

Преобразователна схема на нивомер

гл.ас. д-р Емил Ив. Динков - ТУ, филиал Пловдив

гл.ас. д-р Мария Г. Динкова - ВИХВП, Пловдив

инж.Ангел Г. Янков - Пловдив

Abstract

A description is made of the converting scheme for a level measurement device. The influence of the temperature variations on the corectness of the measurement is taken into account. For the suggested scheme the relative mistake δ is under 1% at temperature varying from -20°C to $+60^{\circ}\text{C}$.

Съвременният измервателен уред трябва да бъде устойчив на среди с различни физико-химични свойства и температурни колебания. Една от заслугите за повишаване стабилността на измерване на ниво, при използване на капацитивния принцип, е присъствието вече на пазара на електронни схеми, издържачи повишена температура, което позволява преобразователната схема да бъде монтирана направо върху пробника /сондата/ на чувствителния елемент /датчика/.

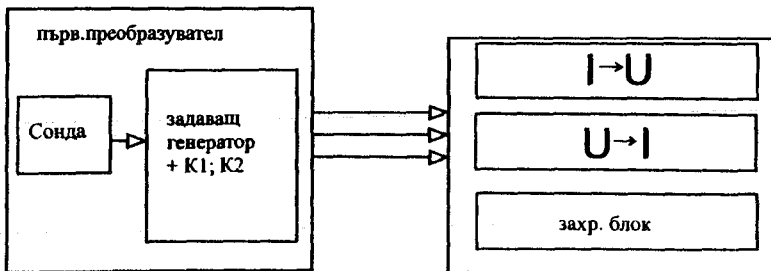
Изискването при тези уреди е капацитетът на датчика да се преобразува в ел. сигнал /ток/, подходящ за по-нататъшна обработка и зависимостта на $I=f(C)$ да е максимално линейна. Блоквата схема на уреда за измерване на ниво е показана на фиг.1. Състои се от два основни блока:

-датчик, включва сонда и първичен преобразувател, съставен от задаващ генератор и аналогови ключове;

-преобразувател, включва 3 подблока, извършващи преобразуване и нормиране на сигнала от датчика, а именно:-преобразувател $I \rightarrow U$; преобразувател $U \rightarrow I$ и захранващ блок.

Датчик

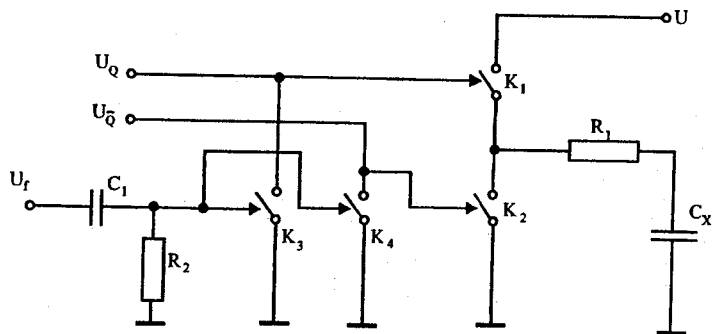
Преобразователен блок



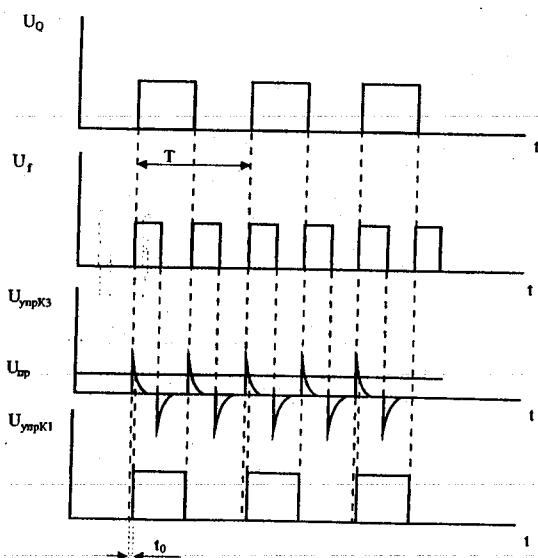
фиг.1

За да се премахне влиянието на паразитния капацитет на свързващия кабел между сондата и първичния преобразувател, дължината му трябва да е минимална, а връзката-токова. Схемата на свързване на датчика е трипроводна, като двата от проводниците са предназначени за захранване, а третият е сигнален.

На фиг.2 е показана принципната схема на първичния преобразувател, а на фиг.3 - времедиаграмите на схемата.



фиг.2



фиг.3

Ролята на първичният преобразувател е да се преобразува капацитетът C_x на сондата в токов сигнал I .

Ключовете $K1$ и $K2$ се управляват противотактно от генератор на правоъгълни импулси, с цел последователно зареждане и разреждане на измервания капацитет C_x . Най-важното изискване към генератора е да има висока стабилност на генерираната честота, защото от зависимостта $I_{cp} = U \cdot C_x / T = U \cdot C_x \cdot f$, се вижда, че средната стойност на изходния ток зависи от честотата и ако тя се промени ще се промени и тока, по който определяме C_x .

С цел избягване едновременно отпушване на двата ключа, което състояние зависи както от управляващите сигнали, така и от толерансите на праговете напрежения на ключовете, се въвежда дефазирание на управляващите ключовете импулсни поредици, спрямо генерираните правоъгълни сигнали от генератора на импулси. За тази цел са въведени допълнителните ключове $K3$ и $K4$. Те се управляват през диференцираща верига с честота $2f$. При оразмеряване на RC групата са спазени условията осигуряващи пълен заряд и разряд на C_x , а именно:

$$4\tau_1 < T/2 - t_0$$

$$3\tau \approx t_0,$$

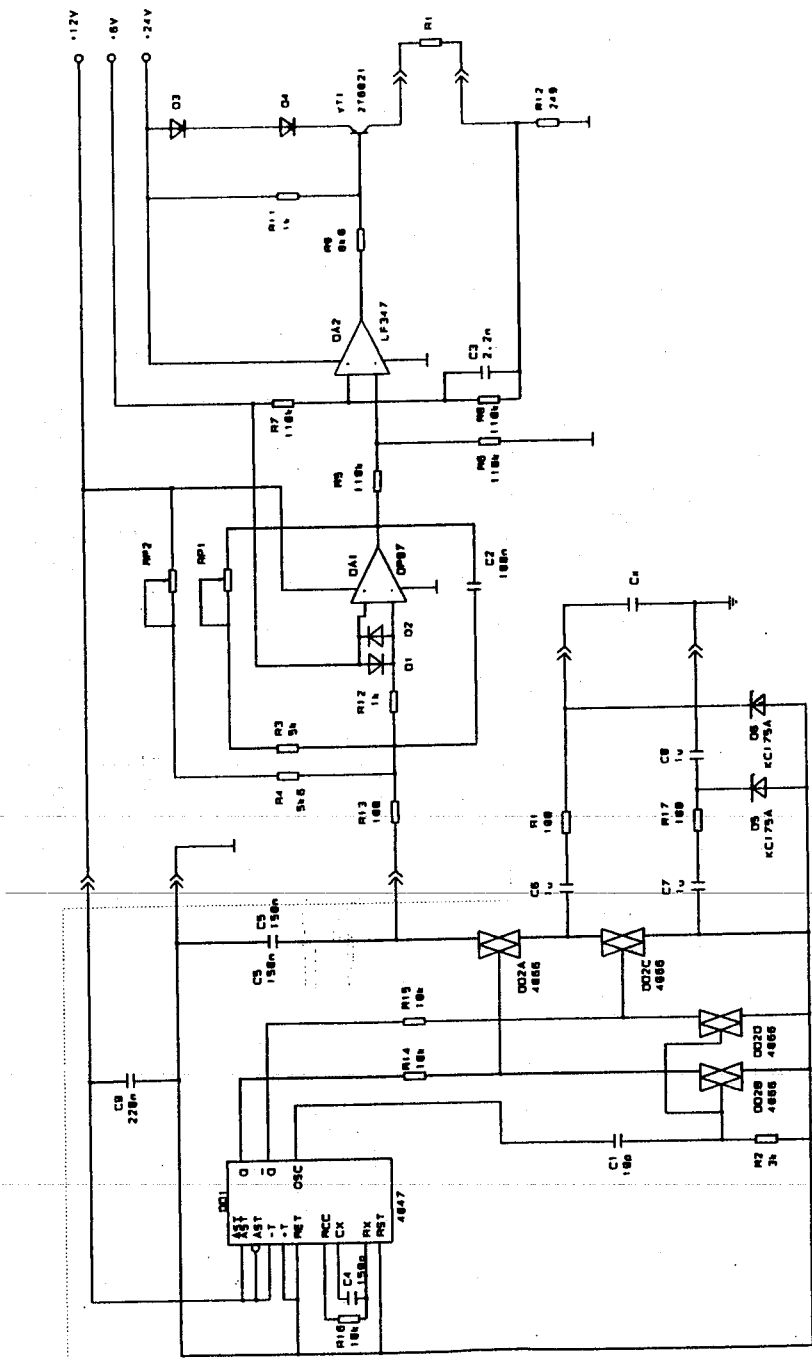
A/

$$\text{където } \tau_1 = R1 \cdot C_x; \tau = R2 \cdot C1$$

На фиг.4 е показана пълната електрическа схема на първичния преобразувател и на преобразувателните блокове.

Задаващият генератор от първичния преобразувател е съставен от тактов генератор, изпълнен с интегрална схема (ИС) 4047, включваща делител на 2, с който се осигурява еднаквост на времената на превключване на ключовете $K1$ и $K2$, за да отсъства постоянно поляризиращо напрежение върху капацитетът на сондата. Аналоговите ключове са изпълнени с ИС 4066. Едно от изискванията, наложено от аналоговите ключове е токът на комутация да не надвишава 15mA. В предложената на фиг.2 схема, такава опасност съществува само в момента, когато $K1$ се затваря, защото C_x е разреден. Това налага включване на токоограничаващ резистор последователно на зарядната верига на C_x .

В зависимост от геометричните размери на съда, в който измерваме нивото на течността /продукта/, капацитетът ще се изменя в различни граници. Капацитетът при ниско ниво на измерваната течност е C_n , а при високо ниво C_v . Съответстващите им токови сигнали са I_n и I_k , а $\Delta I = I_k - I_n$ е диапазона на изменение на тока от първичния преобразувател. Тези



Фиг. 4

стойности на I_n и I_k също се променят според формата на съда и конструкцията на сондата. За да се елиминира тази им зависимост, се пристъпва към по-нататъшната им преработка в преобразувателния блок, т.е. тези токове се нормират в преобразувателя $I \rightarrow U$. На изхода на този преобразувател се получава нормиран напреженов сигнал в обхват от $0 \div 5V$. Преобразувателят $I \rightarrow U$ е изпълнен с прецизен операционен усилвател OP07. Чрез потенциометри RP1 се компенсират I_n , за да се получи на изхода на усилвателя нулев сигнал. Чрез потенциометърът RP2 се настройва горната стойност на напреженовия потенциал $/5V/$, съответстващ на I_k . По-нататък нормираният напреженов сигнал постъпва в преобразувателя $U \rightarrow I$. Това се налага поради изискването за токов изход на уреда. Преобразувателят $U \rightarrow I$ е изграден от операционен усилвател LF347. Изходният сигнал от ОУ се усилва допълнително от транзистора T1. Изходният ток е в границите от $0 \div 20mA$ при товарно съпротивление от $0 \div 500\Omega$.

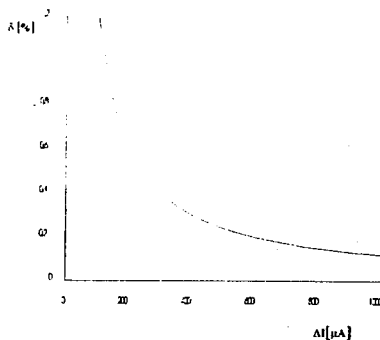
Извършено е изследване на уреда при температурни отклонения, за преобразувателния блок от $0 \div 60^\circ$, а за датчика от $-20 \div +60^\circ C$.

При изследване на температурната стабилност се оказва, че точността на уреда зависи изцяло от стабилността на датчика. Генераторът на импулсните поредици, които управляват аналоговите ключове си променя честотата, а изходния ток на датчика е пропорционална на тази честота. Промяната на честотата в работния обхват от $-20^\circ \div +60^\circ C$ е $400Hz$. На нея съответства промяна на тока от първичния преобразувател $\Delta I^* = U \cdot \Delta f^* \cdot C$, която е равна на $1,2\mu A$.

Абсолютната грешка на изходния ток при промяна на температурата е ΔI^* , а относителната грешка е:

$$\delta = \Delta I^* / \Delta I$$

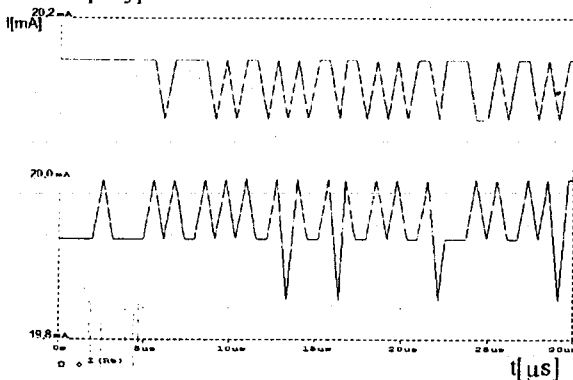
ΔI е диапазона на изменение на тока от първичния преобразувател, зависещ от формата на съда и конструкцията на сондата. На фиг.5 са представени експерименталните зависимости на $\delta = f(\Delta I)$, при $\Delta I^* = 1,2\mu A$. Забелязва се, че при стойност на ΔI над $120\mu A$, то относителната грешка $\delta < 1\%$. Грешката може да се определи точно, когато имаме конкретен съд за измерване /съответно ясен диапазон на изменение на $C_x/$.



фиг.5

Извършено е изследване на преобразувателя в средата на Design Center, при температурни отклонения, за преобразувателния блок.

На фиг. 6 са показани зависимостите на изходния ток I на уреда при двете крайни температури $t^{\circ}=-20^{\circ}$ и $t^{\circ}=60^{\circ}\text{C}$.



фиг.6

Отклоненията на тока, при двете крайни температури са минимални.

Заклучение

Може да се обобщи, че предложената схема на преобразувателния блок на уреда за измерване на ниво е температурно стабилна, като се имат предвид графиките от фиг.5,6, като относителната грешка $\delta < 1\%$ при $\Delta I = 120 \mu\text{A}$.

Литература:

1. Watmough Neal. Capacitance for level measurement. Measurement + Control. Volume 21. Feb. 1988