

Közegáram mérése ADAM 4000-es mérőrendszerrel

Összeállította: Dr. Szecső Gusztáv egyetemi adjunktus
Miskolci Egyetem Automatizálási tanszék

Lektorálta: Reményi Tibor főmérnök, Flow-Cont KFT.

A mérési gyakorlat célja: egy elosztott intelligenciájú, analóg technológiai műszerezésre épülő, többszörös lokális hálózati kommunikációval ellátott mérőrendszer kialakítása. A mérőhálózat által szolgáltatott elsődleges jellemzőkből C-nyelvű programmal és a GENIE objektum orientált szoftverrel on-line és real-time meghatározni a mérőperemen átáramló víz és levegő pillanat térfogat- és tömegáramát és az összmenyiségét az MSZ 1709 és az MSZ - ISO 5167-1 szabványok alapján. A rendszer által mért és származtatott jellemzők összehasonlítása egy gyári térfogat-számláló és áramlásmérő rendszer által szolgáltatott adatokkal.

1. A mérőrendszer általános felépítése (1. ábra)

Az ADAM 4000-es intelligens modulokra épülő mérőrendszer alapvetően két - az Informatikai Intézet második emeletén lévő 200-as és földszintjén lévő 5-ös technológiai labor vizes illetve levegős - objektumára, mint a mérések tárgyra települ rá. A vizes kör analóg műszerezése a következő:

- mérőperem (6) (NÁ 25)
- Rosmount differenciálynomás távadó (Model 1151) (7),
- Fe-Ko hőelem (8).

A vizes kör digitális és ellenőrző műszerei:

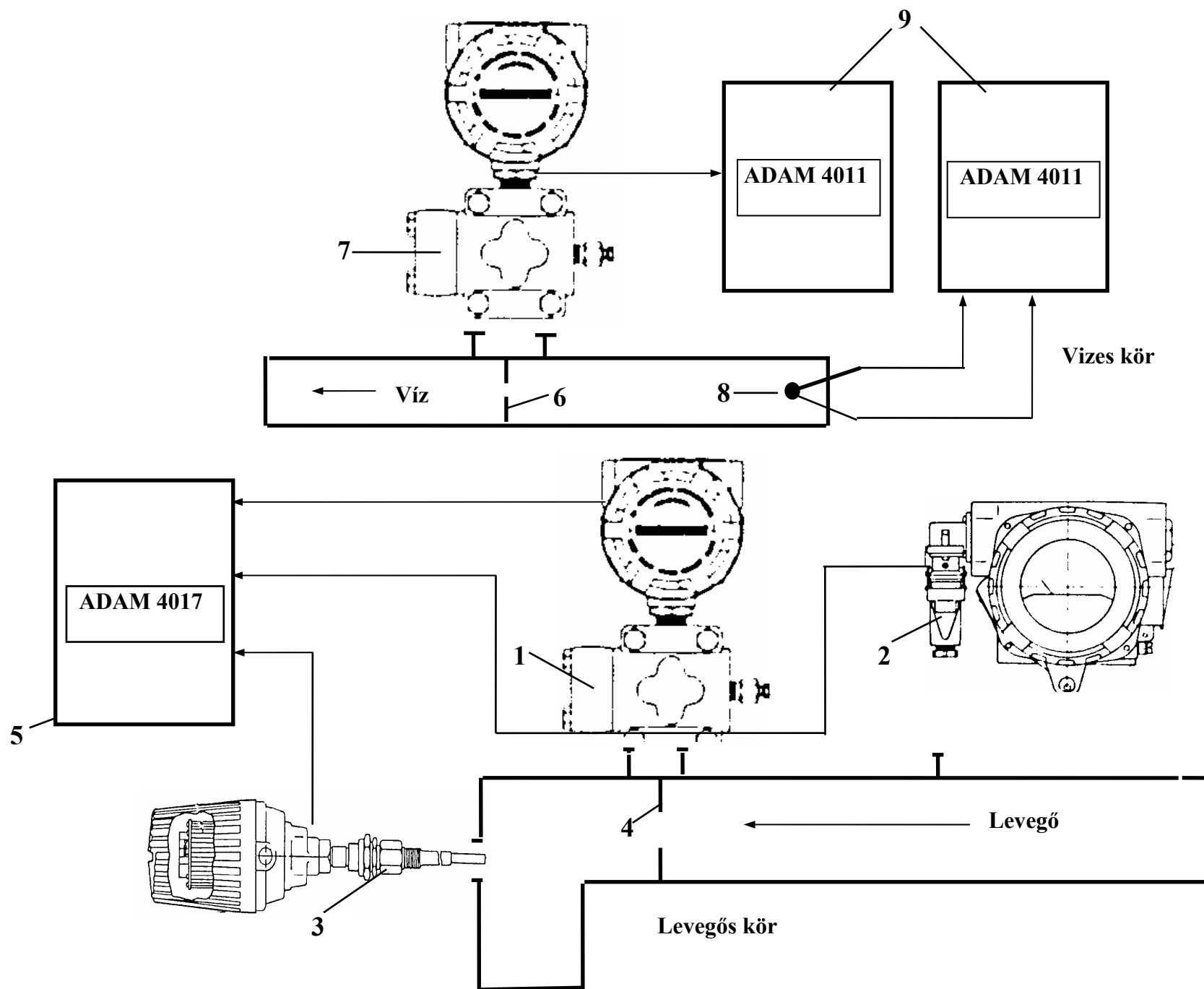
- UNIFLOW-100 áramlásmérő,
- 1 db 4011 4-20 mA-re kalibrált mérőmodul a differenciálynomás távmérésére (9),
- 1 db 4011 Fe-Ko hőelem bemenet fogadására kalibrált modul (9).

A levegős kör analóg műszerezése:

- hőmérséklet távadó (MMG 3330-0-438-5) (3),
- leválasztó tápegység (GAMMA 4.939.21),
- abszolút nyomástávadó (ZAFIR 22DA) (2),
- tápegység (GAMMA 4939.1),
- differenciál nyomástávadó (GAMMA 4.937.62) (1),
- tápegység/jelváltó (GAMMA 4.939.61)
- mérőperem (4).

A levegős kör digitális és ellenőrző műszerei:

- ADAM 4017 nyolccsatornás adatgyűjtő modul (5),



1. ábra

- ADAM 4060 relés kimeneti modul,
- örvényszóráshoz mennyiségtávadó (MMG 3499-0-314-0),
- kiértékelő egység az örvényszóráshoz mennyiségtávadóhoz (MMG MIDI-FLOW),
- analóg számítómű (GAMMA 4.902),
- mechanikus integrátor (GAMMA 4.952),
- térfogatszámoló (GASPLAN NB 500/10).

2. A teljes mérőrendszer informatikai felépítése (2. ábra)

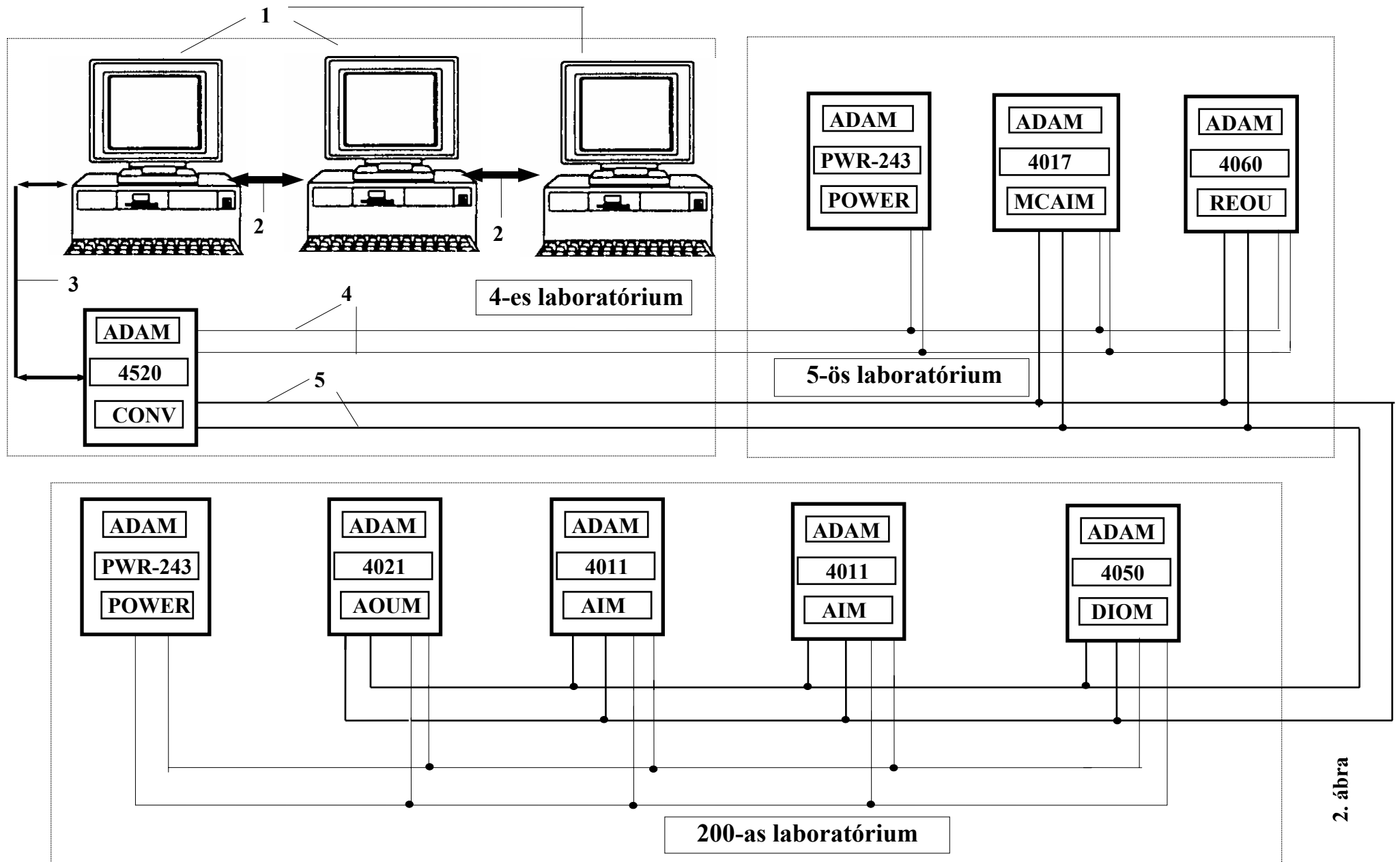
A mérőrendszer informatikai része ún. többszörös, kommunikációs hálózati struktúrájú. Az elsődleges hálózat a mérőmodulokat összekötő RS-485 rendszerű, ADAM 4000-es protokoll támogatással működő (2. ábra 5-ös tétele). A másodlagos hálózat egy Ethernet alapú LAN (NE2000), IPX protokoll kommunikációval (2). A két szint közötti transzparens adatátvitelt egyszerű RS-232C szabványú, a Main Host személyi számítógép (1) COM2: portjára kötött felület biztosítja (3). A teljes hálózat az Informatikai Intézet földszintjén elhelyezkedő 4-es és 5-ös, valamint a második emeleten lévő 200-as laboratóriumokat köti össze olyan elven, hogy az 5-ös és a 200-as terem a technológiai berendezések üzemeltetésének (táv mérés, távirányítás) helyszíne, míg a 4-es helyiség mint központi vezérlőterem funkcionál. Az ADAM 4000-es modulok energia ellátása emeleti szintenként decentralizált és 24 V-s egyenfeszültségű sínezéssel (4) valósult meg. Az informatikai rendszer alapvetően háromféle üzemmódban működhet:

- egygépes Host-mód, ADAM 4000-es protokoll C- vagy BASIC nyelvbe ágyazva,
- egygépes Host-mód, GENIE objektum orientált probléma megfogalmazással,
- háromgépes Host-mód, WINDOWS IPX protokoll, GENIE objektum orientált probléma megfogalmazással, hálózati kommunikációs kiegészítéssel.

A kommunikációs jellemzők az RS-232C vonalon a következők:

- adatátviteli sebesség - 9600 baud,
- adatbitek száma - 8,
- paritásbit - nincs,
- stopbitek száma - 1.

Bármely üzemmód esetén ismernünk kell az RS-485 hálózatra felfűzött ADAM 4000-es modulok címeit és alapfunkcióit, amelyet az 1. sz. táblázat foglal össze.



2. ábra

Laboratórium neve/helye	ADAM 4000-es eszköz				
	Megnevezése	Szimbóluma	Hardver címe	Gyári száma	Jellemzők
4/földszint	ADAM 4520 RS-232C/RS-485 átalakító	CONV	COM2:	L9660603	Bemenet: RS-232C Kimenet: RS-485 Sebesség: 9600 baud
5/földszint	ADAM 4017 8 csatornás analóg bemenet	MCAIM	05H	L9667629	6 differenciál csatorna 2 aszimmetrikus csatorna Bemenet: mV/V/mA
	ADAM 4060 Relés kimeneti modul	REOU	06H	L9617683	AC: 0,5 A / 120 V DC: 1 A / 24 V Csatornák száma: 4 (2A, 2C)
	PWR-243 DC tápegység	POWER	-	-	24 V DC / 2 A
200/II. emelet	ADAM 4011 Analóg bemeneti modul	AIM	01H	L9674447	Bemenet: mV/V/mA/TC Csatornák száma: 2 Termoelem: J,K,T,E,R,S,B
	ADAM 4011 Analóg bemeneti modul	AIM	03H	L9674418	Bemenet: mV/V/mA/TC Csatornák száma: 2 Termoelem: J,K,T,E,R,S,B
	ADAM 4021 Analóg kimeneti modul	AOUM	04H	L9644150	Kimenet: mA / V DC Tartomány: 0 - 20, 4 - 20 mA 0 - 10 V
	ADAM 4050 Kétállapotú TTL ki/bemenet	DIOM	07H	L9667289	Bemenet: 7 csatorna Kimenet: 8 csatorna Jelszint: max. 30 V DC
	PWR-243 DC tápegység	POWER	-	-	24 V DC / 2 A

1. táblázat

3. Gáz és folyadék mennyiségmérése szűkítő elemen (mérőperemen) [1], [5], [6], [7], [8]

3.1. Áramlástechnikai alapok

Az áramlástechnikában használatos alapmennyiségek definícióit a [8] irodalomban találjuk, amelyek közül az abszolút nyomás definícióját külön is kiemeljük:

$$p_a = p_b + p_g, \quad (3.1)$$

ahol p_a az abszolút nyomást, p_b a légköri nyomást és p_g a túlnyomást jelenti p_a mértékegységben. Hasonló fontosságú az abszolút hőmérséklet definíciója is:

$$T = T_0 + t \text{ } ^\circ \text{K}, \quad (3.2)$$

ahol T az abszolút vagy termodinamikai hőmérséklet, T_0 a gyakorlati hőmérsékleti skála nullapontja és t a környezeti és üzemi hőmérséklet gyakorlati mérőszáma $^\circ \text{C}$ -ban. A gáztechnikai alapösszefüggésekből kiemeljük az általános gáztörvényt ideális gázokra:

$$p V = n R T, \quad (3.3)$$

ahol n a mólszám és R az egyetemes gázállandó. Fontos áramlástechnikai jellemző a Reynolds szám, amelyet az áramlások típusainak (kiépült, stacionárius, állandósult, lamináris, turbulens, valós és mérhető valós) meghatározására szolgál:

$$\text{Re}_D = \frac{v D}{\nu} = \frac{\text{Tehetlenségi erő}}{\text{Belső, súrlódási erő}} \quad (3.4)$$

ahol v az áramló anyag sebessége, D geometriai méret (csőátmérő) és $\nu = \frac{\eta}{\rho}$ a kinematikai

viszkozitás (η a dinamikai viszkozitás és ρ a sűrűség). A Reynolds szám maga mértékegység nélküli szám. A szűkítőelemeken (mérőperemen) átfolyó mennyiségre (térfogatáram vagy tömegáram) vonatkozó összefüggés több, fontos alapegyenletből származik. Ezek rendre a következők:

$$\rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 \text{ a kontinuitási egyenlet,} \quad (3.5)$$

$$\frac{v_1^2}{2} + \frac{p}{\rho} + g z = \text{állandó} \text{ a Bernoulli egyenlet.} \quad (3.6)$$

Ideális, elméleti esetben a térfogatáramra illetve a tömegáramra az alábbiakat kapjuk:

$$q_v = v_2 A_2 = \text{konst.} \left(\frac{\Delta p}{\rho} \right)^{0,5} \text{ illetve} \quad (3.7)$$

$$q_m = q_v \rho = \text{konst.} (\Delta p \rho)^{0,5}, \quad (3.8)$$

ahol

- v = áramlási sebességek,
- A = csőkeresztmetszetek (felületek),
- ρ = az áramló közeg sűrűsége,
- p = nyomások,
- $\Delta p = p_2 - p_1$ = a mérőperemen eső nyomáskülönbség,
- g = nehézségi gyorsulás,

- z = hidrosztatikai magasság,
- q_v = térfogatáram,
- q_m = tömegáram.

A fentiek alapján a mérőperemen, mint szűkítő elemen eső nyomás és a térfogatáram között felírhatunk egy általános összefüggést, először folyadékokra:

$$q_v = \text{konst.} \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}, \text{ majd gázokra és gőzökre} \quad (3.9)$$

$$q_v = f(\Delta p, \dots) \text{ konst.} \sqrt{\frac{p_1 T_0}{p_0 T} \frac{1}{K}}, \text{ ahol} \quad (3.10)$$

- p_0 normál nyomás,
- p_1 üzemi abszolút nyomás,
- T_0 normál hőmérséklet,
- T a közeg üzemi abszolút hőmérséklete,
- K a kompresszibilitási tényező.

3.2. Áramlásmérés mérőperemmel az MSZ 1709 szerint [6], [10]

Ebben az alfejezetben használt jelölések a következők:

- d** - a mérőperem átömlő nyílásának átmérője üzemi hőmérsékleten mm,
- D** - a mérőperemet megelőző cső belső átmérője üzemi hőmérsékleten mm,
- β** - átmérőviszony $\beta = d / D$,
- m** - szűkítési viszony $m = (\beta)^2 = \beta^2$,
- E** - belépési sebességtényező $E = \sqrt{1 - m^2}$,
- C** - sebességi tényező $C = \alpha / E$,
- Q** - gáz térfogatáram üzemi nyomáson és üzemi hőmérsékleten m^3 / s ,
- Q_n** - gáz térfogatáram normál állapotban (1,01325 bar nyomáson és 15 °C hőmérsékleten) m^3 / h ,
- Q_{max}** - maximális gáz térfogatáram normál állapotban m^3 / h ,
- Q_{átl}** - átlag gáz térfogatáram normál állapotban m^3 / h ,
- p₁** - a gáz abszolút nyomása a mérőperem előtt bar,
- p_{cs}** - a gáz túlnyomása a mérőperem előtti megcsapolási helyén bar,
- p_b** - légköri nyomás $p_b = 1,005 \text{ bar}$,
- p_n** - normál nyomás $p_n = 1,01325 \text{ bar}$,
- p_{max}** - maximális nyomás bar,

p_k - korrigált nyomás bar,
 p_{red} - redukált nyomás,
 Δp - mérőnyomás (hatónyomás) mbar,
 Δp_{max} - maximális mérőnyomás mbar,
 $\Delta p_{\text{átl}}$ - átlagos mérőnyomás mbar,
 T, t - az áramló gáz üzemi hőmérséklete $^{\circ}K, ^{\circ}C$,
 T_{max} - maximális hőmérséklet $^{\circ}K$,
 $T_{\text{átl}}$ - átlagos hőmérséklet $^{\circ}K$,
 T_k, t_k - korrigált hőmérséklet $^{\circ}K, ^{\circ}C$,
 T_{red} - redukált hőmérséklet,
 ρ - a gáz sűrűsége üzemi állapotban kg/m^3 ,
 ρ_n - a gáz sűrűsége normál állapotban kg/m^3 ,
 ρ_{rel} - a gáz relatív sűrűsége a levegő sűrűségére vonatkoztatva,
 $\rho_{lég}$ - a levegő sűrűsége kg/m^3 ,
 α - átfolyási szám,
 ε - expanziós szám,
 Re_D - Reynolds szám,
 κ - izentrópus kitevő,
 μ - a gáz dinamikai viszkozitása üzemi állapotban Pas,
 z - eltérési tényező üzemi állapotban [10],
 M_{CO_2} - a gáz széndioxid tartalma mól%,
 M_{N_2} - a gáz nitrogén tartalma mól%,
 σ_t, σ_T - a megfelelő fémre vonatkozó hőtágulási együttható $1/^{\circ}C$.

Az indexek jelentése:

- 1 - hozzáfolyásoldali,
- 2 - elfolyásoldali.

3.2.1. Alapösszefüggések az MSZ 1709 szerint

$$- Q = \frac{\pi d^2}{4} \alpha \varepsilon \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}} \quad m^3 / s, \quad (3.11)$$

$$- Q_n = 0,609 d^2 \alpha \varepsilon \sqrt{\frac{p_1 \Delta p}{T z \rho_{rel}}} \quad m^3 / h. \quad (3.12)$$

A mérőperem átömlő nyílásának átmérőjét (d) a mérőszakasz csövének belső átmérőjétől függő átmérőviszony $\beta = d / D$ határozza meg:

- sarokmegcsapolás esetén

$$0,23 \leq d/D \leq 0,8$$

$$\text{Re}_{D_{\min}} = 5\,000, \text{ ha } 0,23 \leq d/D \leq 0,45$$

$$\text{Re}_{D_{\min}} = 10\,000, \text{ ha } 0,45 \leq d/D \leq 0,77$$

$$\text{Re}_{D_{\min}} = 20\,000, \text{ ha } 0,77 \leq d/D \leq 0,8$$

$$\text{Re}_{D_{\max}} = 10^8,$$

- karimamegcsapolás esetén

$$0,2 \leq d/D \leq 0,75$$

$$\text{Re}_{D_{\min}} = 1\,260, \text{ Re}_{D_{\max}} = 10^8,$$

- D és D/2 megcsapolás esetén

$$0,2 \leq d/D \leq 0,75.$$

A (d) és (D) értéke az áramló gáz hőmérsékletén az alábbi összefüggésből állapítható meg:

$$d = d_{20} \{1 + \sigma_t (t - 20)\}, \quad (3.13)$$

$$D = D_{20} \{1 + \sigma_T (t - 20)\}. \quad (3.14)$$

Az izentrópikus kitevő meghatározása az alábbi formulával történik:

$$\kappa = 1,29 + 0,704 \cdot 10^{-6} \{2575 + (346,23 - T)^2\} P_1. \quad (3.15)$$

A gáz üzemi állapotú sűrűségét az alábbiak szerint határozzuk meg:

$$\rho = \rho_n 284,38 \frac{P_1}{T_Z}. \quad (3.16)$$

A gáz relatív sűrűsége az alábbi: $\rho_{\text{rel}} = \frac{\rho_n}{1,2255}. \quad (3.17)$

A korrigált nyomás a következő:

$$P_k = \frac{156,47 P_{\text{cs}}}{160,8 - 7,22 \rho_{\text{rel}} + M_{\text{co2}} - 0,392 M_{\text{N2}}}. \quad (3.18)$$

A korrigált hőmérséklet az alábbi:

$$T_k = \frac{226,29 (t + 273,15)}{99,15 + 211,9 \rho_{\text{rel}} - M_{\text{co2}} - 1,681 M_{\text{N2}}}. \quad (3.19)$$

A Reynolds szám meghatározása: $Re_D = 0,354 \frac{Q_n \rho_n}{D \mu} = 0,434 \frac{Q_n \rho_{rel}}{D \mu}$. (3.20)

A gáz dinamikai viszkozitásának meghatározása üzemi állapotban:

$$\mu = (5,173 + 6,879 \rho_{rel} - 1,877 \rho_{rel}^2) (0,037 + T_{red} - 0,1038 T_{red}^2) \left(1 + \frac{p_{red}^2}{30 T_{red} - 30}\right). \quad (3.21)$$

A redukált hőmérséklet és nyomás meghatározására az alábbi összefüggés ajánlott:

$$T_{red} = \frac{T}{87,5 + 187,0 \rho_{rel} - 0,8825 M_{co2} - 0,1183 M_{N2}}, \quad (3.22)$$

$$p_{red} = \frac{p_1}{47,57 - 2,14 \rho_{rel} + 0,302 M_{co2} - 0,1183 M_{N2}}. \quad (3.23)$$

Az expanziós szám értékére a következő formula vonatkozik:

$$\varepsilon = 1 - (0,41 + 0,35 m^2) \frac{\Delta p}{p_1 \kappa}. \quad (3.24)$$

A (3.12), (3.15) - (3.24) összefüggéseket kizárólag földgáz esetén ajánlatos használni ! A [10] jelű irodalomban egy numerikus méretezési példát találhatunk a fenti összefüggések alkalmazására, a mérőperem méretezés bemutatására és ellenőrzésére.

3.3. Áramlásmérés az MSZ-ISO 5167-1 szerint [7]

Ebben a fejezetben használt jelölések a következők:

- C** - átfolyási tényező,
- d** - a mérőperem átömlő nyílásának átmérője üzemi hőmérsékleten m,
- D** - a mérőperemet megelőző cső belső átmérője üzemi hőmérsékleten m,
- e** - relatív bizonytalanság,
- k** - egyenértékű felületi érdesség m,
- l** - nyomáselvételi megcsapolások távolsága m,
- L** - nyomáselvételi megcsapolás relatív távolsága $L=l/D$,
- p** - az áramló folyadék vagy gáz abszolút, statikus nyomása Pa,
- q_m** - a tömegáram kg/s,
- q_v** - térfogatáram m³/s,
- R** - sugár m,
- R_a** - a felület (érdesség) aritmetikai átlagos eltérése m,
- Re** - Reynolds szám,
- Re_D** - a D-re vonatkoztatott Reynolds szám,

Re_d - a d-re vonatkoztatott Reynolds szám,
 t - a folyadék (gáz) hőmérséklete $^{\circ}C$,
 U - a folyadék átlagos tengelyirányú sebessége a csőben m/s,
 β - átmérőviszony $\beta = d / D$,
 γ - fajhőviszony,
 δ - abszolút bizonytalanság,
 Δp - mérőnyomás (hatónyomás) Pa,
 $\Delta \varpi$ - nyomásveszteség Pa,
 ε - expanziós szám,
 κ - izentrópikus kitevő,
 μ - a folyadék (gáz) dinamikai viszkozitása üzemi állapotban Pas,
 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ - a folyadék (gáz) kinematikai viszkozitása m^2 / s ,
 ξ - relatív nyomásveszteség,
 ρ - a folyadék (gáz) sűrűsége üzemi állapotban kg / m^3 ,
 $\tau = \frac{p_2}{p_1}$ - nyomásviszony,
 φ - a diffuzor kúpszöge.

Az indexek jelentése:

- 1 - hozzáfolyásoldali,
- 2 - elfolyásoldali.

3.3.1. A mérési módszer alapelve és a számítás [1], [7]

A mérési módszer azon alapul, hogy a csővezetékben áramló, és azt teljes keresztmetszetében kitöltő folyadék (gáz) útjába egy primer eszközt (mérőperemet) építünk be. A beépített eszköz hatására különbség alakul ki a statikus nyomásban az eszköz hozzáfolyási oldala és torka vagy elfolyási oldala között. Ezen nyomáskülönbség mért értékéből, az áramló folyadék (gáz) jellemzőinek ismeretéből és az eszköz beépítési körülményeiből a közegáram meghatározható. A tömegáram és a nyomáskülönbség között az alábbi képletek szerinti összefüggés áll fenn:

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon_1 \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p \rho_1}, \quad (3.25)$$

$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon_2 \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p \rho_2}, \quad (3.26)$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \sqrt{1 + \frac{\Delta p}{p_2}}, \quad (3.27)$$

$$q_v = \frac{q_m}{\rho} \quad (3.28)$$

A szabvány előírja, hogy a mérőperem legfontosabb jellemzője (d) mekkora legyen. Így igen fontos előírás, hogy a d átmérő nagyobb vagy egyenlő legyen, mint 12,5 mm. A $\beta = d/D$ átmérőviszony nagyobb vagy egyenlő legyen, mint 0,2 és kisebb vagy egyenlő, mint 0,75.

3.3.2. Az összefüggésekben szereplő tényezők kiszámítása

A C átfolyási tényezőt a következő, Stolz-féle egyenlettel kell számítani:

$$C = 0,5959 + 0,0312\beta^{2,1} - 0,184\beta^8 + 0,0029\beta^{2,5} \left(\frac{10^6}{Re_d} \right)^{0,75} + 0,09L_1\beta^4(1-\beta^4)^{-1} - 0,0337L_2\beta^3 \quad (3.29)$$

ahol $Re_d = \frac{4q_m}{\pi\mu D}$ (3.30) (a levegős kör mérési viszonyai között a levegő dinamikai

viszkozitása állandóra vehető, aminek az értéke 20 °C-on és 1 bar nyomáson $\mu = 18,25 \mu\text{Pas}$). Már most látható, hogy az átfolyási tényező számítási módja miatt a folyadék (gáz) tömegárama csak **iterációs úton határozható meg pontosan !**

A szabvány szerint szükség van az expanziós szám meghatározására is:

$$\epsilon = 1 - (0,41 + 0,35\beta^4) \frac{dp}{\kappa p} \approx 1 - (0,41 + 0,35\beta^4) \frac{\Delta p}{\kappa p_1} \quad (3.31), \text{ ahol } \kappa \text{ ugyan szintén a}$$

nyomás és hőmérséklet függvénye (tehát az igen pontos számításhoz itt is iterációs számításra lenne szükség), de a laboratóriumi viszonyokat figyelembe véve $\kappa = 1,41 \approx \text{áll.} - \text{nak}$ vehető. Ismert továbbá, hogy a gázok (gőzök) sűrűsége hőmérséklet- és nyomásfüggő, ezért a (3.25) jelű összefüggésben ezt újra csak figyelembe kell venni:

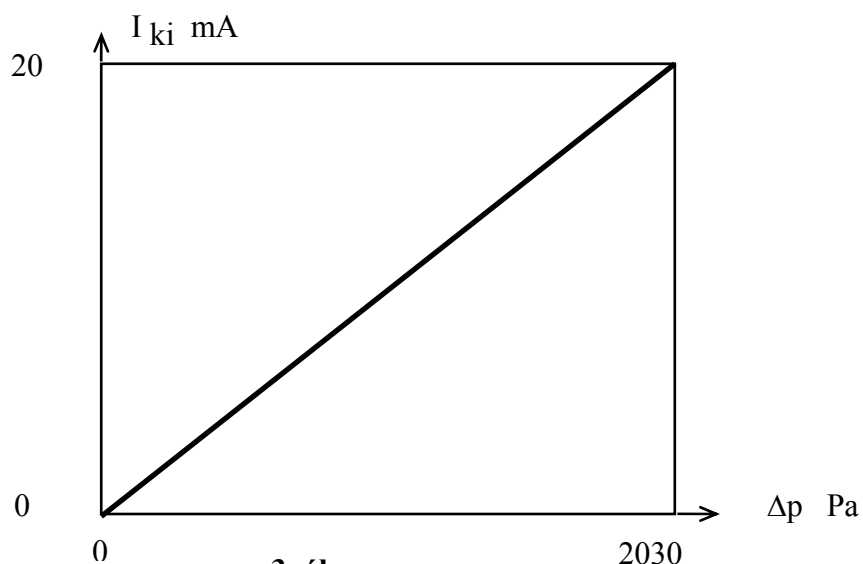
$$q_m = \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \epsilon_1 \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta p} \sqrt{\rho_n \frac{p_1 T_n}{p_n T} \frac{1}{K}} \quad (3.32), \text{ ahol } T_n = 273,15 + 15^\circ \text{K}, \text{ a}$$

kompresszibilitási tényező laboratóriumi körülmények között megint állandó értékre vehető ($K = 1,05$, levegőre) és végül $\rho_n = 1,2922 \text{ kg/m}^3$ ($28,96 \text{ kg/kmól}$ móltömegre).

4. A primer műszerezés jellemzői [11]

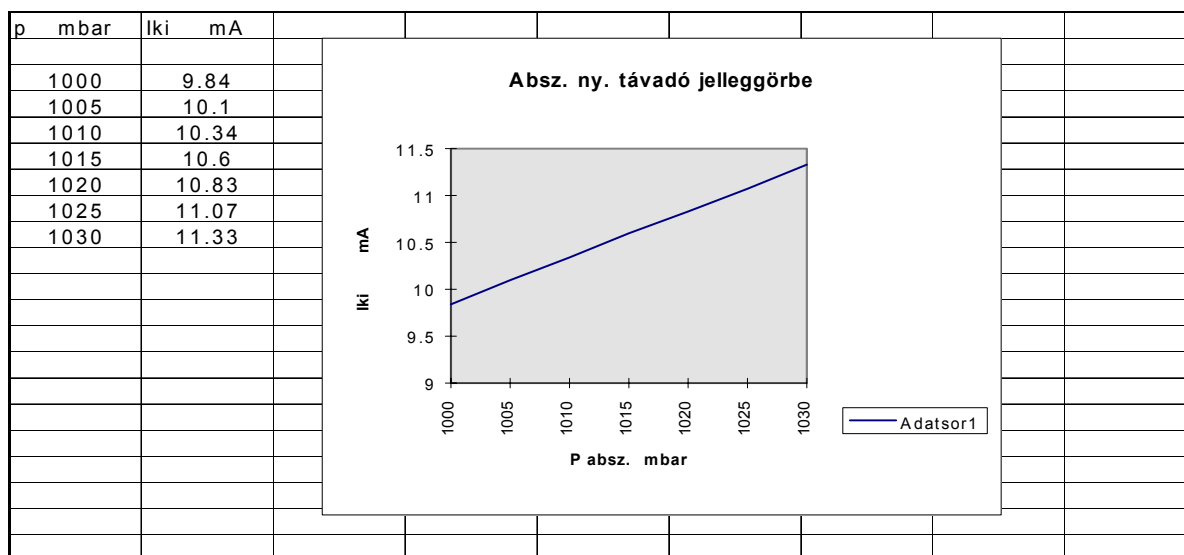
a/ A mérőperem adatai: $D = 104 \text{ mm}$, $d = 63,0 \text{ mm}$.

b/ A nyomáskülönbség távadó statikus karakterisztikája és méréstechnikai jellemzői:



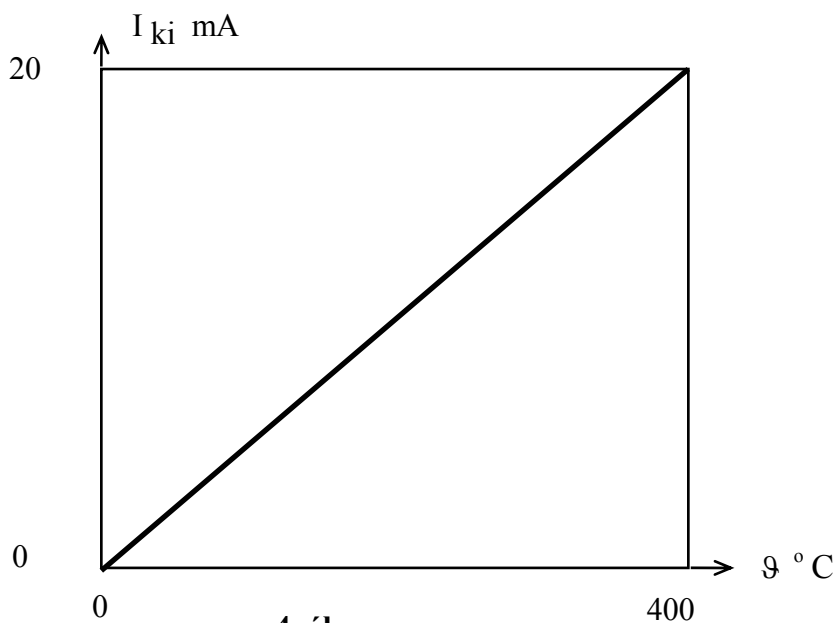
- pontosság 0,6 % (hiszterézis, nonlinearitás és drift együttesen).
- Járálekos hibák:
- terhelésváltozásra 0,2 % / 700 ohm,
 - hőmérséklet változásra 0,6 % / 10 ° C ,
 - tápfeszültség változásra 0,1 % / 10 % ,
 - helyzetfüggőségre (nullapont eltolódás) 2 % / 50 ° ,
 - statikus nyomásra (nullapont eltolódás) 0,9 % / 50 bar.

c/ Az abszolút nyomástávadó statikus karakterisztikája és méréstechnikai jellemzői:



- pontosság 0,1 % (hiszterézis, nonlinearitás és drift együttesen),

c/ A hőmérséklettáradó statikus karakterisztikája és mérés technikai jellemzői:



4. ábra

- pontosság $\pm 0,25 \%$,
- Pt 100-as érzékelő.

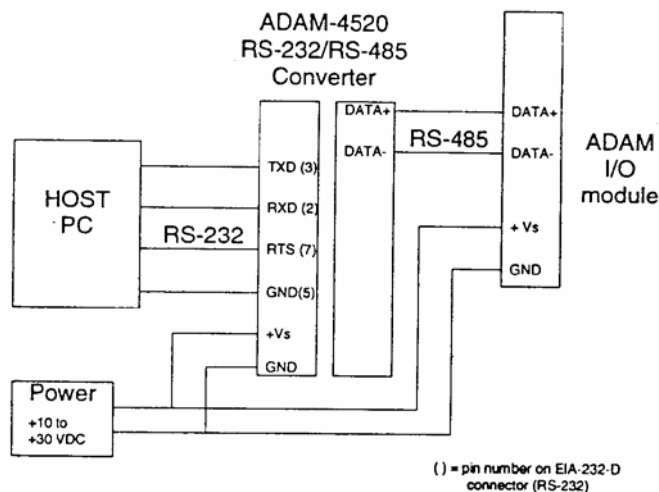
Valamennyi távadót 125 ohm-os, precíziós ellenállás zárja le az ADAM 4000-es modul bemenetén. A modult 0 - 20 mA-es bemenő jeltartományra kalibráltuk.

5. Az ADAM 4000-es rendszer hardver jellemzői

5.1. A mérőrendszer általános hardver felépítése [3], [2], [5]

Az 5. ábrán a rendszer általános hardver felépítését mutatjuk be, amely a következő részekből áll:

- host számítógép (IBM PC kompatibilis), szabad RS-232 felülettel,
- ADAM 4520 RS-232/RS-485 átalakító modul,
- ADAM I/O modulok RS-485 csatlakozási felülettel,
- 24 V DC névleges feszültségű tápegység az ADAM modulok táplálására,
- RS-485 sodrott érpárú hálózat,
- RS-232C szabványú kábel.



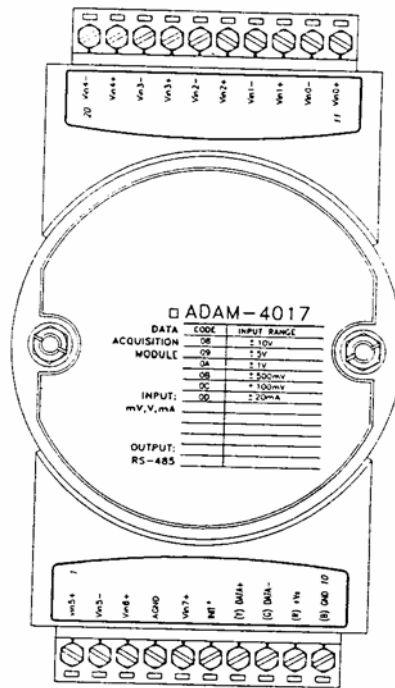
5. ábra

5.2. Az ADAM 4017 típusú modul hardver jellemzői

Egy ADAM I/O modul mechanikai kivitelét szemlélteti a 6. ábra. Általában a modul alsó csatlakozója szolgál a tápfeszültség és a kommunikációs hálózat csatlakoztatására. A felső csatlakozó a folyamat jelek számára szolgál sorkapocsként. Az I/O modulok adatlapján az eszközre jellemző főbb funkcionális adatok leolvashatók.

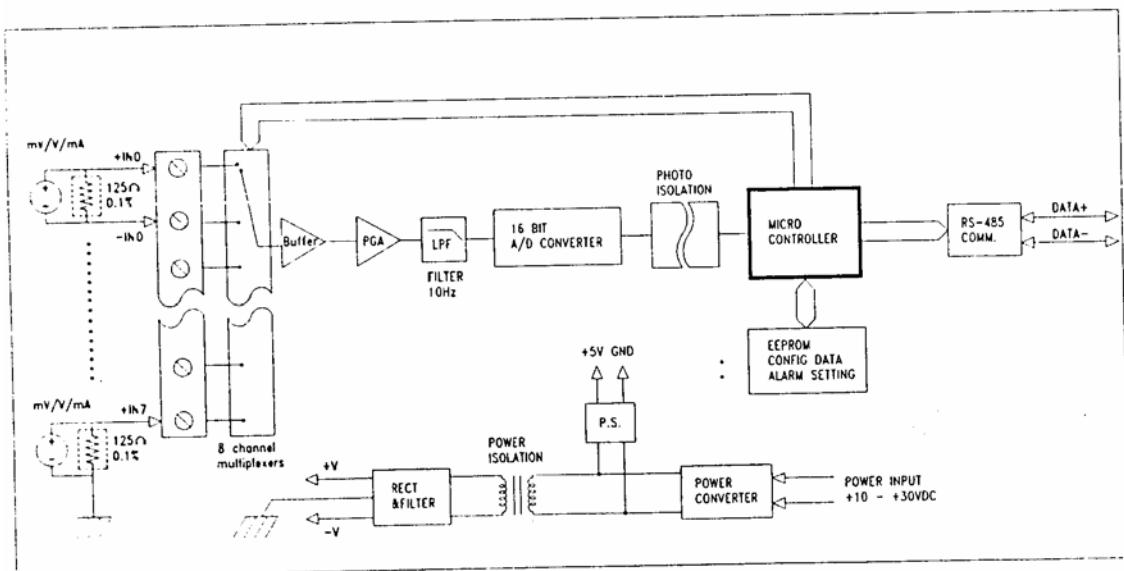
Egy ADAM 4000-es modul (4017) elvi felépítését a 7. ábra szemlélteti. Az ábrából látható, hogy egy önállóan működő, intelligens részegységről van szó, amelynek a főbb hardver elemei a következők:

- mikroszámítógép,
- belső sínrendszer,
- bemeneti jelfogadó/jelkondicionáló,
- programozható erősítő vagy kétállapotú eszköz (pl. számláló),



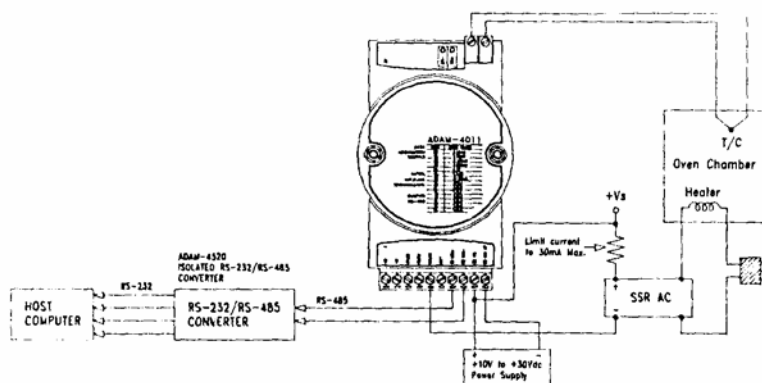
6. ábra

- szűrő,
- A/D átalakító,
- optikai leválasztó,
- összetett tápegység, galvanikus elválasztással,
- csatlakozó szerelvények (sorkapcsok).



7. ábra

Összetett, kombinált modulok (pl. az ADAM 4011 típus) többféle mérési és irányítási feladatra is alkalmasak. Ezt szemlélteti a 8. ábra, ahol egy 4011-es modullal egy teljes villamos fűtésű kemence mérés- és irányítástechnikai rendszerét meg tudtuk valósítani.



8. ábra

5.3. Csatornakiosztás a levegős körnél

0-ás csatorna: nyomáslüönbség a mérőperemen,

1-es csatorna: az abszolút nyomás a mérőperem előtt,

2-es csatorna: az áramló levegő hőmérséklete a mérőprem után.

6. Az ADAM 4000-es mérőrendszer szoftver támogatottsága

6.1. Egygépes Host-mód, ADAM 4000-es protokoll C-nyelvbe ágyazva

Az előző fejezetek ismeretei alapján láthatjuk, hogy a host PC RS-232C portján keresztül elérhető a mérőhálózatba épített valamennyi ADAM modul, ha ezt a felületet megfelelően kezeljük, ismerjük az ADAM rendszer moduljainak jellemzőit (modul-cím, mérési tartomány stb.) és az ADAM 4000-es protokollt. A C-nyelvben történő programozás megkönnyítése végett elkészítettünk egy soros vonal kezelő rendszert és egy mintapéldát (tulajdonképpen egy keretrendszert), amely tetszőlegesen felhasználói feladatok megoldására alkalmas. Így például megoldható az ISO szabvány szerinti iterációs tömeg-(térfogat)áram mérése is.

6.1.1. Az RS-232 soros vonal kezelése [9]

A hardver és szoftver környezet

A programkomponensek a **COM1 ... COM4** soros vonalak interruptos kezelésére szolgálnak **DOS** operációs rendszer környezetben. A soros vonalak báziscímeit ill. interrupt vonalait az IBM ajánlásának megfelelően kell beállítani (**COM1** és **COM3** esetén **IRQ4**, míg **COM2** és **COM4** esetén **IRQ3**). A rutinok a handshake jelek közül az **RTS** és **DTR** vonalakat logikai 1-be teszik, a bemenő handshake vonalak állapotát nem vizsgálják.

A felhasználói programokhoz a kezelő rutinokat az **RS232.LIB** könyvtárból szerkeszthetjük hozzá. A szimbólumok gyűjteményét az **RS232.H** file tartalmazza a "C"

nyelvű programok számára. Ezek a rutinok az **RS232IT.EXE** memóriarezidens programmal a **64H** szoftver interrupton keresztül együttműködve kezelik a soros vonalat.

6.1.2. Az RS232IT.EXE program működése

A számítógép bekapcsolását követően az

\rs232\rs232it dev baud formátum

paranccsal indíthatjuk a soros vonalat kezelő programot, ahol "dev" a soros vonal neve (**COM1 ... COM4**), "baud" az átviteli sebesség (**200, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 115200**), míg a "formátum" az átviteli formátumot jelenti (pl. **8N2, 7E1, 5O2** stb.).

A program indítását követően kicserélődik a **BIOS** soros vonalát lekezelő rutin egy interruptos kezelő rutinra, amely maximum 1024 byte-os csomagok fogadására alkalmas. Ezt követően a **RS232IT.EXE** memóriarezidens kilépést hajt végre, és várakozik a felhasználói programok kezelési parancsaira.

6.1.3. A szubrutinok ismertetése

6.1.3.1 Hibadetektálás, hibakódok.

A szubrutinok általában egy hibakódot tartalmazó integer változót adnak kilépéskor. Ezen hibakódok jelentése az alábbi.

COM_OKE	00	normál visszatérési érték
COM_ERR_OPEN\$NAME	01	illegális COM név
COM_ERR_OPEN\$BAUD	02	illegális Baud-rate
COM_ERR_OPEN\$LINE	03	illegális vonali jellemzők
COM_ERR_TIMEOUT	04	time out hiba
COM_ERR_OVERRUN	05	overrun hiba
COM_ERR_PARITY	06	paritás hiba
COM_ERR_FRAMING	07	keretezési hiba
COM_ERR_OPEN\$MEMORY	08	nincs elegendő memória

Egy rutin meghívásával szükség esetén a hibakódhoz tartozó szöveget is beírhatjuk egy általunk megjelölt pufferba (lásd `com_error_text`).

6.1.3.2 Egyetlen byte beolvasása.

A szubrutin hívásának egyik példaprogramja az alábbi lehet.

```
#include "rs232.h"
```

```
main( )
```

```
{  
    int Error_Kod;  
    char karakter;  
    int timeout_in_ms=100;
```

```
...                               /* egyetlen karakter beolvasása */  
    Error_Kod=com_rec_char(&karakter,timeout_in_ms);  
    if(Error_Kod){  
        ...                       /* hibakilépés */  
    }  
    ...
```

A rutin (com_rec_char) egyetlen karaktert (byte-t) emel ki a vevő pufferből, és a megnevezett "karakter" változóba helyezi. Ha a karaktert kísérő státusz byte hibát jelez, vagy "timeout_in_ms" ideig (ms-ban értelmezve) nincs karakter, úgy ezt az "Error_Kod" változóban jelezzük.

Az "Error_Kod" lehetséges értékei:

```
COM_OKE  
COM_ERR_TIMEOUT  
COM_ERR_OVERRUN  
COM_ERR_PARITY  
COM_ERR_FRAMING
```

6.1.3.3. Adott hosszúságú blokk beolvasása

A szubrutin hívásának egyik példaprogramja az alábbi lehet.

```
#include "rs232.h"
```

```
main( )
```

```
{  
    int Error_Kod;  
    int timeout_in_ms=100;  
    unsigned int Blokk_Lng=256;  
    char Blokk[256];
```

```
...                               /* blokk beolvasása */  
    Error_Kod=com_rec_blokk(Blokk,Blokk_Lng,timeout_in_ms);  
    if(Error_Kod){  
        ...                       /* hibakilépés */  
    }  
    ...
```

A rutin (com_rec_blokk) a megadott számú "Blokk_Lng" byte-t emel ki a vevő pufferből, és a megnevezett "Blokk" karakter tömbbe helyezi. Ha a karaktert kísérő státusz byte hibát jelez valamelyik karakternél, vagy "timeout_in_ms" ideig (ms-ban értelmezve) nincs karakter, úgy ezt az "Error_Kod" változóban azonnal jelezzük, és a vevő puffer teljes tartalmát töröljük! Az "Error_Kod" lehetséges értékei:

COM_OKE
COM_ERR_TIMEOUT
COM_ERR_OVERRUN
COM_ERR_PARITY
COM_ERR_FRAMING

6.1.3.4. A vevő pufferben lévő karakterek számának lekérdezése

A szubrutin hívásának egyik példaprogramja az alábbi lehet.

```
#include "rs232.h"

main( )
{
    int Error_Kod;
    int timeout_in_ms=100;
    unsigned int Blokk_Lng;
    char Blokk[256];

    Blokk_Lng=com_rec_lng( );    /* vett karakterek száma */
                                /* blokk beolvasása */
    Error_Kod=com_rec_blokk(Blokk,Blokk_Lng,timeout_in_ms);
    if(Error_Kod){
        ...                      /* hibakilépés */
    }
    ...
}
```

A rutin (com_rec_lng) visszaadja, hogy a vevő pufferben hány karakter található a lekérdezés pillanatában.

6.1.3.5. A vevő puffer törlése

A szubrutin hívásának egyik példaprogramja az alábbi lehet.

```
#include "rs232.h"

main( )
{
    int Error_Kod;
    int timeout_in_ms=100;
```

```
unsigned int Blokk_Lng;  
char Blokk[256];
```

```
com_rec_reset();           /* vevő puffer törlése */  
...
```

A rutin (**com_rec_reset**) megtörli a vevő puffer tartalmát (pontosabban az olvasópointert ráállítja az írópointerre).

A visszatérési érték:

COM_OKE

6.1.3.6. Egyetlen karakter kivitele

A szubrutin hívásának egyik példaprogramja az alábbi lehet.

```
#include "rs232.h"
```

```
main()  
{  
    int Error_Kod;  
    char karakter='A';  
  
    com_send_char(karakter);  /* egyetlen karakter kivitele */  
    ...
```

A rutin (**com_send_char**) a megadott karaktert kiviszi a soros vonalon.

A visszatérési érték:

COM_OKE

6.1.3.7. Rögzített hosszúságú blokk kivitele

A szubrutin hívásának egyik példaprogramja az alábbi lehet.

```
#include "rs232.h"
```

```
main()  
{  
    int Error_Kod;  
    char Blokk="Kiviiendő karakterek";  
    unsigned int Blokk_Lng=strlen(Blokk);  
  
    /* blokk kivitele */  
    com_send_blokk(Blokk, Blokk_Lng);  
    ...
```

A rutin (com_send_blokk) a megadott számú "Blokk_Lng" byte-t a "Blokk" karakter tömbből kiviszi a soros vonalon.

A visszatérési érték:

COM_OKE

6.1.4. A felhasználók által bővíthető keretprogram bemutatása

```
/*          */
/* Program   : ADEM01.C          */
/* Description : The demo program will transmit and receive ASCII */
/*               command through selected communication port using */
/*               ADAM-4520 RS-232/RS-485 converter to communicate */
/*               with ADAM modules. The ADAM-4520 automatically control */
/*               bus direction in hardware without the need of */
/*               handshaking signals from the host computer. RS-485 bus */
/*               control is completely transparent too user. */
/*          */
/*          */
#include <dos.h>
#include <process.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>
#include <bios.h>
#include <io.h>
#include <stdio.h>
#include <rs232.h>
int TIME_OUT = 10000;
static int base=0x3f8,err=0;
static unsigned int lng;
static char rec[15];
static char cmd[10];
void main()
{
    int i=0,j = 0,timeout;
    char flag,text[80],ch;
    printf("\nInput command : ");
    gets(cmd);
    while (cmd[0] != 'q' && cmd[0] != 'Q')
    {
        /* Send data */
        cmd[strlen(cmd)] = 0x0d;
        lng = strlen(cmd);
        err = com_send_blokk(cmd,lng);
        if(err){
            printf("%d\n",err);
            exit(i++);
        }
    }
}
```

```

    }
    i = 1;
    lng = 0;
    timeout=TIME_OUT;
    j=0;
    flag=1;
    timeout=TIME_OUT;
    while (flag)
    {
        /* Check receiver data ready? */

        /* Receive data */
        err = com_rec_char(&ch,timeout);
        if(err){
            printf("%d\n",err);
            exit(i++);
        }
        text[j] = ch;
        if (text[j] == 0x0d){
            text[j+1]='\0';
            flag=0;
            printf("\nReceived data : %s\n",text);
        }
        else
        { /* Check timeout */
            timeout--;
            if (timeout == 0)
            {
                flag = 0;
                printf("\nTimeout error\n");
            }
        }
        j++;
    }
    printf("\nInput command :");
    gets(cmd);
}

```

6.1.5. Az ADAM 4000-es protokoll néhány alaputasítása [3]

a/ Analóg adat beolvasása

- egycsatornás eszköz esetén: **#AA(cr)**, ahol # egy elválasztó karakter, AA reprezentálja a modul hexadecimális hardvercímét és (cr) jelenti az ún. kocsivissza karaktert (0DH),
- többcsatornás modul esetén: **#AAN(cr)**, ahol # egy elválasztó karakter, AA reprezentálja a modul hexadecimális hardvercímét, N az eszközön belül

megcímezendő csatorna decimális címe és (cr) jelenti az ún. kocsivissza karaktert (0DH).

Válasz: >(adat)(cr), ahol > egy elválasztó karakter, az (adat) reprezentálja mérnöki mértékegységben a mért eredményt és (cr) jelenti az ún. kocsivissza karaktert (0DH).

b/ A modul konfigurációs státuszának lekérdezése: \$AA2(cr), ahol \$ egy elválasztó karakter, AA a modul hexadecimális címe (00H-FFH), 2 jelenti magának a parancsnak a kódját és (cr) az ún. kocsivissza karaktert (0DH).

Válasz: !AATTCCFF(cr), ahol ! egy elválasztó karakter, , AA a modul hexadecimális címe (00H-FFH), TT mutatja a bemenő jeltartomány kódját és CC reprezentálja a baud-sebesség kódját. FF egy összetett hexadecimális kód, amely 8 biten szemlélteti az adatformátumot, a hibafigyelő kódot (ún. checksum status) és a mérés integrálási idejét.

A fentieket a 3. táblázatba foglaltuk össze.

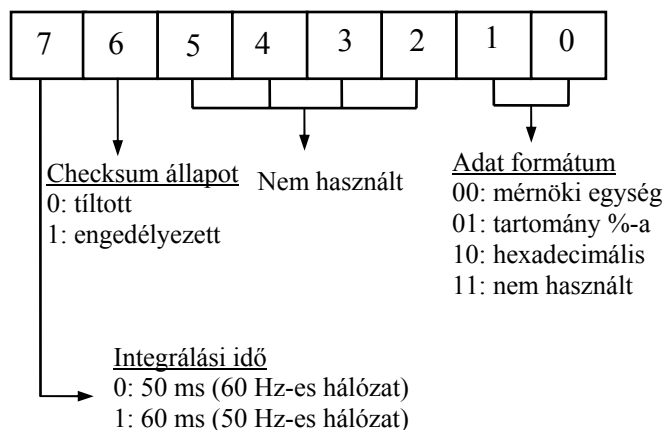
Válasz: ?AA(cr), amennyiben a kiadott állapotlekérdező parancs valamilyen oknál fogva érvénytelen volt.

A bemeneti jeltartomány hexadecimális kódja	A bemeneti jeltartomány
08	$\pm 10\text{ V}$
09	$\pm 5\text{ V}$
0A	$\pm 1\text{ V}$
0B	$\pm 500\text{ mV}$
0C	$\pm 150\text{ mV}$
0D	$\pm 20\text{ mA}$

a/ Az
ADAM 4017
modul bemeneti
jeltartományai

A baud sebesség hexadecimális kódja	A baud sebesség
03	1200 bps
04	2400 bps
05	4800 bps
06	9600 bps
07	19,2 Kbps

b/ Az ADAM 4017 modul baud sebességei



c/ Az ADAM modulok állapot bájtja

Bemenet jeltartomány hexadecimális kódja	Az ADAM 4011 modul bemeneti jeltartományai
00	± 15 mV
01	± 50 mV
02	± 100 mV
03	± 500 mV
04	\pm V
05	± 2.5 V
06	± 20 mA ¹
0E	Type J Thermocouple 0° to 760 °C
0F	Type K Thermocouple 0° to 1000 °C
10	Type T Thermocouple - 100° to 400 °C
11	Type E Thermocouple 0° to 1000 °C
12	Type R Thermocouple 500° to 1750 °C
13	Type S Thermocouple 500° to 1750 °C
14	Type B Thermocouple 500° to 1800 °C

Bemenet jeltartomány hexadecimális kódja	Az ADAM 4012 modul bemeneti jeltartományai
08	± 10 V
09	± 5 V
0A	± 1 V
0B	± 500 mV
0C	± 150 mV
0D	± 20 mA ¹

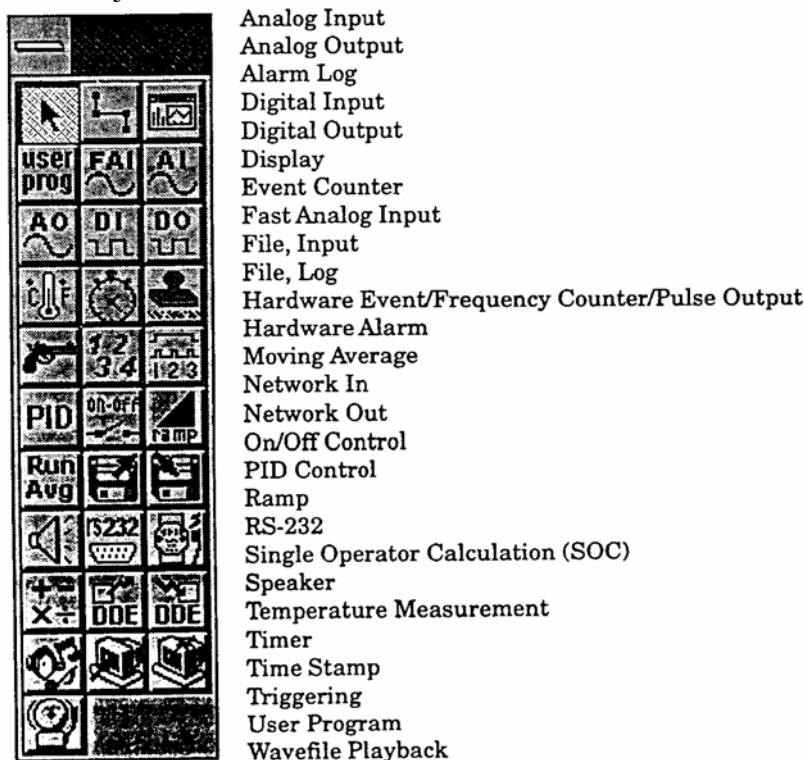
d/ Az ADAM modulok bemenő jeltartományai és azok kódja

3. táblázat

6.2. Egy- vagy többgépes host üzemmód GENIE objektumorientált programmal

A GENIE for WINDOWS objektumorientált program alapvetően két fő részből áll:

- a/ az ún. stratégia szerkesztőből,
- b/ az ún. valós idejű futtatóból.



9. ábra

A stratégia szerkesztő segítségével előre megadott könyvtári blokkokkal (9. ábra) meg kell fogalmazni a felhasználó mérés- és irányítástechnikai problémáját. A probléma megfogalmazása négy lépésben történik:

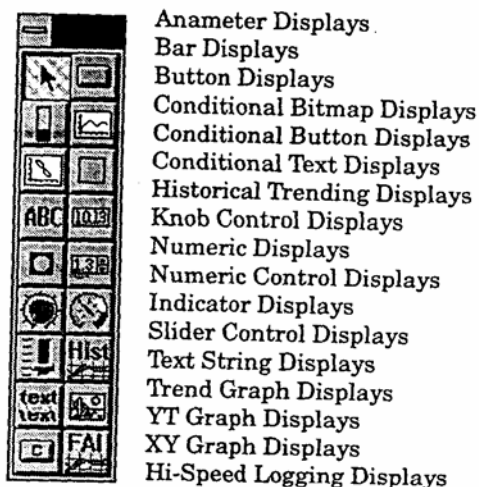
1. a megfelelő blokkok kiválasztása (9. ábra első sor, első elemének aktivizálásával),
2. a kiválasztott blokkok feladat szerinti összehuzalozása (9. ábra első sor, második elemének aktivizálásával),
3. minden blokk feladat szerinti konfigurálása (kettős kattintás a blokk ikonjára s a konfiguráló ablak megnyílik),
4. az eredmények megjelenítésének konfigurálása a kijelző editor segítségével (10. ábra).

Eltérő konfigurálást kell végezni azokon a blokkokon, amelyek a program (GENIE) és a valós idejű működésű hardver (esetünkben az ADAM 4000-es modulok) között teremti meg a kapcsolatot. Ez a konfigurálás két szintű:

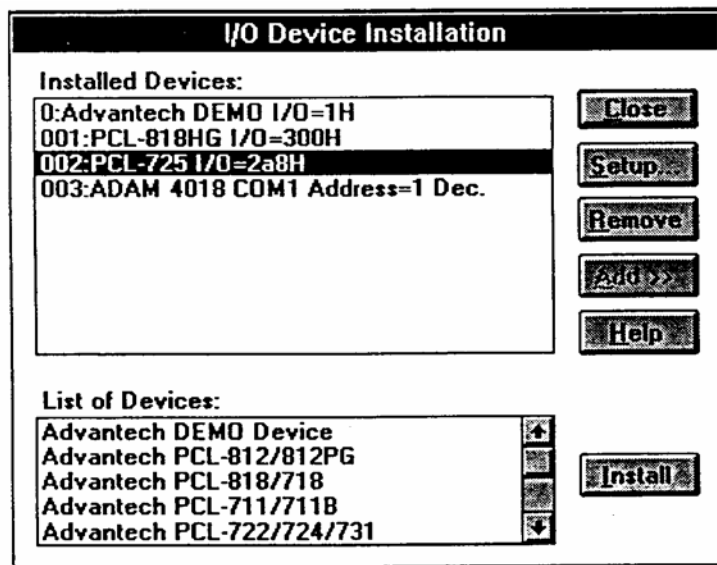
1. a modul kiválasztása a DEVICES könyvtárból (List of devices) (11. ábra) az I/O Device Installation ablak Add és Install opcióival,

2. a kiválasztott modul hálózati elérésének (host RS-232C port címe, a modul hardver címe, baud sebesség) konfigurálása a Setup opcióval.

Display Editor Items



10. ábra



11. ábra

Ha az előbbiek szerint a hardver eszköz installálása megtörtént, akkor a feladathoz kötött blokk az ún. DIALOG BOX-ban konfigurálható. Példaként a 12. ábra mutatja egy analóg bemenet DIALOG BOX-ának felépítését.

Tag: Description:

Device:

Channel:

Input Range:

Exp. Channel:

☐ Establish DDE Link

Update Rate:

OK Cancel Help

12. ábra

A tömeg- vagy térfogatáram méréséhez szükséges összefüggések leképezéséhez elengedhetetlenül szükséges az ún. egyszerű matematikai számításokat elvégző blokk (SOC), amelynek a dialógus ablakját a 13. ábra szemlélteti.

Tag: Description:

First Operand:

Operator:

Second Operand:

Result Data Type:

OK Cancel Help

Swap Operands

13. ábra

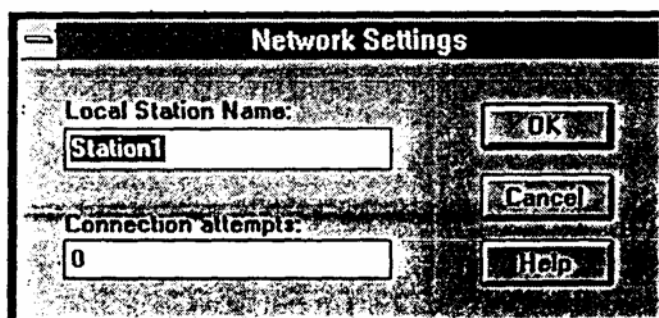
A 4. táblázatba foglaltuk össze a SOC blokk segítségével elvégezhető matematikai műveleteket.

Művelet	A művelet eredménye (kimenet)
+	OP1+OP2
-	OP1-OP2
x	OP1*OP2
/	OP1/OP2
pow	OP1^OP2
*mod	Az OP1/OP2 osztás maradéka
*and	Logikai ÉS OP1 és OP2 operandusokkal
*or	Logikai VAGY OP1 és OP2 operandusokkal
*xor	Logikai KIZÁRÓ VAGY OP1 és OP2 operandusokkal
max	Két operandus OP1 és OP2 közül a nagyobb
min	Két operandus OP1 és OP2 közül a kisebb
>=	A kimenet értéke 1, ha OP1 >= OP2, egyébként 0
<=	A kimenet értéke 1, ha OP1 <= OP2, egyébként 0
>	A kimenet értéke 1, ha OP1 > OP2, egyébként 0
<	A kimenet értéke 1, ha OP1 < OP2, egyébként 0
equ	A kimenet értéke 1, ha OP1 == OP2, egyébként 0
neq	A kimenet értéke 1, ha OP1 nem egyenlő OP2, egyébként 0
abs	A kimenet értéke egyenlő OP1 abszolút értékével
*not	A kimenet értéke egyenlő OP1 negáltjával
inv	A kimenet értéke 1/OP1, vagyis OP1 inverze
sqrt	A kimenet értéke egyenlő OP1 négyzetgyökével
log	A kimenet értéke egyenlő OP1 10-es alapú logaritmusával
ln	A kimenet értéke egyenlő OP1 e alapú logaritmusával
exp	A kimenet értéke egyenlő e^OP1

4. táblázat

A többgépes host rendszeren belüli adatcserékhez és átvitelhez szükséges két blokk (Network In és Network Out), valamint három dialógus ablak:

1. a hálózati jellemzők konfigurálására (14. ábra),



14. ábra

2. a Network In blokk konfiguráló dialógus box (15. ábra),

Network Input Block

Tag: Description:

Remote Station Name:

Remote Block Name:

Data Type:

15. ábra

3. a Network Out blokk konfiguráló dialógus box (16. ábra).

Network Output Block

Tag: Description:

Remote Station Name:

Remote Block Name:

Data Type:

Start/Stop from:

Update Rate:

16. ábra

Az 1-6 fejezetekben leírt ismeretanyaggal most már megoldhatók a 7. fejezetben részletezett gyakorlati feladatok.

7. Mérési feladatok

7.1. Tanulmányozza át az ADEM01.C programot, majd a VISUAL C 1.52 fejlesztőrendszer segítségével állítsa elő a futtatható gépi kódú fájlt. Próbálja ki az ADAM 4000-es protokollt az ADAM 4011 és az ADAM 4017 típusú modulok kezelésére. Az RS-232 C felület kezelésénél ne feledkezzen meg a memória rezidens program helyes inicializálásáról.

7.2. Gyűjtse össze a vizes kör áramlástechnikai paramétereit 3. fejezet alapján. Egészítse ki az ADEM01.C programot a következők szerint:

- jelenítse meg mérnöki mértékegységben a nyomáskülönbséget és a hőmérsékletet,

- számolja ki a 3. fejezet összefüggései alapján a pillanatnyi térfogat- és tömegáramot,
- egy perces mérési adatgyűjtés eredményeit mentse el adatállományba,
- a fájl alapján számolja ki az egy órára vonatkozó össztérfogatot illetve az össztömeget.

7.3. Végezze el a 7.2. pontban részletezett feladatokat a levegős körre vonatkozóan.

7.4. A 7.3. pont C-nyelvű programját alakítsa át az ISO 5167-1 alapján iterációs algoritmusúra.

7.5. Készítsen egyszerű adatgyűjtő programot a GENIE objektum orientált szoftver segítségével a vizes körre. A gyűjtött adatokat adatállományba mentse mérnöki mértékegységben.

7.6. Egészítse ki a 7.5. pont programját pillanatnyi térfogat és tömegáram meghatározását is megoldó adatgyűjtővé.

7.7. A 7.5. adatállományában gyűjtött adatok alapján határozza meg:

- az össztérfogatot és az össztömeget,
- az ISO 5167-1 alapján a mérés halmozott (eredő) hibáját.

7.8. Végezze el a 7.5.-7.7. pontok feladatait a levegős körre.

7.9. Dokumentálja és értékelje az elvégzett feladatok eredményeit Word 6.0 és Excel 5.0 segítségével.

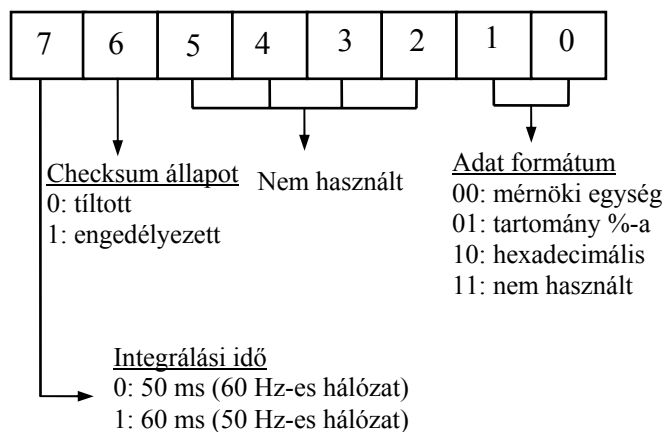
7.10. Készítsen háromgépes host-üzemmódú adatgyűjtőt úgy, hogy csak a valós idejű mért adatokat továbbítja a LAN-on keresztül.

A bemeneti jeltartomány hexadecimális kódja	A bemeneti jeltartomány
08	$\pm 10 \text{ V}$
09	$\pm 5 \text{ V}$
0A	$\pm 1 \text{ V}$
0B	$\pm 500 \text{ mV}$
0C	$\pm 150 \text{ mV}$
0D	$\pm 20 \text{ mA}$

a/ Az ADAM 4017 modul bemeneti jeltartományai

A baud sebesség hexadecimális kódja	A baud sebesség
03	1200 bps
04	2400 bps
05	4800 bps
06	9600 bps
07	19,2 Kbps

b/ Az ADAM 4017 modul baud sebességei



c/ Az ADAM modulok állapot bájtja

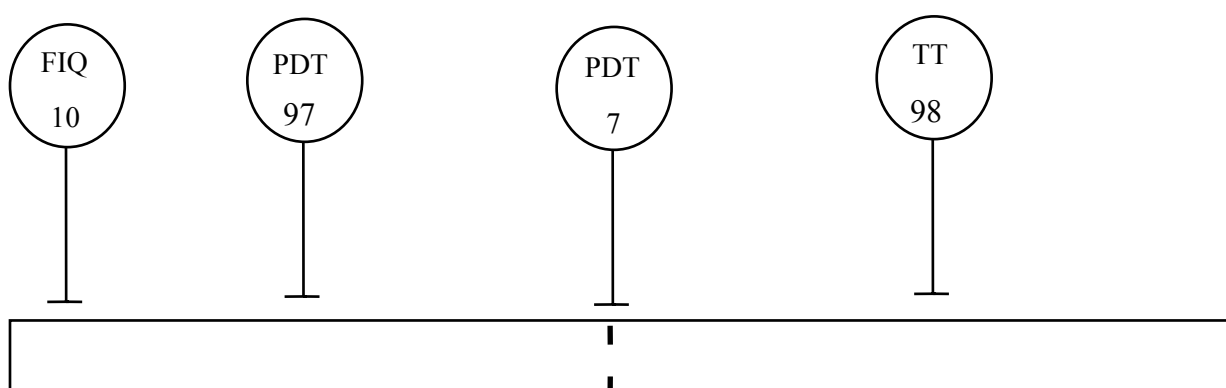
3. táblázat

Bemenet jeltartomány hexadecimális kódja	Az ADAM 4011 modul bemeneti jeltartományai
00	± 15 mV
01	± 50 mV
02	± 100 mV
03	± 500 mV
04	\pm V
05	± 2.5 V
06	± 20 mA ¹
0E	Type J Thermocouple 0° to 760 °C
0F	Type K Thermocouple 0° to 1000 °C
10	Type T Thermocouple - 100° to 400 °C
11	Type E Thermocouple 0° to 1000 °C
12	Type R Thermocouple 500° to 1750 °C
13	Type S Thermocouple 500° to 1750 °C
14	Type B Thermocouple 500° to 1800 °C

Bemenet jeltartomány hexadecimális kódja	Az ADAM 4012 modul bemeneti jeltartományai
08	± 10 V
09	± 5 V
0A	± 1 V
0B	± 500 mV
0C	± 150 mV
0D	± 20 mA ¹

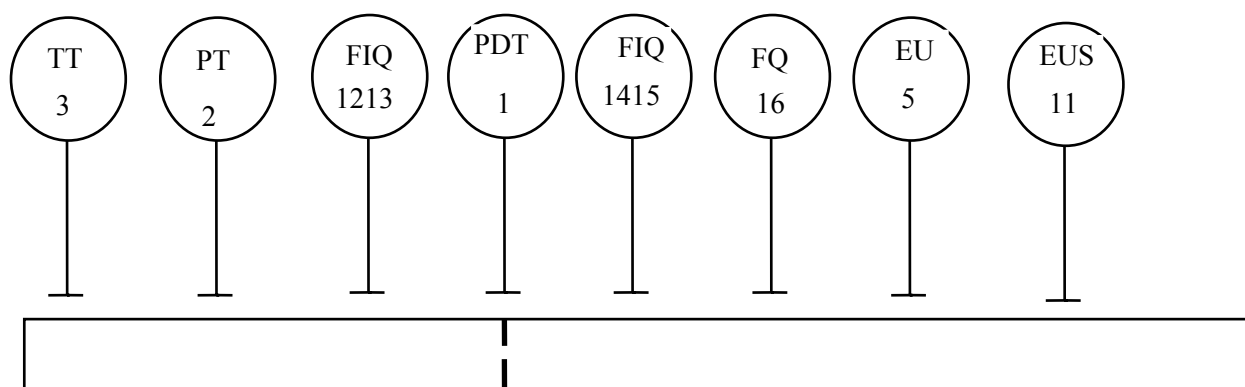
Művelet	A művelet eredménye (kimenet)
+	OP1+OP2
-	OP1-OP2
x	OP1*OP2
/	OP1/OP2
pow	OP1^OP2
*mod	Az OP1/OP2 osztás maradéka
*and	Logikai ÉS OP1 és OP2 operandusokkal
*or	Logikai VAGY OP1 és OP2 operandusokkal
*xor	Logikai KIZÁRÓ VAGY OP1 és OP2 operandusokkal
max	Két operandus OP1 és OP2 közül a nagyobb
min	Két operandus OP1 és OP2 közül a kisebb
>=	A kimenet értéke 1, ha OP1 >= OP2, egyébként 0
<=	A kimenet értéke 1, ha OP1 <= OP2, egyébként 0
>	A kimenet értéke 1, ha OP1 >OP2, egyébként 0
<	A kimenet értéke 1, ha OP1 < OP2, egyébként 0
equ	A kimenet értéke 1, ha OP1 == OP2, egyébként 0
neq	A kimenet értéke 1, ha OP1 nem egyenlő OP2, egyébként 0
abs	A kimenet értéke egyenlő OP1 abszolút értékével
*not	A kimenet értéke egyenlő OP1 negáltjával
inv	A kimenet értéke 1/OP1, vagyis OP1 inverze
sqrt	A kimenet értéke egyenlő OP1 négyzetgyökével
log	A kimenet értéke egyenlő OP1 10-es alapú logaritmusával
ln	A kimenet értéke egyenlő OP1 e alapú logaritmusával
exp	A kimenet értéke egyenlő e^OP1

200-as laboratórium



1. b. ábra A vizes kör teljes műszerezési vázlata

5-ös laboratórium



1 .c. ábra A levegős kör teljes műszerezési vázlata

2 Labor	ADAM.4060 L.96 17683 Cím: ϕ 6H
3	ADAM.4017 L.9667629 Cím: ϕ 5H
4	ADAM.4021 L.9644150 Cím: ϕ 4H
5	ADAM.4011 L.9674447 Cím: ϕ 1H Daptáradó SMART 1151 Rosem ont d= 1151DP4S12B1 0-37,2963kPa 4-20-17 max: 2000 PSI
6	ADAM.4011 L.9674418 Cím: ϕ 3 Kemence
7	ADAM.4050 L.9667289 Cím: ϕ 74

Laboratórium neve/helye ADAM 4000-es eszköz

	Megnevezése	Szimbóluma	Hardver címe	Gyári száma	Jellemzők
4/földszint	ADAM 4520 RS232C/RS485 átalakító	CONV	COM2:		

5/földszint

200/II. emelet

Levegő áramlásmérés a Miskolci Egyetem laboratóriumában
Számítási segédlet
Készítette: Reményi Tibor főmérnök

Példák önkényesen felvett adatokkal

1. Példa

$D = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$
 $d = 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m}$
 $\varepsilon = 0,986$
 $dp = 50 \text{ mbar} = 50 \cdot 10^2 \text{ Pa}$
 $p = 1,05 \text{ bar} = 1,05 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
 $t = +22 \text{ }^\circ\text{C} = 295,15 \text{ K}$
 $\beta = 0,4$

$$q_v(\text{norm}) = C \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} \cdot \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2 \cdot dp} \cdot \frac{1}{\sqrt{\rho_n}} \sqrt{\frac{p \cdot T_n}{p_n \cdot T} \cdot \frac{1}{K}}$$

$$\sqrt{1-\beta^4} = 0,9871 ; \quad \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} = 1,013$$

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 1 - \left[0,41 + 0,35\beta^4 \right] \frac{dp}{\chi \cdot p} = 1 - 0,41896 \frac{50 \cdot 10^2}{1,41 \cdot 1,05 \cdot 10^5} = 1 - 0,01415 = \\ &= 0,98585 \approx 0,986 \end{aligned}$$

$$\frac{\pi}{4} \cdot d^2 = 0,001256$$

$$Re_D \cong 58800 \cong 5,9 \cdot 10^4 \text{ (az áramlás pl. } 250 \frac{m^3}{ó} \text{ várható értékéből kiindulva!)}$$

$$C = 0,6028 \text{ (az MSZ-ISO 5167-1 A.1. táblázatából becsülhető illetve a Stolz egyenletből pontosan számítható!)}$$

$$\rho_n = 1,292 \frac{kg}{m^3} ; \quad \rho_{üz} = 1,239 \frac{kg}{m^3}$$

$$K \cong 1$$

Fentiekből:

$$q_v(\text{norm}) = 0,6028 \cdot 1,013 \cdot 0,986 \cdot 0,001256 \cdot 100 \cdot 0,86166 = 0,06514 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{vn} = 0,06514 \cdot 3600 = 234,5 \frac{m^3}{ó}$$

Ez az eredmény tökéletesen egyezik a "hitelesített" számítógépi programmal számított értékkel !!

A számítás természetesen több lépcsős iteráció eredménye, amit pl. az MSZ-ISO 5167-1 szabvány "D" mellékletéből kiindulva lehet gazdaságosan elvégezni.

2. példa

Minden adat ugyanaz, mint az 1. példában, kivéve a mérőperemen mért nyomáskülönbséget, amely

$$dp = 20 \text{ mbar}$$

Számítás:

$$\varepsilon = 1 - 0,41896 \frac{20 \cdot 10^2}{1,41 \cdot 1,05 \cdot 10^5} = 0,9943$$

A Reynolds szám számításához először q_v várható új értékére van szükségünk. Ez könnyen adódik abból, hogy

$$\sqrt{\frac{dp_2}{dp_1}} = \frac{Q_{v2}}{Q_{v1}} \text{ és } Q_{v2} \cong 0,6325 \cdot 234,5 \cong 148 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

továbbá

$$Re_D = \frac{4 \cdot q_v \cdot \rho}{\pi \cdot \mu \cdot D} \cong \frac{4 \cdot 0,041 \cdot 1,29}{3,14 \cdot 18 \cdot 0,1} \cdot 10^6 \cong 37431$$

Most vagy megoldjuk a C-re vonatkozó Stolz egyenletet (ezt végezheti a gép program!!) vagy kiolvassuk C közelítő értékét a szabvány A.1. Táblázatából.

$$C \cong 0,6037$$

Ezzel

$$q_v = 0,6037 \cdot 1,013 \cdot 0,9943 \cdot 0,001256 \cdot \sqrt{2 \cdot 20 \cdot 10^2} \cdot 0,86166 = 0,0416 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

és

$$Q_{vn} = 0,0416 \cdot 3600 = 149,8 \frac{\text{m}^3}{\text{h}},$$

ami egyezik a hiteles gépi eredménnyel.

Laboratórium neve/helye	ADAM 4000-es eszköz				
	Megnevezése	Szimbóluma	Hardver címe	Gyári száma	Jellemzők
4/földszint	ADAM 4520 RS232C/RS485 átalakító	CONV	COM2:	L9660603	Bemenet: RS232C Kimenet: RS485 Sebesség: 9600 baud
5/földszint	ADAM 4017 8 csatornás analóg bemenet	MCAIM	05H	L9667629	6 differenciál csatorna 2 aszimmetrikus csatorna Bemenet: mV/V/mA
	ADAM 4060 Relés kimeneti modul	REOU	06H	L96 17683	AC: 0,5 A / 120 V DC: 1 A / 24 V Csatornák száma: 4 (2A, 2C)
	PWR-243 DC tápegység	POWER	-	-	24 V DC / 2 A
200/II. emelet	ADAM 4011 Analóg bemeneti modul	AIM	01H	L9674447	Bemenet: mV/V/mA/TC Csatornák száma: 2 Termoelem: J,K,T,E,R,S,B
	ADAM 4011 Analóg bemeneti modul	AIM	03H	L9674418	Bemenet: mV/V/mA/TC Csatornák száma: 2 Termoelem: J,K,T,E,R,S,B
	ADAM 4021 Analóg kimeneti modul	AOUM	04H	L9644150	Kimenet: mA / V DC Tartomány: 0 - 20, 4 - 20 mA 0 - 10 V
	ADAM 4050 Kétállaputú TTL ki/bemenet	DIOM	07H	L9667289	Bemenet: 7 csatorna Kimenet: 8 csatorna Jelszint: max. 30 V DC
	PWR-243 DC tápegység	POWER	-	-	24 V DC / 2 A

Irodalom

1. Béla G. Lipták (EDITOR - IN - CHIEF): Process Measurement and Analysis
Instrument Engineers' Handbook
Third Edition
Chilton Book Company I Randor, Pennsylvania, 1995.
2. Dr. Schnell László (főszerkesztő): Jelek és rendszerek mérés technikája
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
3. ADAM 4000 Series Data Acquisition Modules User's Manual
Advantech Co., Ltd., Taiwan, 1994.
4. GENIE Reference Manual, Data Acquisition and Control Software
American Advantech Corp., Sunnyvale, 1995.

5. Bánhidi László (főszerkesztő): Automatika mérnököknek
Tankönyvkiadó, Budapest 1992.
6. MSZ 1709/3: Folyadékáram mérés. Mérés mérőperemmel.
1967. december 22. (1969. július 1.)p:35.
7. MSZ - ISO 5167-1(tervezet) Első kiadás
Folyadékáram-mérés nyomáskülönbség elvén működő eszközökkel
1991. december 15.
8. Reményi Tibor: Áramlásmérési módszerek összehasonlítása
Torlósöves mennyiségmérők (Előadás vázlatok)
Flow-Cont Kft., Budapest, 1996.
9. Gyuricza István: Az RS-232 soros vonal kezelése
Oktatási segédlet, Miskolc, 1995.
10. Szecső Gusztáv: Mérőperem számítás földgázra
Oktatási segédlet, Miskolc, 1991.
11. Oláh Miklós (szerk.): Automatika laboratóriumi gyakorlatok
Tankönyvkiadó, Budapest, 1991. J14-1611
12. Hütte: A mérnöki tudományok kézikönyve
Springer Hungarica, 1993.