

СТЕНД ГРАДУЮВАННЯ ТЕРМОАНЕМОМЕТРІВ

Запропоновано ротативний стенд градуювання термоанемометрів. Стенд забезпечує можливість градуювання в діапазоні швидкостей від 1 до 11 м/с з похибкою 0,05 м/с. Величина швидкостей градуювання задається з кроком 1 м/с.

A rotary device for cooling-power anemometer graduation is proposed. This device provide with the possibility to graduate in velocity range from 1 up to 11 m/s with the error of 0,05 m/s. Velocity step is 1 m/s.

Для вимірювання малих і помірних швидкостей повітря використовують електричні анемометри, принцип дії яких базується на залежності температури тіла, нагрітого вище температури оточуючого середовища від швидкості наближаючого повітря. Зміна температури буде тим більша, чим більша швидкість повітря. Такі анемометри потребують попереднього градуювання. Традиційна методика градуювання анемометрів передбачає наявність аеродинамічної труби та еталонного анемометру. Як правило, таким анемометром служить трубка Прандтля [1]. Незважаючи на прийняття спеціальних заходів, повітряні потоки, створювані в аеродинамічній трубці містять локальні завихрення. Тому використання такого методу для градуювання малогабаритних швидкодіючих анемометрів приводить до значних похибок. З метою зменшення похибки градуювання нами використано принцип ротації. Для градуювання анемометрів пропонується ротативний стенд. Структурна схема стенда градуювання наведена на рис.1.

Механічна частина стенду складається з двигуна та вузла ротацій, конструкція останнього наведена на рис.2.

Тепловий процес, що лежить в основі електричного способу вимірювання швидкості потоку повітря анемометром даної конструкції, — це вимушена конвекція при зовнішньому обтіканні повітрям плоскої пластини. Пластина розташована вздовж повітряного потоку і має визначену довжину. Вона закріплюється на кінці штанги, що обертається з певною кутовою швидкістю.

При цьому необхідно врахувати той факт, що оточуюче повітря з часом втягується в оберто-

вий рух навколо осі обертання штанги. Тобто відносна швидкість обдуву дещо менша від абсолютної швидкості руху пластини. Градуювання термоанемометра здійснюється при швидкості обтікання повітря в межах 1÷11 м/с. Тепловий процес охолодження термоанемометра суттєво залежить від того, ламінарним чи турбулентним є рух повітря. Перехід від ламінарного до турбулентного руху визначається критичним значенням числа Рейнольдса, яке при повздовжньому обтіканні плоскої пластини набувають $R_{кр} = 5 \cdot 10^5$ [2].

Число Рейнольдса визначають за формулою:

$$R_e = \frac{vL}{\mu},$$

v , L , μ - характерна для даного потоку швидкість, лінійний розмір і кінематична в'язкість

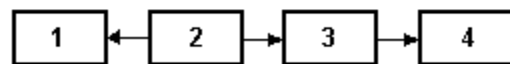


Рис.1. Структурна схема стенда. ТПО та схема вимірювання його опору (1), джерело живлення (2), регулятор обертів (3), двигун (4).

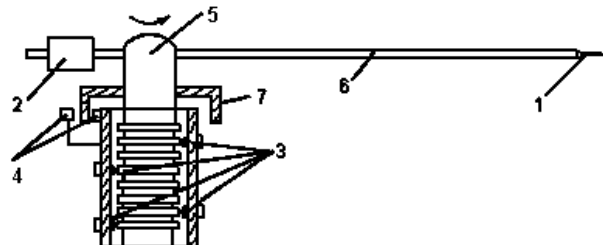


Рис.2. Конструкція вузла ротації. Вузол монтажу анемометра (1), пружина (2), набір рухомих контактів (3), оптичара з відкритим оптичним каналом (4), вал вузла ротації (5), штанга (6), диск з отворами (7).

відповідно. Для кімнатної температури $\mu=15 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ [1]. Нами використовувалась пластина довжиною $L=0,008 \text{ м}$. Зміна швидкості від 1 м/с до 11 м/с приводить до зміни числа Рейнольдса від $0,53 \cdot 10^3$ до $5,6 \cdot 10^3$. Як видно з розрахунків, є достатній запас швидкості до переходу в турбулентний режим. З метою зниження імовірності переходу до турбулентного режиму вузол монтажу термоанемометра виготовляли обтічної форми. Для зменшення збурень у повітрі при обертанні штанги 6, її закріплювали несиметрично. Плечі штанги статично збалансовані, що знижує вібрацію валу 5. На валу розміщено набір рухомих контактів 3, які призначені для ввімкнення в схему градуйованого термоанемометру. В якості давача частоти обертання використовуємо оптопару з відкритим оптичним каналом 4, яка містить лампу розжарення, лінзу та фотодіод. Лінза фокусує світловий потік на середину товщини отворів диска. Використання лінзи в оптопарі дало можливість збільшити число отворів, зробивши меншим їх діаметр, отже, зменшити фонову засвіченість фотодіода і відповідно збільшити амплітуду корисного сигналу.

Електрична частина приладу містить схему вимірювання опору ТПО, схему стабілізації обертів двигуна та блок живлення.

Схема вимірювання опору ТПО представлена на рис.3. Схема містить генератор струму, зібраний на операційному підсилювачі D1 та схеми

порівняння – D2. Змінний опір R5 дає можливість встановлювати нульові покази вольтметра.

Схема стабілізації обертів двигуна представлена на рис.4. У даній схемі інформативною є частота проходження імпульсів. Тому сигнал з оптопару підсилений імпульсним підсилювачем D1 подається на обмежувач амплітуди VD2, VD3. Після нього сигнал детектується VD4. Проінтегрований RC-ланкою (C1R6) сигнал порівнюється з опорним, величина якого змінюється у залежності від положення перемикача (S1-S7). На операційному підсилювачі D2 виконана схема порівняння. Складений транзистор VT1, VT2 забезпечує підсилення вхідного сигналу до рівня, який достатній для регулювання частоти обертів двигуна. Схема блока живлення наведена на рис.5. Блок живлення двополярний і виконаний за типовою схемою компенсаційного стабілізатора напруги. Схема захисту від короткого замикання на виході блоку живлення з світловою індикацією на світлодіоді VD7(VD13) виконано на елементах R2 (R9), VD5(VD11), VT1(VT5).

На даному стенді проведено градування термоанемометра з опосередкованим підігрівом. Термочутливим елементом служить плівковий лінійний термоперетворювач опору (ТПО) [3]. Отримані результати корелюють з результатами, отриманими в роботах [2]. Кореляція результатів дає можливість стверджувати, що дана методика дозволяє градувати термоанемометри без наявності еталонного анемометра.

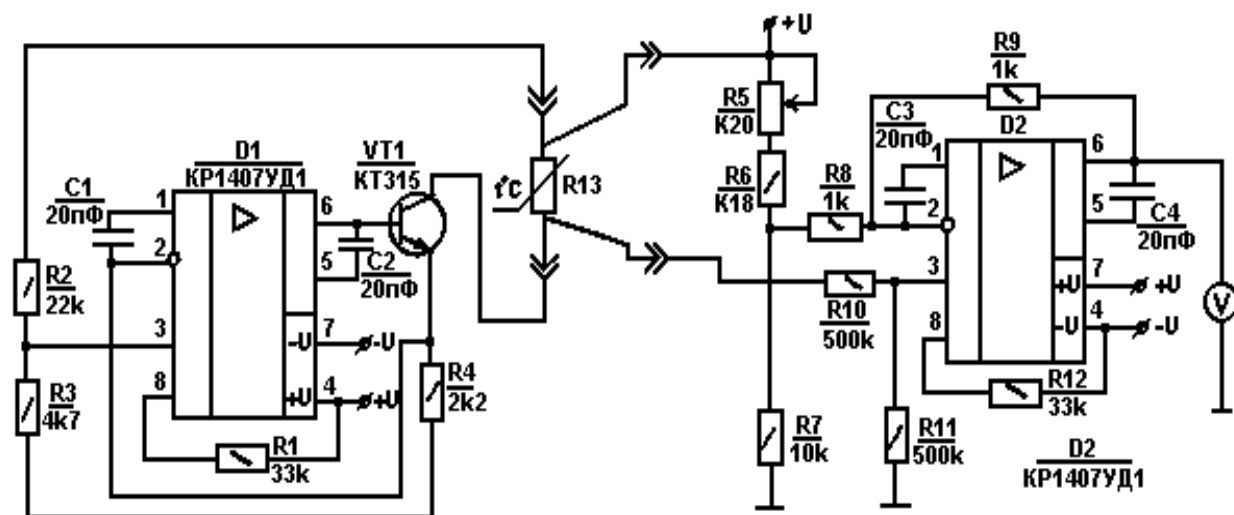


Рис.3. Принципова електрична схема вимірювання опору ТПО.

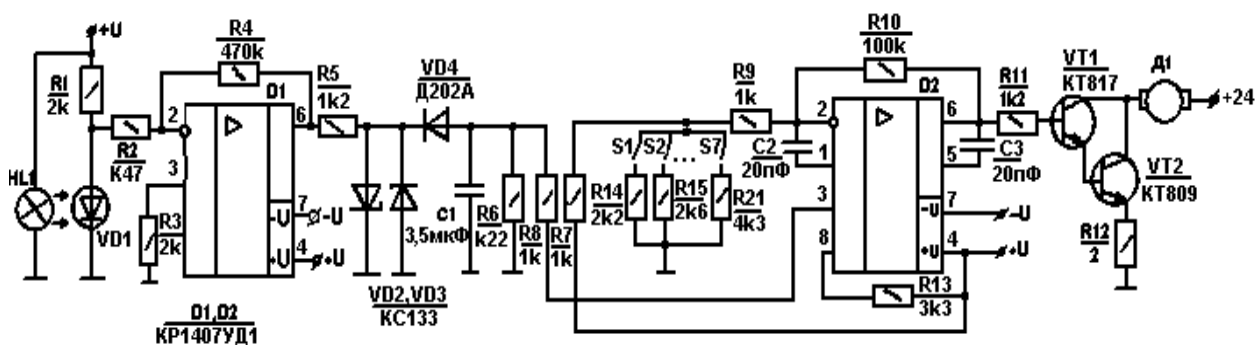


Рис.4. Принципова електрична схема стабілізації обертів двигуна.

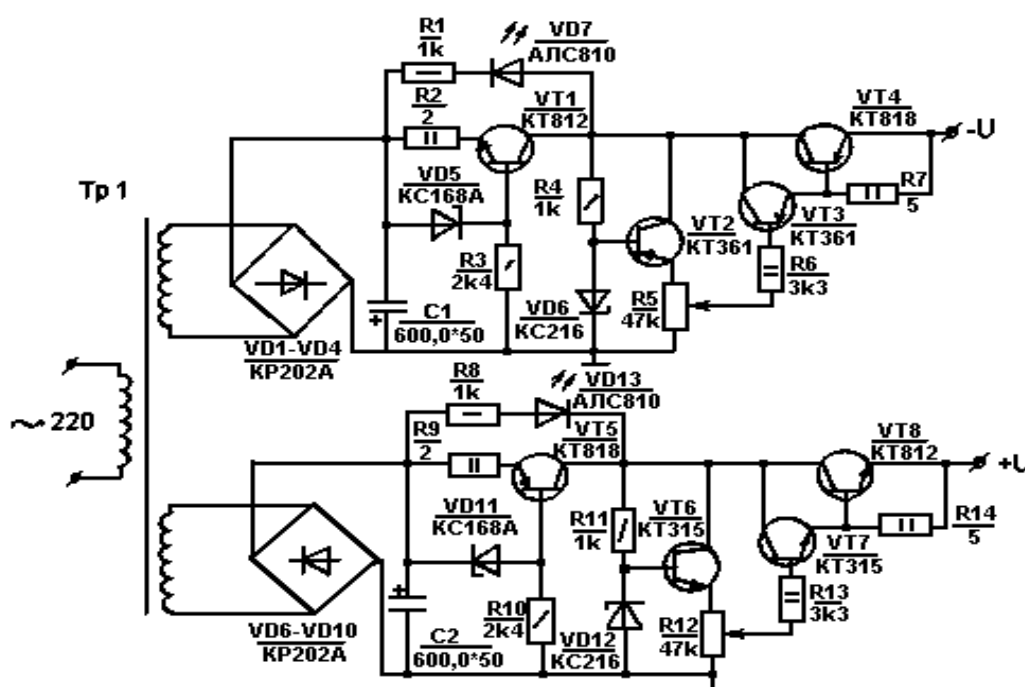


Рис.5. Принципова електрична схема блока живлення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Титъенс О. Гидро- и аэромеханика. По лекциям проф. Л. Прандтль. - М.-Л.: Объединное научно-техническое издательство НКТП СССР, 1935.
2. Прикладная аэродинамика / Под ред. Н.Ф. Краснова. - М.: Высшая школа, 1974.
3. Брайловський В.В., Ларіонов О.С., Калинюк В.В. Технологія виготовлення тонкоплівкових перетворювачів опору // Науковий вісник ЧДУ. Вип. 32: Фізика. - Чернівці: ЧДУ, 1998. - С.86-88.