów /układów scalonych TTL/.

Sygnał z wyjścia układu formującego poprzez diodę zostaje doprowadzony na wejście wyzwalanego, monostabilnego multiwibratora. Do wejścia tego multiwibratora dołączone są równocześnie rezystory i kondensator tworzące układ RC. Tranzystor, którego emiter dołączony jest również do tego wejścia, jest jednym z elementów multiwibratora, a ponadto stabilizuje poziom impulsów. Rezystor kolektorowy tego tranzystora dołączony jest do masy układu. Sygnał z tego kolektora doprowadzony jest na wyjście trzech szeregowo połączonych inwerterów, na które użyte zostały układy scalone NIE—I, wykonane w technice TTL.

Do wejścia pierwszego inwertera dołączony jest ponadto rezystor sprzężenia zwrotnego z wyjścia drugiego inwertera. Wyjście trzeciego inwertera będące jednocześnie wyjściem wyzwalanego, monostabilnego multiwibratora poprzez dzielnik rezystorowy podane jest na bazę tranzystora detektora impulsów. Na emiter tego tranzystora doprowadzone jest napięcie zasilające, natomiast jego

kolektor dołączony jest do kondensatora. Sygnał z kolektora tego tranzystora podany jest na wejście filtru dolnoprzepustowego, którego wyjście połączone jest z wejściem członu o regulowanej impedancji. Człon ten składa się z wtórnego uzwojenia transformatora dołączonego równolegle poprzez diody do tranzystora. Uzwojenie pierwotne tego transformatora połączone jest szeregowo z uzwojeniem silnika napędowego i zasilone napięciem sieciowym. W urządzeniu można również zastosować jako prądniczkę tachometryczną nacinaną tarczę z materiału magnetycznego i współdziałający z nią czujnik elektromagnetyczny.

Przedmiot wynalazku uwidoczniiony został w przykładzie wykonania na rysunku, na którym: fig. 1 przedstawia schemat blokowy urządzenia według wynalazku, fig. 2 — wykres zależności napięcia sterującego od prędkości obrotowej silnika, fig. 3 — przykładowy schemat ideowy układu z fig. 1.

Działanie urządzenia według wynalazku przebiega w opisany poniżej sposób. Niech czas powtarzania ciągu impulsów dostarczanych przez określoną prędkość obrotową prądniczkę tachometryczną osadzoną na wałku silnika będzie t_M . Czas ten, odwrotnie proporcjonalny do prędkości obrotowej silnika napędowego 1 określa się następującym wyrażeniem:

$$t_M = \frac{60}{(N_{\text{siln}}/\text{Min.})Z}$$

gdzie Z jest stałą prądniczki tachometrycznej. Tak otrzymany ciąg impulsów po uformowaniu przez układ formujący 6 zostaje doprowadzony na wejście wyzwalanego monostabilnego multiwibratora, który porównuje czas t_M z własnym czasem odniesienia t_R . W wyniku porównania otrzymuje się ciąg stosunkowo wąskich impulsów, którego wypełnienie jest proporcjonalne do różnicy prędkości obrotowej silnika w stosunku do prędkości obrotowej odniesienia N_R (N_R oznacza prędkość obrotową, dla której $t_M = t_R$). Ten ciąg impulsów doprowadza się na detektor impulsów 10, na wyjściu którego powstaje napięcie sterujące U_{SZ} . W opisywanym rozwiązaniu wyzwalany, monostabilny multiwibrator 7 /uzupełniony detektorem impulsów 10/ odgrywa rolę dyskryminatora czasu o dużym nachyleniu nasycającej się charakterystyki.

Pojawiające się na wyjściu napięcie stałe U_{SZ} , w zależności od czasu powtarzania t_M , zmienia się następująco /patrz fig. 2/:

$$U_{SZ} = k \left[\frac{t_M - t_R}{t_R} \right]$$

lub wprowadzając prędkość obrotową silnika

$$U_{SZ} = k \left[\frac{N_R}{N_M} - 1 \right]$$

gdzie k jest parametrem określanym przez elementy detektora impulsów, które używane są do zmiany nachylenia charakterystyki /pokazuje to wykres na fig. 2/. Sygnał sterujący U_{SZ} doprowadzony jest do czwórnika 12 o regulowanej impe-

dancji, sterowanego oddzielnym napięciem stałym. Człon ten tak zmienia napięcia zasilania połączonego szeregowo z nim uzwojenia silnika napędowego, że prędkość obrotów obciążonego silnika jest stała i równomierna, niezależnie od zmian wartości napięcia zasilającego, jego częstotliwości i temperatury otoczenia. Ponieważ silnik zasilany jest za pośrednictwem członu sterującego znacznie obniżonym napięciem wobec czego jego prędkość obrotowa jest znacznie niższa od własnej prędkości asynchronicznej oraz ponieważ oprócz talerza gramofonowego i silnika napędowego nie występują żadne inne obracające się elementy — silnik asynchroniczny pracuje równomiernie i bezszumnie, co w znacznym stopniu pozwala wyeliminować zakłócenia.

W urządzeniu według wynalazku prędkość obrotową silnika napędowego 1 można zatem zmieniać przez zmianę czasu odniesienia wyzwalanego, monostabilnego multiwibratora 7 — dekadowo za pomocą szeregu kondensatorów 8 i płynnie za pomocą potencjometru 9, w niezależnych od siebie stosunkach.

W opisywanym rozwiązaniu zastosowano optyczną prądniczkę 5 tachometryczną. Żarówka J_1 zasilana jest poprzez rezystor R_1 obniżonym napięciem, dzięki czemu przedłużono znacznie jej żywotność. Strumień świetlny, przerywany przez zamocowaną na wałku silnika nacinaną tarczę, pada na element światłoczuły F_1 , na zaciskach którego powstaje ciąg impulsów o częstotliwości proporcjonalnej do prędkości obrotowej silnika. Impulsy te zostają wzmocnione przez tranzystor T_1 układu formującego 6 i przekształcone w impulsy prostokątne za pomocą przerzutnika Schmitta zbudowanego z dwóch pierwszych bramek elementu scalonego IC—1. Układ zbudowany z pozostałych dwóch bramek układu scalonego IC—1 z tylnych zboczy ostatniego ciągu impulsów tworzy ciąg impulsów ujemnych o czasie powtarzania t_M . Impulsy o czasie trwania t_M poprzez diodę D_1 rozładowują kondensator 8 ładowany wykładniczo prądem ze źródła zasilania przez potencjometr precyzyjny 9 i połączony z nim szeregowo rezystor.

Rozładowany kondensator 8 po określonym czasie t_R osiąga napięcie progowe, które powinno wynosić $U_T/2 + U_{BE} = 3,1$ V i przy którym tranzystor T_2 monostabilnego multiwibratora 7 zostaje odetkany, a na jego rezystorze kolektorowym napięcie osiąga wartość logicznej „1” zamiast poprzedniej wartości „0”. Ten wzrost napięcia powoduje zmianę stanu przerzutnika Schmitta zbudowanego z pierwszych dwóch bramek układu scalonego. Na wyjściu dołączonego dalej inwertera następuje skok napięcia ze stanu „1” do stanu „0”. Powoduje to otwarcie tranzystora T_3 detektora 10 impulsów, dzięki czemu kondensator C_4 umieszczony w kolektorze tego tranzystora zostaje naładowany w bardzo krótkim czasie do napięcia prawie równego napięciu zasilania i w związku z tym powstaje impuls sterujący U_{SZ} .

Gdy $t_M > t_R$, wówczas po określonym czasie t_R po impulsie rozładowującym na wyjściu monostabilnego multiwibratora następuje skok napięcia ze stanu „1” do stanu „0”. Stan ten utrzymuje się

do następnego impulsu rozładowującego, czyli przez okras czasu $t_M - t_R$. Następny impuls powoduje rozładowanie kondensatora 8, zatkanie tranzystora T_2 , skok napięcia na jego kolektorze do wartości „0”, tak że na wyjściu multiwibratora pojawia się sygnał „1”. Wobec tego detektor 10 impulsów będzie przewodził również przez czas $t_M - t_R$. Jeśli silnik napędowy 1 nie obraca się, to wówczas częstotliwość sygnału na wyjściu prądniczki tachometrycznej jest 0, a więc $t_M = \infty$. Tranzystor T_2 przewodzi wówczas stale, a napięcie sterujące U_{SZ} osiąga w przybliżeniu wartość napięcia zasilania.

Napięcie sterujące poprzez filtr 11 RC dostarczane jest do czwórnika 12 o regulowanej za pomocą napięcia stałego impedancji. Człon ten zawiera tranzystor T_4 mocy obciążony transformatorem. Dla $U_{SZ} = 0$ tranzystor w uzwojeniu wtórnym transformatora stanowi rozwarcie. W uzwojeniu pierwotnym transformatora płynie wtedy prąd jawowy, który nie wystarcza jednak do uruchomienia połączonego szeregowo z tym uzwojeniem silnika. Gdy napięcie sterujące U_{SZ} jest wystarczająco wysokie, aby tranzystor T_4 przewodził, płyną wówczas w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym transformatora prądy, dzięki którym zostaje uruchomiony silnik 1. Tranzystor T_4 może być również nasycony i wówczas będzie zwierzał uzwojenie wtórne transformatora, a na silnik będzie przyłożone prawie pełne napięcie sieci.

Sytuacja taka ma miejsce w momencie włączania urządzenia, przy czym prędkość obrotowa silnika wzrasta liniowo w zależności od momentu bezwładności całego układu mechanicznego i momentu rozruchowego silnika /całkowanie/. W międzyczasie maleje t_M i $t_M - t_R$ i w pobliżu prędkości zadanej $N_{SILN} \rightarrow N_N$ napięcie sterujące U_{SZ} zaczyna maleć /patrz fig. 2/.

Zmniejszenie się napięcia sterującego powoduje zmniejszenie obciążenia tranzystorem T_4 , dzięki czemu wzrastająca impedancja uzwojenia pierwotnego transformatora pociąga za sobą obniżenie napięcia zasilającego silnik. Maleje wówczas moment obrotowy i silnik nie powiększa swojej prędkości obrotowej. Stan równowagi następuje dopiero wtedy, gdy napięcie sterujące spadnie do około 1,5 V. Na silnik podawane jest wówczas napięcie, przy którym moment obrotowy zapewnia utrzymanie stałej prędkości obrotowej, to znaczy pokonuje jedynie opory tarcia. W stanie równowagi — zależnie od wartości „k” — $t_M = 1,02 + 1,05 t_R$ i wówczas kondensator C_4 ładowany jest przez tranzystor T_2 prądem w postaci bardzo wąskich impulsów o współczynniku wypełnienia $2 + 5\%$.

Napięcie sterujące z tranzystora T_4 uzależnione jest w sposób ciągły od prądu sterowania tranzystora, który jest rzędu kilku mA. Aby zmniejszyć napięcie sterujące, prąd sterowania tranzystora w postaci impulsów o wypełnieniu $2 + 5\%$ musi wzrosnąć o rząd wielkości. Przy dalszym wzroście prądu maleje niezbędna szerokość impulsu, innymi słowy $t_M - t_R$. W przypadku prądu ładowania o wartości ∞ , szerokość impulsu równa się 0 i $t_M = t_R$. Wzmocnienie w pętli elementu sterowanego osiąga wówczas wartość ∞ w wyniku czego —

niezależnie od zjawiska całkowania przez silnik — w obwodzie elementu sterowanego powstają drgania. Ze względu na całkujący charakter silnika, wzmocnienie w pętli powinno wynosić $k = 20 + 40$ i jego wartość można ustalić za pomocą impulsów prądu ładowającego, to jest przy użyciu rezystorów umieszczonych w bazie tranzystora T_2 . Z powyższego wynika, że w gruncie rzeczy prędkość obrotowa silnika napędowego zależy od t_R , to jest od czasu odniesienia ustalonego dla multiwibratora monostabilnego. Czas ten nastawia się za pomocą kondensatora 8. Zmiana pojemności tego kondensatora prowadzi do zmiany prędkości obrotowej. Niezależnie od wymienionego kondensatora prędkość tę można zmieniać proporcjonalnie do ustawień połączonego w szereg z tym kondensatorem potencjometru, w małym stopniu wpływających na prąd ładowania.

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do regulacji prędkości obrotowej, zwłaszcza asynchronicznego silnika gramofonowego, napędzającego talerz gramofonowy przez przekładnię pasową o stałym przełożeniu, **znamiennie** tym, że wyjście określającej prędkość obrotową prądniczki (5) tachometrycznej zamocowanej na wałku silnika (1) asynchronicznego, dołączone jest do wejścia układu formującego (6) ze wzmacniaczem, wyjście układu formującego (6) dołączone jest do wejścia multiwibratora (7) monostabilnego, wyjście multiwibratora (7) jest połączone z wejściem detektora (10) impulsów, którego wyjście połączone jest z wejściem filtra (11) dolnoprzepustowego, wyjście tego filtra połączone jest z wejściem czwórnika (12) o regulowanej impedancji, którego wyjście połączone jest szeregowo z uzwojeniem silnika asynchronicznego, a do multiwibratora (7) monostabilnego dołączone są kondensator (8) i rezystor (9) jako elementy układu opóźniającego.

2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie** tym, że prądniczka (5) tachometryczna obejmuje tarczę z nacięciami zamocowaną na wałku silnika napędowego, żarówkę (J_1) umieszczoną z jednej strony tarczy i element (F_1) umieszczony po przeciwnej stronie tarczy, z którego sygnał wyjściowy podawany jest na wejście znanego układu (6) formującego zbudowanego z NIE-1 bramek, wyjście z układu (6) formującego połączone jest poprzez diodę z wejściem multiwibratora (7) monostabilnego, do którego dołączone są jako elementy układu opóźniającego kondensator (8) i rezystory (9) oraz emiter tranzystora (T_2) stabilizującego, podczas gdy baza tego tranzystora dołączona jest do dzielnika składającego się z kompensującej diody i rezystorów, a kolektor poprzez rezystor do masy układu, ponadto kolektor połączony jest z wejściem pierwszej z trzech szeregowo połączonych NIE—I bramek pracujących jako inwertery, przy czym do wejścia pierwszej z tych bramek dołączony jest rezystor sprzężenia zwrotnego z wyjścia drugiej bramki, wyjście trzeciego inwertera poprzez dzielnik rezystorowy dołączone jest do bazy tranzystora (T_2) detektora (10) impulsów, którego emiter jest dołączony do źródła napięcia zasilania, a kolektor

równocześnie do kondensatora (C_4) i wejścia filtru (11) dolnoprzepustowego, wyjście filtru dolnoprzepustowego połączone jest z wejściem elementu (12) o regulowanej impedancji, składającego się z wtórnego uzwojenia transformatora, dołączonego poprzez diody równoległe do tranzystora (T_4), natomiast uzwojenie pierwotne tego transformatora,

połączone szeregowo z uzwojeniem silnika (1) napędowego, dołączone jest do źródła napięcia sieciowego.

3. Urządzenie według zastrz. 1, znamienne tym, że prądnica (5) tachometryczna obejmuje tarczę z nacięciami z materiału magnetycznego i współdziałający z tarczą czujnik magnetyczny.

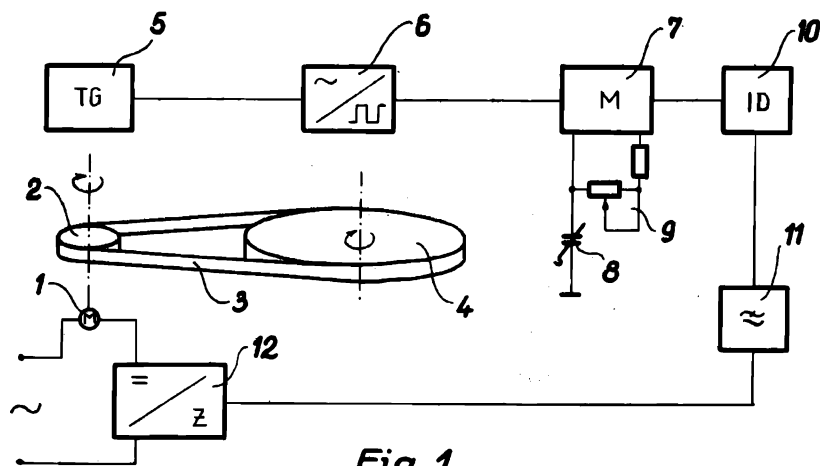


Fig. 1

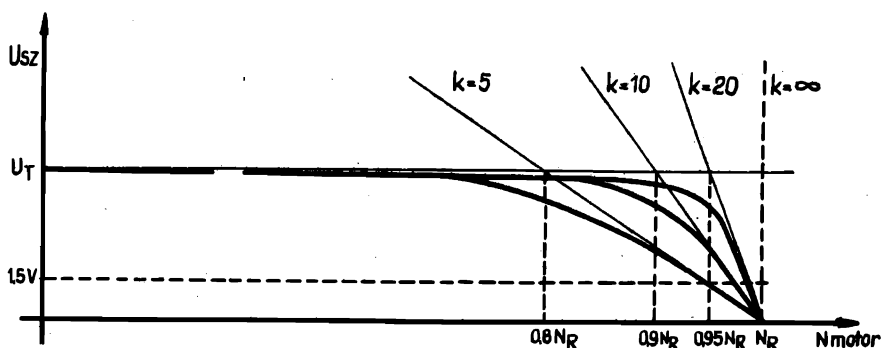


Fig. 2

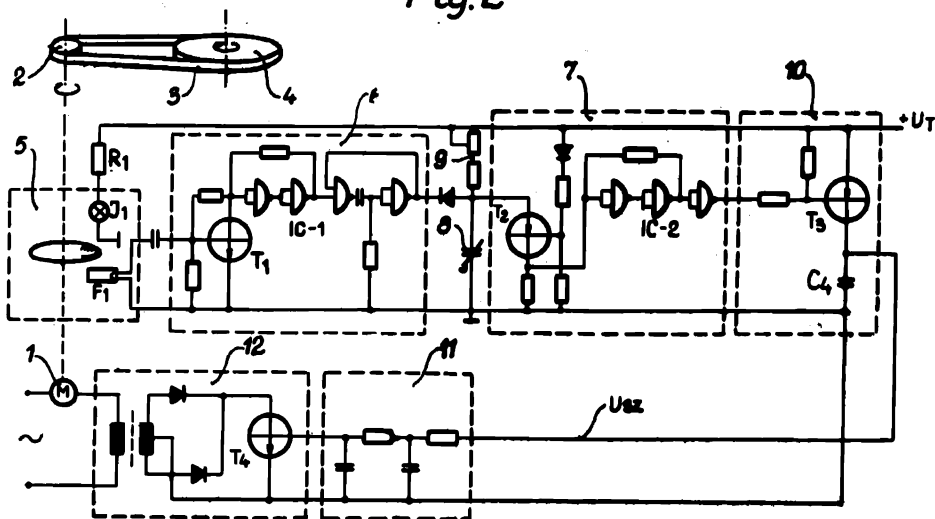


Fig. 3