



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 07.07.77 (P. 199 446)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 15.01.79

Opis patentowy opublikowano: 15.01.1982

Int. Cl.² G01R 27/26

CZYTELNIA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórcy wynalazku: Sławoj Franciszek Gwiazdowski, Piotr Kwiatkowski

Uprawniony z patentu: Politechnika Warszawska, Warszawa (Polska)

Impulsowy, całkujący miernik pojemności czujników

1

Przedmiotem wynalazku jest impulsowy, całkujący miernik pojemności czujników stosowanych w miernictwie wielkości nieelektrycznych, przydatny szczególnie w systemach pomiarowych, w których jednocześnie pracuje duża liczba pojemnościowych czujników pomiarowych, a zwłaszcza czujników posiadających jeden uziemiony biegun.

Czujniki pojemnościowe są najbardziej uniwersalnymi czujnikami pomiarowymi o najszerszych możliwościach pomiarowych. Czujniki te wymagają jednak skomplikowanych układów pomiarowych, przez co kosztownych i o małej niezawodności. Dotychczas stosowane układy pomiarowe czujników pojemnościowych wykorzystywały bądź sygnały sinusoidalne bądź sygnały impulsowe; prostokątne wykładowe bądź trójkątne. Układy z sygnałami sinusoidalnymi wymagają przy równoczesnej pracy wielu czujników zasilania układu pomiarowego każdego czujnika generatorem o innej stabilizowanej częstotliwości i amplitudzie, co podraża koszt aparatury i eksploatacji oraz zmniejsza jego niezawodność. Dotychczas stosowane układy impulsowe pozwalają na sterowanie układów pomiarowych wszystkich czujników jednym generatorem zegarowym, ale układy te są bardzo rozbudowane co pogarsza ich niezawodność i powiększa koszty.

Przykładowo całkujący układ impulsowy wykorzystujący impulsy trójkątne zbudowany jest ze źródła prądowego prądu stałego dołączonego równolegle do pojemnościowego czujnika pomiarowego,

2

do którego dołączone są równolegle zwierak automatyczny sterowany z generatora zegarowego i separator, którego wyjście dołączone jest do komparatora, zwykle okienkowego. Do wyjścia komparatora dołączony jest miernik czasu trwania impulsu lub miernik współczynnika wypełnienia, np. detektor uśredniający. Źródło prądowe ładuje pojemność czujnika tak, że napięcie narasta na nim proporcjonalnie do czasu. Napięcie to poprzez separator podawane jest na wejście komparatora, który porównuje je z dwoma poziomami napięcia odniesienia i wytwarza na swoim wyjściu impuls prostokątny o czasie trwania proporcjonalnym do mierzonej pojemności czujnika. Jednocześnie generator zegarowy pobudza zwierak automatyczny, który okresowo rozładowuje mierzoną pojemność.

Wadą opisywanego układu jest stosunkowo złożone źródło prądowe, które z uwagi na wymagany możliwie długi czas impulsu wyjściowego powinno mieć małą wydajność prądową rzędu pojedynczych μA przy czym im mniejszy prąd, tym korzystniejsze są warunki pracy. Realizacja takich źródeł prądowych skompensowanych termicznie nastręcza duże trudności techniczne, tym bardziej, że źródła te muszą odznaczać się dużą szybkością narastania. Wadą ten dodatkowo utrudnia realizację tych źródeł. Źródła takie wymagają indywidualnej budowy, dobierania parametrów użytych elementów, co praktycznie uniemożliwia ich masową produkcję. Dodatkową wadą układu jest zastosowanie automaty-

cznego zwieraka, który nie przerzuca się w czasie nieskończenie krótkim, a jego stany przejściowe powodują dodatkowe niestabilne nieliniowości pracy, których likwidacja wymaga zastosowania złożonego komparatora okienkowego, wycinającego nieliniowości występujące po przzerwaniu zwieraka.

Istota wynalazku polega na tym, że do wyjścia generatora zegarowego dołączony jest układ formowania impulsów prostokątnych o współczynniku wypełnienia mniejszym od jednej czwartej i czasie trwania nie większym od minimalnej stałej czasowej układu całkującego RC dołączonego do wyjścia układu formowania i składającego się z rezystora i mierzonej pojemności czujnika. Równolegle do mierzonej pojemności czujnika, uziemionej na jednym biegunie dołączone jest wejście separatora, do którego wyjścia dołączony jest detektor korzystnie szczytowy, przy czym wyjście detektora jest wyjściem układu pomiarowego.

Celem zastąpienia hiperbolicznej podziałki miernika przez podziałkę liniową do wyjścia separatora dołączone jest jedno z wejść komparatora napięciowego do którego drugiego wejścia dołączonego jest stałoprądowe źródło napięcia wzorcowego, zaś do wyjścia komparatora dołączony jest miernik czasu trwania impulsu lub miernik współczynnika wypełnienia, którego wyjście jest wyjściem układu pomiarowego. Wzorcowe źródło napięcia stałego ma wartość nie większą od minimalnej amplitudy napięcia na wyjściu separatora, które odpowiada maksymalnej pojemności mierzonej. Do wyjścia układu pomiarowego dla miernika z podziałką hiperboliczną jak i z podziałką liniową dołączony jest, równolegle do wskaźnika sygnału wyjściowego, układ rejestracji i układ automatyki, którymi steruje miernik w procesie technologicznym.

Dodatkową zaletą układu jest jego wydajne uproszczenie i zmniejszenie liczby użytych elementów w układzie przez co maleje koszt aparatury i wzrasta jej niezawodność.

Przedmiot wynalazku uwidocznił się w przykładzie wykonania na rysunku, którego fig. 1 przedstawia ideowy schemat blokowy układu, a fig. 2 zmodyfikowany schemat blokowy układu z poprawioną liniowością podziałki a fig. 3 przebieg napięcia na mierzonej pojemności czujnika.

Do wejścia układu formowania UF dołączony jest generator zegarowy GZ zaś do wyjścia układu formowania UF dołączony jest układ całkujący RC_x składający się z szeregowo połączonych rezystora R i mierzonej pojemności czujnika C_x , której jeden biegun jest uziemiony. Równolegle do pojemności C_x dołączone jest wejście separatora Sep, zaś do wyjścia separatora Sep dołączony jest detektor DS szczytowy. Wyjście detektora DS jest wyjściem układu pomiarowego, do którego dołączony jest wskaźnik sygnału na przykład woltomierz V lub układ rejestracji, lub układ automatyki sterowany przez miernik.

Generator zegarowy GZ okresowo pobudza układ formowania UF, który na swoim wyjściu wytwarza sygnał napięciowy w postaci fali prostokątnej o stałym współczynniku wypełnienia mniejszym od jednej czwartej. Impulsy prostokątne, wytwarzane przez układ formowania UF całkowane są w ukła-

dzie RC i na pojemności C_x powstaje sygnał określony zależnością:

$$u(t) = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC_x}} \right)$$

gdzie: $u(t)$ — napięcie na pojemności czujnika C_x w czasie generowania impulsu przez układ formowania UF.

U_0 — amplituda napięcia na wyjściu układu formowania UF.

Zakładając, że czas trwania impulsu prostokątnego na wyjściu układu formowania UF wynosi:

$$t_1 = RC_{x \min}$$

gdzie $C_{x \min}$ jest to minimalna wartość mierzonej pojemności C_x a R rezystancja szeregową układu całkującego RC, otrzymuje się wartość szczytową napięcia U_m na mierzonej pojemności C_x równą

$$U_m = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t_1}{RC_x}} \right) = U_0 \left(1 - e^{-\frac{C_{x \min}}{C_x}} \right)$$

gdzie U_0 jest to amplituda napięcia na wyjściu układu formującego UF a t_1 — czas trwania impulsu prostokątnego na wyjściu układu formowania UF.

Na wyjściu układu całkującego RC powstaje impuls napięcia wzrastający i opadający wykładniczo. Stała czasowa układu całkującego RC ma wartość minimalną $RC_{x \min}$ większą od czasu trwania t_1 impulsu prostokątnego na wyjściu układu formowania UF zaś szczytowa wartość napięcia U_m na mierzonej pojemności C_x czujnika jest mniejsza od amplitudy napięcia U_0 na wyjściu układu formowania UF.

W czasie większym od czasu trwania t_1 impulsu prostokątnego na wyjściu układu formowania UF, a mniejszym od okresu T_{GZ} , napięcie na wyjściu układu formowania UF spada do minimum, korzystnie do zera. W tym czasie napięcie na pojemności C_x spada do minimalnego napięcia układu formowania UF. Jest tak dlatego, że współczynnik wypełnienia jest mniejszy od jednej czwartej, czyli czas zanikania napięcia jest większy od trzech stałych czasu $RC_{x \min}$ co zapewnia rozładowanie kondensatora. Gdy wartość pojemności mierzonej C_x jest większa od wartości minimalnej $C_{x \min}$ wówczas kondensator C_x nie ładuje się do pełnej wartości, a zatem w czasie rozładowania również rozładowuje się do zera. Miara mierzonej pojemności C_x jest wartością napięcia U_m , co można przedstawić poniższym wzorem:

$$C_x = \frac{C_{x \min}}{\ln \frac{U_0}{U_0 - U_m}}$$

gdzie: $C_{x \min}$ — minimalna wartość mierzonej pojemności, U_0 — amplituda napięcia na wyjściu układu formującego, U_m — szczytowa wartość napięcia na mierzonej pojemności czujnika.

Po rozłożeniu na szereg Taylora i wzięciu pod uwagę pierwszych wyrazów otrzymuje się

$$C_x = \frac{C_{x \min}}{\ln \frac{U_0}{U_0 - U_m}} \left[1 - \frac{1}{(U_0 - U_m) \ln \frac{U_0}{U_0 - U_m}} \Delta U_m + \frac{1}{(U_0 - U_m)^2 \ln \frac{U_0}{U_0 - U_m}} \left(\ln \frac{U_0}{U_0 - U_m} - 1 \right) \Delta U_m^2 \right]$$

gdzie U_{m0} jest to maksymalne napięcie na mierzonej pojemności C_x gdy przyjmuje ona swoją minimalną wartość a ΔU_m jest to przyrost maksymalnego napięcia na pojemności czujnika C_x wywołany zmianą pojemności od wartości minimalnej do aktualnie mierzonej przy założeniu, że

$$U_m = U_{m0} + \Delta U_m$$

Z zależności powyższych widać, że podziałka przyrządu jest nieliniowa i odwrotna, to znaczy dla minimalnej mierzonej pojemności wartość U_m osiąga maksimum. Sygnałem pomiarowym jest amplituda napięcia na wyjściu układu całkującego RC_x które przetwarzane jest na sygnał stałoprądowy za pomocą detektora szczytowego **DS**. Aby detektor **DS** nie obciążał układu całkującego RC_x i nie zmieniał jego własności całkujących, między mierzoną pojemnością C_x , a detektorem szczytowym **DS** włączony jest separator **Sep** o bardzo dużej rezystancji wejściowej.

Celem poprawienia liniowości podziałki do wyjścia separatora **Sep** dołączone jest jedno wejście komparatora **K**, zaś do jego drugiego wejścia dołączone jest stałoprądowe wzorcowe źródło napięciowe U_N o wartości nie większej od minimalnej wartości szczytowego napięcia $U_{m \min}$ na pojemności C_x :

$$U_N \leq U_{m \min} = U_0 \left(1 - e^{-\frac{C_{x \min}}{C_{x \max}}} \right)$$

gdzie: $C_{x \max}$ — maksymalna wartość pojemności czujnika C_x , $C_{x \min}$ — minimalna wartość pojemności czujnika C_x .

Doprowadzając napięcie z wyjścia układu całkującego RC_x do jednego wejścia komparatora **K**, który porównuje je ze wzorcowym napięciem U_N podawanym na jego drugie wejście otrzymuje się na wyjściu komparatora **K** falę prostokątną. Czas trwania t_x impulsów na wyjściu komparatora **K** równa się czasowi, w którym napięcie na mierzonej pojemności C_x przewyższa wartość napięcia wzorcowego U_N . Czas trwania t_x impulsu na wyjściu komparatora **K** jest proporcjonalny do zmian wartości mierzonej pojemności C_x jeżeli stała czasu $RC_{x \min}$ jest znacznie większa od czasu trwania t_1 impulsu prostokątnego na wyjściu układu formowania **UF**. Do wyjścia komparatora **K** dołączony jest układ pomiarowy **P** czasu trwania impulsu prostokątnego na wyjściu komparatora **K** lub miernik współczynnika wypełnienia na przykład układ prostownikowy uśredniający. Czas trwania impulsu t_x na wyjściu komparatora określony jest zależnością:

$$\begin{aligned} t_x &= t_a + t_b = t_1 - t_c + t_b = t_1 - RC_x \left(\ln \frac{U_0}{U_0 - U_N} - \right. \\ &\quad \left. - \ln \frac{U_m}{U_N} \right) = t_1 - RC_x \ln \frac{U_0 U_N}{(U_0 - U_N) U_m} = \\ &= t_1 - RC_x \ln \frac{U_0 U_N}{(U_0 - U_N) \left(1 - e^{-\frac{t_1}{RC_x}} \right)} \end{aligned}$$

gdzie:

t_x — czas, w którym napięcie na pojemności mierzonej C_x jest większe od napięcia wzorcowego U_N na drugim wejściu komparatora **K**,

jest to czas trwania impulsu na wyjściu komparatora **K**,

t_c — czas, w którym napięcie na mierzonej pojemności C_x narasta od 0 aż do wartości napięcia wzorcowego U_N na drugim wejściu komparatora **K**,

t_a — czas, w którym napięcie na mierzonej pojemności C_x narasta od wartości równej napięciu wzorcowemu U_N na drugim wejściu komparatora **K** do wartości szczytowej $U_{m \max}$,

t_b — czas, w którym napięcie na mierzonej pojemności C_x opada od wartości $U_{m \max}$ do wartości U_N .

Natomiast współczynnik wypełnienia „w”, sygnału na wyjściu komparatora **K** równa się:

$$t_1 - RC_x \ln \frac{U_0 U_N}{\frac{t_1}{RC_x}} w = \frac{t_x}{T} = \frac{(U_0 - U_N)(1 - e)}{T}$$

gdzie: T — okres generatora zegarowego **GZ**.

Zastrzeżenia patentowe

1. Impulsowy, całkujący miernik pojemności czujników pobudzany z generatora zegarowego wspólnego dla wszystkich układów pomiarowych pracujących równocześnie i wyposażony w układ formowania, separator oraz korzystnie we wskaźnik sygnału wyjściowego, **znamienny tym**, że do wyjścia generatora zegarowego (**GZ**) dołączony jest układ formowania (**UF**) impulsów prostokątnych o współczynniku wypełnienia mniejszym od jednej czwartej i czasie trwania (t_1) nie większym od minimalnej stałej czasowej ($RC_{x \min}$) układu całkującego RC dołączonego do wyjścia układu formowania (**UF**) i składającego się z rezystora (**R**) i mierzonej pojemności (C_x) czujnika gdzie równolegle do mierzonej pojemności (C_x), uziemionej na jednym biegunie, dołączone jest wejście separatora (**sep**), a do wyjścia separatora (**Sep**) dołączony jest detektor (**DS**), korzystnie szczytowy, a do jego wyjścia jest dołączony, równolegle do wskaźnika sygnału wyjściowego (**V**), układ automatyki i układ rejestracji.

2. Impulsowy, całkujący miernik pojemności czujników pobudzany z generatora zegarowego wspólnego dla wszystkich układów pomiarowych pracujących równocześnie i wyposażony w układ formowania, separator, komparator oraz korzystnie we wskaźnik sygnału wyjściowego, **znamienny tym**, że do wyjścia generatora zegarowego (**GZ**) dołączony jest układ formowania (**UF**) impulsów prostokątnych o współczynniku wypełnienia mniejszym od jednej czwartej i czasie trwania (t_1) nie większym od minimalnej stałej czasowej ($RC_{x \min}$) układu całkującego RC dołączonego do wyjścia układu formowania (**UF**) i składającego się z rezystora (**R**) i mierzonej pojemności (C_x) gdzie równolegle do mierzonej pojemności (C_x) uziemionej na jednym biegunie, dołączone jest wejście separatora (**Sep**), którego wyjście dołączone jest do jednego wejścia komparatora (**K**), natomiast do drugiego wejścia komparatora (**K**) dołączone jest wzorcowe źródło napięcia stałego (U_N), zaś do wyjścia komparatora (**K**) dołączony jest układ pomiarowy (**P**) czasu trwania

nia impulsu lub współczynnika wypełnienia, a do wyjścia układu pomiarowego (**P**) dołączony jest, równoległe do wskaźnika sygnału wyjściowego (**V**) układ automatyki i układ rejestracji.

3. Miernik według zastrz. 2, **znamienny tym**, że

do drugiego wejścia komparatora (**K**) dołączone jest wzorcowe źródło napięcia stałego (U_N) o wartości nie większej od minimalnej amplitudy napięcia ($U_{m \min}$) na wyjściu separatora (**Sep**) odpowiadającej maksymalnej pojemności mierzonej ($C_{x \max}$).

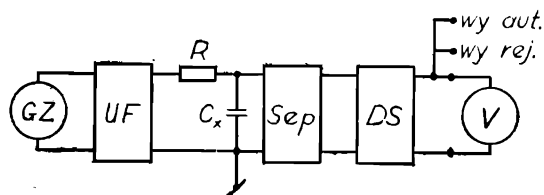


Fig. 1

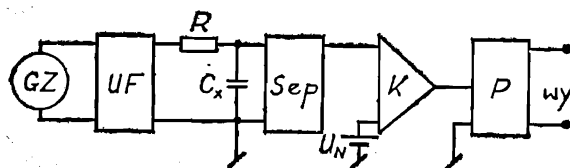


Fig. 2

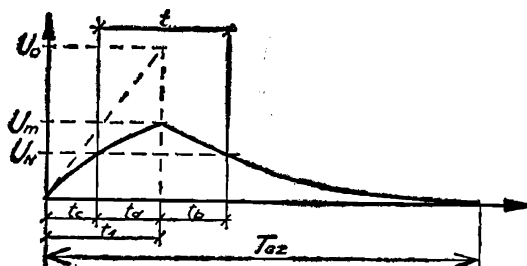


Fig. 3