



NUKLEÁRIS TERVEZÉSI FELADAT

Energetikai mérnök MSc. hallgatók részére

Bemutakozás



Név: Farkas Viktor

Elérhetőség: viktor.farkas@reak.bme.hu

Munkahelyek:

- Igazgató KFKI-RegTron Kft.
- BME-EGR megújuló labor
- BME-NTI Oktatóreaktor
- Primex oktatási Kft.
- Országos Elektronikai Konstrukciós Verseny elnökségi tag
- Atalanta Szakképző központ
- Egressy Gábor Kéttannyelvű Műszaki SZKI
- Kálmán System Kft. KFKI



Szakmai tapasztalatok:

- Környezetvédelmi mérőműszer fejlesztés
- Közép és felsőfokú oktatás
- Nukleáris mérés technikai fejlesztések
- Biometrikus azonosító rendszerek sérülékenységi vizsgálata



Tárgyi követelmények

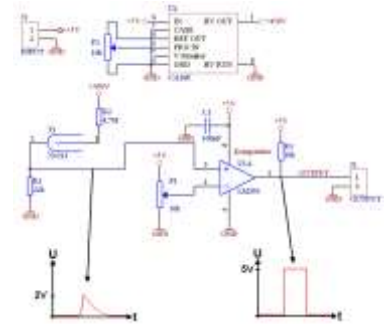
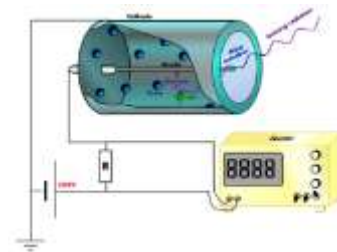
- ▣ Részvétel a foglalkozásokon.
- ▣ Részben adott egy reaktor primerkörü technológiai séma, melyhez megtervezendő, majd megépítendő egy mérőrendszer, valamint egy biztonságvédelmi logika.
- ▣ A tervezést és a kivitelezést dokumentáció követi, melynek tartalmaznia kell a tervezés lépéseit és az adott NBSZ pontoknak való megfelelést.
- ▣ A 14. oktatási héten beadandó a dokumentáció, valamint prezentáció formájában be kell mutatni az elkészült rendszert.
- ▣ Érdemjegyet a csoport a dokumentációra és a prezentációra együttesen kap!

A prezentáció és a dokumentáció formai követelményei

- ▣ A prezentáció maximum 10 diát tartalmazzon.
- ▣ Legyenek benne képek a berendezésről, valamint legyen ismertetve a berendezés működése, a felhasznált eszközök, alkatrészek.
- ▣ Térjenek ki az üzemzavari szituációkra és azok kezelésére.
- ▣ A dokumentáció minimum 10, maximum 15 A4-es oldal terjedelmű legyen!
- ▣ Legyenek benne képek, mind a berendezésről, mind a programról és a fejlesztőkörnyezetről. A képek ne foglalják el az oldalak felét. ☺
- ▣ A berendezés üzemállapotai, valamint az üzemzavari szituációk is kerüljenek részletezésre.
- ▣ Ismertessék a felhasznált eszközöket.
- ▣ A vezérlő programozásához és használatához elengedhetetlen összerendezési táblázat is legyen mellékelve.

Bevezetés

- ▣ Atomreaktorok üzemeltetésének szempontjából fontosak a különböző technológiai adatok
 - vízhőmérséklet (moderátor)
 - vízminőség (primer víz)
 - vízszint (nyitott reaktortartály)
 - nyomás
 - stb.
- ▣ Atomreaktorokban és környezetükben a radioaktív sugárzások jelen vannak
 - érzékszerveinkkel közvetlenül nem érzékelhetők (nem forró, nem sós, nem színes, stb.)
 - élettani hatásai csak később tapasztalhatók (egészségkárosodás)
 - valamilyen eszközzel mérhetővé kell tenni (különféle detektorok, műszerek)



NBSZ előírások

3.3.1.0100. **redundancia, diverzitás**, fizikai és villamos betáplálás szempontjából történő elválasztás, funkcionális elkülönítés és függetlenség, független adatkapcsolat, meghibásodás-védett tervezési elvek

3.4.5.1400. **alapvető biztonsági funkciók** ellenőrzéséhez szükséges paraméterek mérésére

3.4.5.1600. A programozható ABOS 2. (Atomerőművi Rendszerek és Rendszerelemek Biztonsági Osztályba Sorolása) rendszerek és rendszerelemekben futó **szoftver működése legyen determinisztikus**, a **futási ciklusideje nem függhet** a bemeneti jelek kombinációjától, vagy változási sebességétől. ABOS 2. rendszerben valós idő, vagy a redundanciák és diverzitások közötti időzítés szinkronizációs mechanizmus nem használható!

NBSZ előírások

3.4.5.1800. **Korszerű**, ugyanakkor megfelelő üzemi tapasztalatokkal rendelkező berendezéseket kell használni.

- a) legyen elegendő szabad hely az elektronikai helységekben és a szekrényekben,
- b) szabad szabványos csatlakozási lehetőségek későbbi fejlesztésekhez,
- c) szabad memória és feldolgozási kapacitás a komputerekben, valamint
- d) elegendő tartalék adatátviteli kapacitás.

5.2.17.0600. a biztonságvédelmi elemek el kell látni **véghelyzet-jelzővel** és végállás-kapcsolóval

5.2.17.0700. a biztonságvédelmi rendszerének meg kell akadályoznia, hogy az atomreaktor **ellenőrizetlen módon kritikussá váljon**

NBSZ előírások

3.4.5.2300. megfelelő veszélyjelzéseket kell alkalmazni, mely jelzéseket **hangjelzéssel kell ellátni**, valamint a védelmi működéshez tartozó jelzések a határérték-túllépés **megszűnése után** is csak az üzemviteli személyzet beavatkozásával lehetnek **nyugtázhatóak**

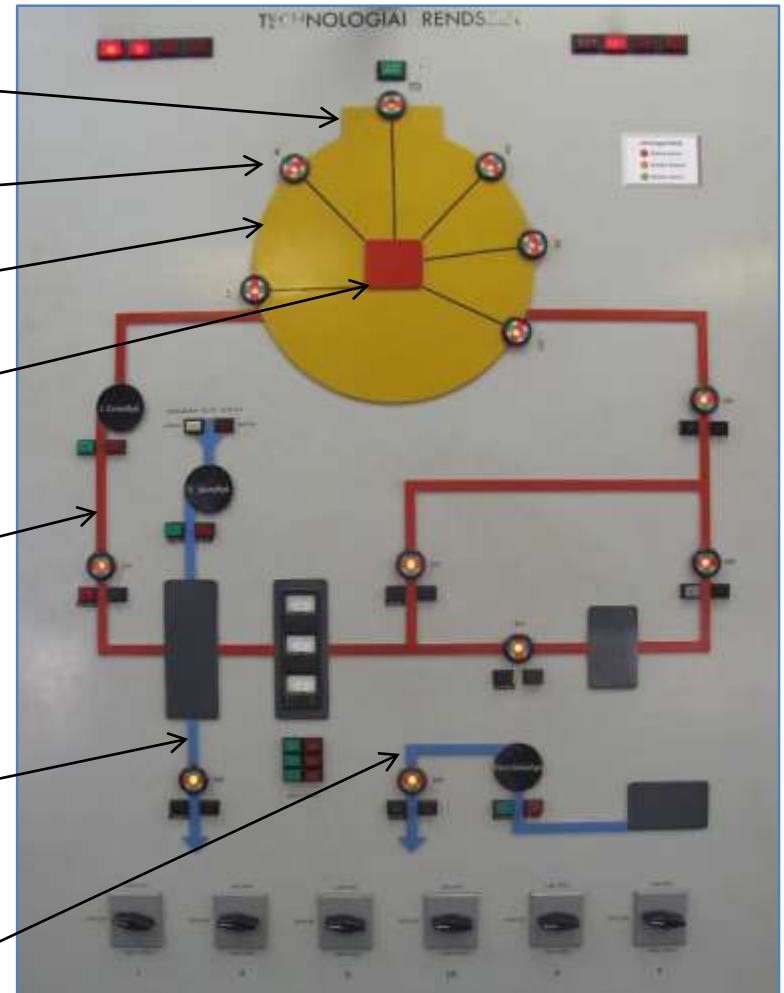
5.2.17.0100. **szubkritikus állapot fenntartása**

5.2.22.0100. a biztonság szempontjából fontos rendszerelemek, mint a műszeres ellenőrzés, vészjelzés és kommunikációs feladatokat ellátó rendszerek, rendszerelemek villamos betáplálását - amennyiben a biztonsági elemzések azt indokolják - **szünetmentes forrásról kell biztosítani**

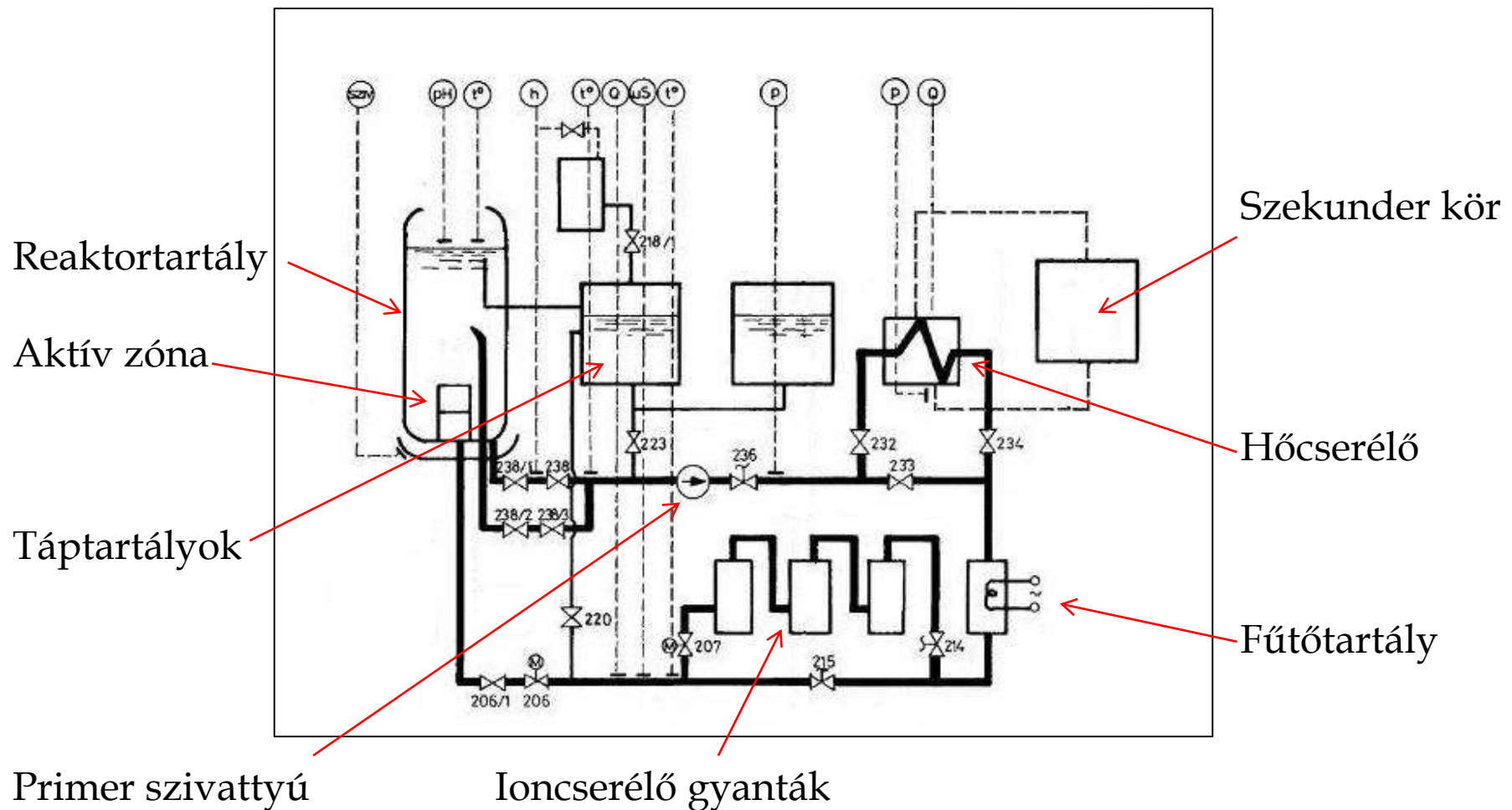
NBSZ ide vonatkozó részei: 3.3.1.0100-5.2.22.2300

BME OR technológiai sémaképe

- ▣ Besugárzó alagút
- ▣ Vízsintes csatornák
- ▣ Reaktortömb
- ▣ Aktív zóna
- ▣ Primer vízkör
- ▣ Szekunder vízkör (nem zárt)
- ▣ Hulladékvíz-kezelő rendszer



Egyszerűsített csőkapcsolási rajz



Technológiai mérőrendszer

- ▣ Primerköri víz hőmérséklet mérés
- ▣ Reaktortartály vízszintmérés
- ▣ Vezetőképesség mérés
- ▣ Forgalmommérés
- ▣ Nyomásmérés
- ▣ pH mérés
- ▣ Egyéb tartályok vízszintmérése



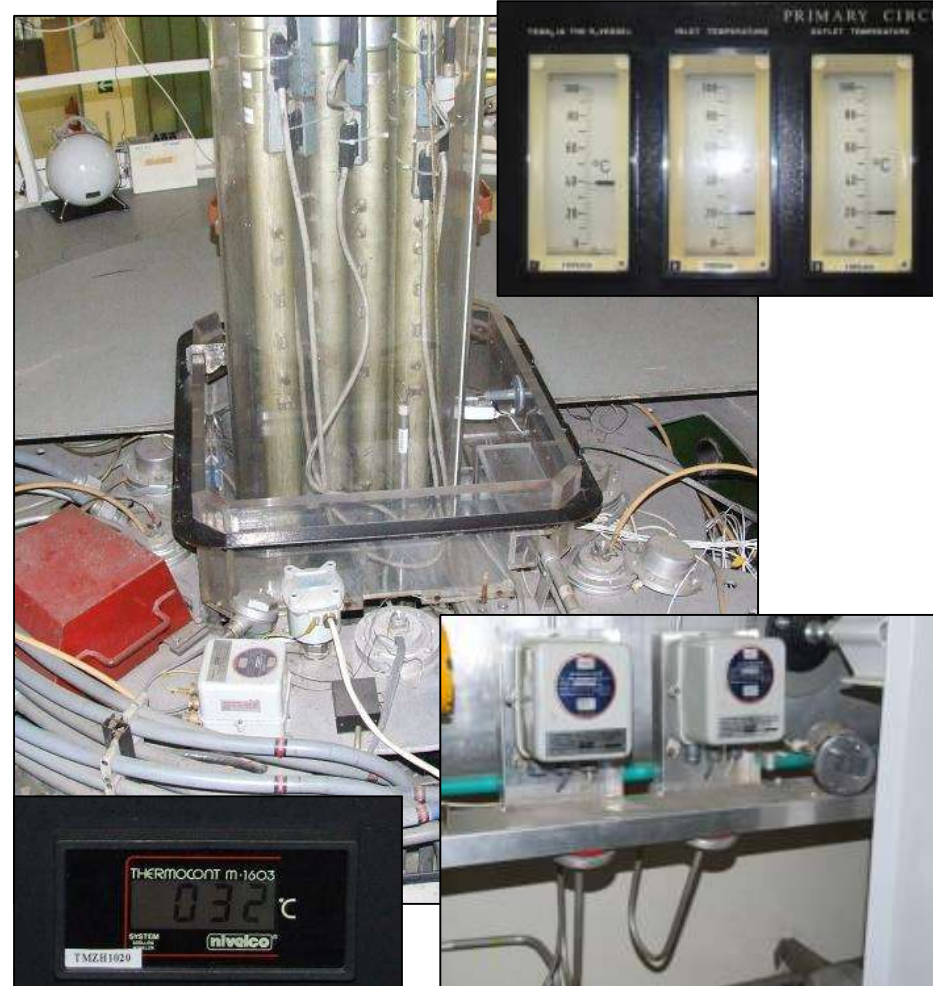
A primerköri víz hőmérséklet mérése

- ▣ Kazetta kilépő hőmérséklet
 - Adott fűtőelem-köteg felett 5 cm-el mérjük.
 - Érzékelők: 1 db K-típusú hőelem.
 - Műszer : Thermocont M-1603 típus.
 - Kijelzés: 0-100 °C.
- ▣ Tartály hőmérséklet
 - A Pt100 1 m mélyen nyúlik a vízbe.
- ▣ Belépő hőmérséklet
- ▣ Kilépő hőmérséklet

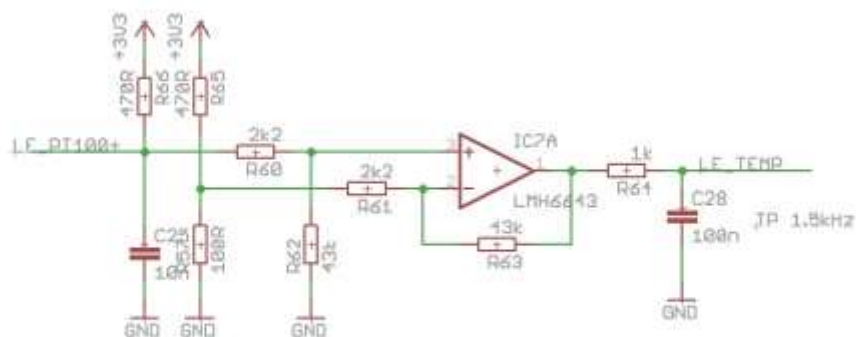
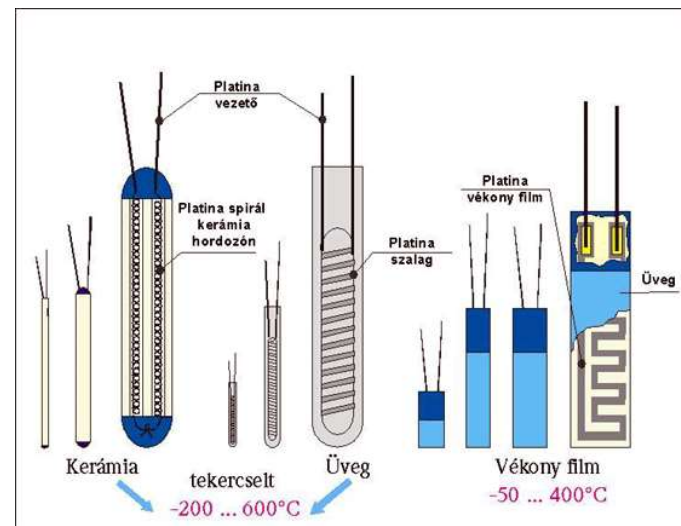
Utóbbi 3 hőmérséklet mérése ellenállás hőmérővel történik. (Pt100)

Távadók: 3 db 4.938.54 típusú (Gamma gyártmány).

Kijelzés: 0-100 °C.



Pt100 és K-típusú hőelem



0°C 100R 0.58V $\Rightarrow$ 0.00V²
 80°C 130R 0.72V $\Rightarrow$ 2.73V²
 160°C 160R 0.84V $\Rightarrow$ 5.07V²



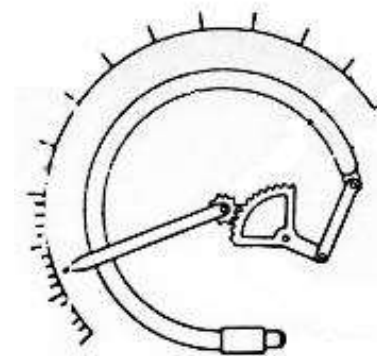
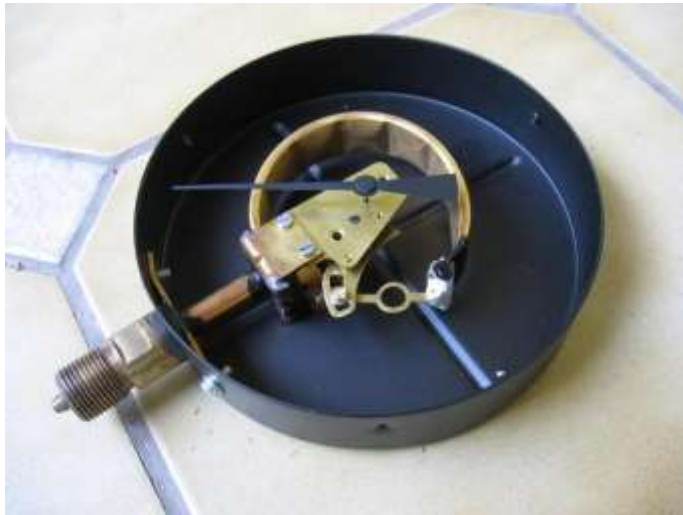
Nyomásmérés

Primer és szekunder nyomás

- ▣ 2 db érzékelővel egybeépített nyomástávadó.
- ▣ Primer körben adott szelepek közé behegesztett impulzuscsövön (a hőcserélő előtt).
- ▣ Szekunderkörben szelepekkel leválasztva a hőcserélő kimenő ágában impulzuscsövön.
- ▣ Mérési tartomány mindkét esetben:
0–5 bar.
- ▣ Üzemi nyomásértékek
 - Primer: 1,2 bar – működő primerkör esetén (0,4 bar, ha nincs primer vízforgalom).
 - Szekunder: 2,5 bar.



Bourdon-csőves nyomásmérő



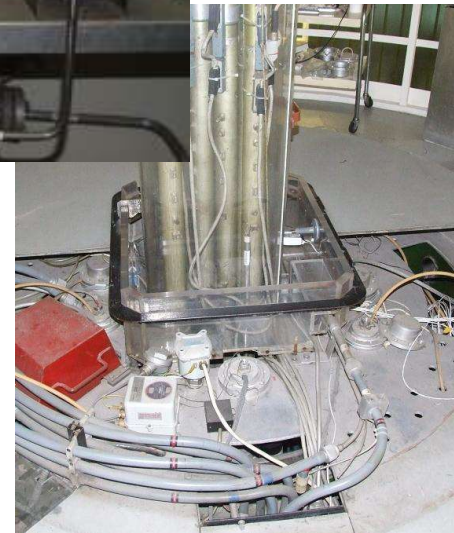
Reaktortartály vízszintmérés

▣ Nyomásmérő és nyomáskapcsoló

- Mérőhely: A primer körben szelepek közé behegesztett impulzuscsőre csatlakozik a távadó és nyomáskapcsoló.
- Érzékelővel egybeépített nyomáskülönbség távadó (C 719.06 típusú Gamma gyártmány; mérési tartomány: 0-310 /1860 mbar).
- Nyomáskapcsoló, 3,5 m alatti vízszint jelzése a portára.

▣ Kapacitív szonda

- Szonda: 1 db Nivocontrol CER típusú kapacitív mérőszonda.
- Műszer: 1 db Nivocontrol CT-10 típusú.
- Mérőhely: a szonda a reaktortartály tetejére van telepítve, 2 m -re nyúlik be a vízbe.



A primerköri víz minősége

▣ Vezetőképesség mérés

- Szonda: 124-01-13 típusú Rosemount gyártmány.
- Távadó: DE 210 C típusú Dameter gyártmány.
- Üzemi korlát: max. 6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (kijelzés 0-10 $\mu\text{S}/\text{cm}$).
- Az érzékelő helye: primer köri csőívben.

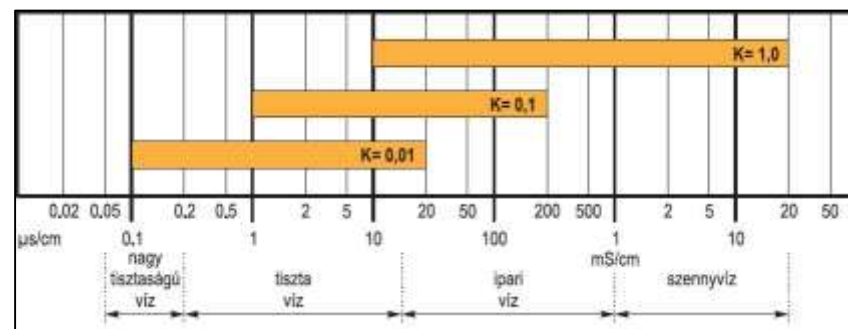
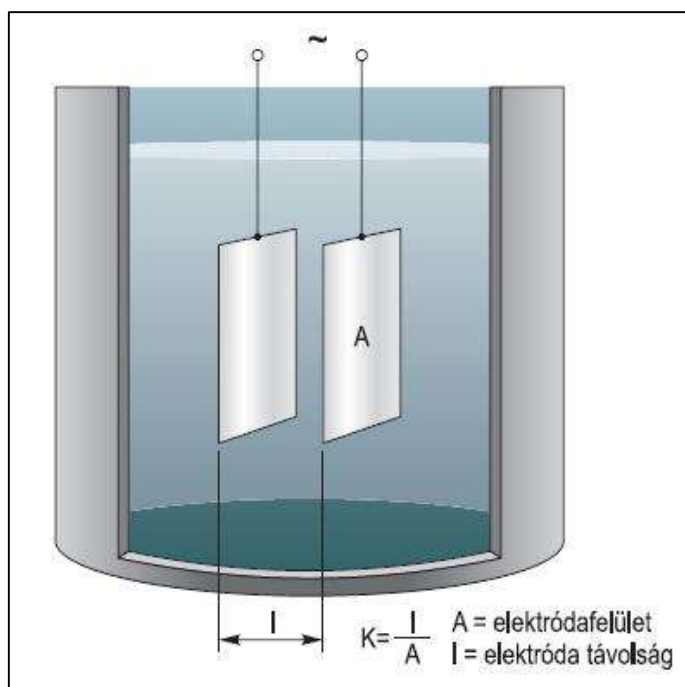


▣ A primerköri víz pH-ja

- Szonda: RA 220 típusú merülő mérőcella.
- Elektronikus illesztőegység: RA 320 típusú.
- Analóg mérőegység: RA 420 típusú.
- Mindhárom készülék Radelkis gyártmányú. A szonda a reaktortartály vízfelületén úszik (belóg a vízbe), az illesztőegység a tartályfedél alatt van elhelyezve.
- Korlát: pH érték 5-7 között (kijelzés: 3-8 pH).



Vezetőképesség mérés



Forgalommérés

▣ Mérőturbinák:

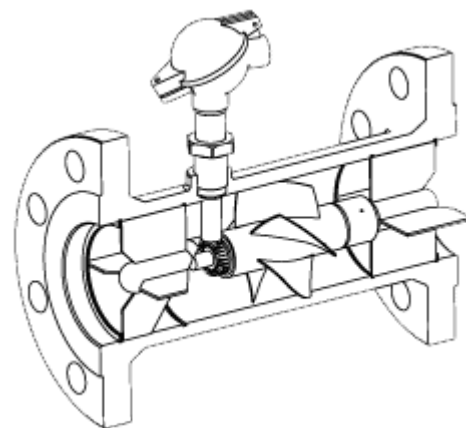
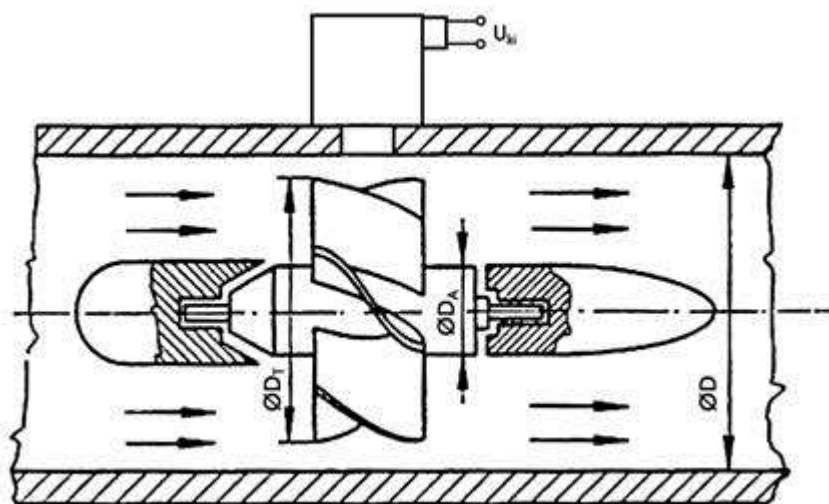
- Primer körben: 1 db HF 3734-25-41 A 001 típusú mérőturbina (Üzemi érték: $6 \text{ m}^3/\text{h}$, kijelzés $0\text{-}10 \text{ m}^3/\text{h}$).
- Szekunder körben: 1 db HF 18/8 típusú mérőturbina (Üzemi érték: $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$, kijelzés $0\text{-}5 \text{ m}^3/\text{h}$).

▣ Mérőegységek:

- 2 db Turboquant 3416-0-112-0 típusú műszer, MMG gyártmányúak.



Mérőturbinák



Egyéb tartályok vízszintmérése

- ▣ Szekunderköri megszakítótartály
 - ▣ I. ellenőrzőtartály
 - ▣ II. ellenőrzőtartály
 - ▣ 5 m³-es hígítótartály
-
- ▣ Szondák: 4 db Nivocontrol C-10 típusú kapacitív mérőszonda.
 - ▣ Műszerek: 4 db Nivocontrol C-10 típusú mérőegység.
-
- ▣ Mérőhelyek: a szondák a megfelelő tartályok tetejére vannak rögzítve.



Az oktatóreaktorban használt gáztöltésű detektorok

- ▣ Kompenzált ionizációs kamra
- ▣ Hasadási kamra



Kompenzált ionizációs kamra

- ▣ **KNK-53M (KHK53M)**
 - Neutron érzékenység:
 $4 \cdot 10^{-14} \text{ [A/(n/cm}^2 \cdot \text{s)]}$
 - Üzemi feszültség: $\pm 500 \text{ V}$,
állítható
 - Mechanikai jellemzők:
 $D_{\text{védőcső}} = 60 \text{ mm}$, $l = 1300 \text{ mm}$



Hasadási kamra

▣ KNT-31 (KHT31)

- Termikus neutron érzékenység:
 $0,25 \text{ neutron/cm}^2$
- Detektor feszültség: +500 V
- Mechanikai jellemzők:
 $D_{\text{védőcső}} = 60 \text{ mm}$, $l = 1300 \text{ mm}$



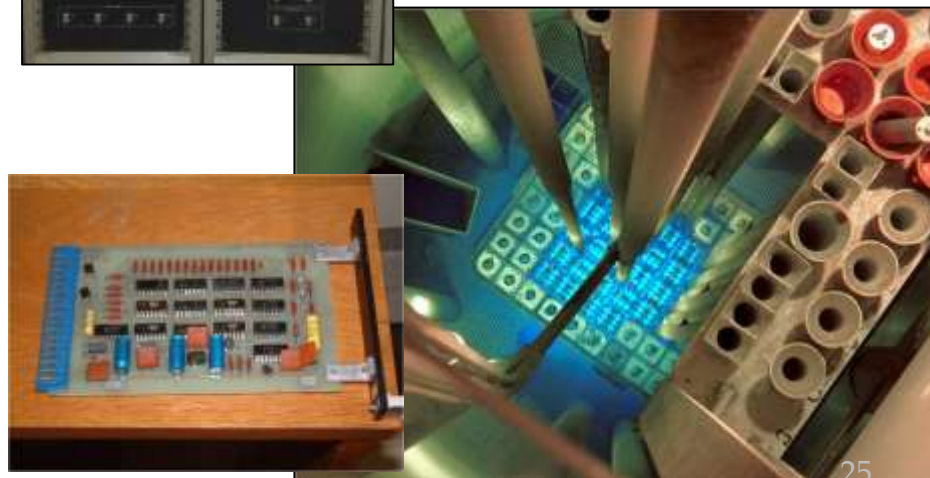
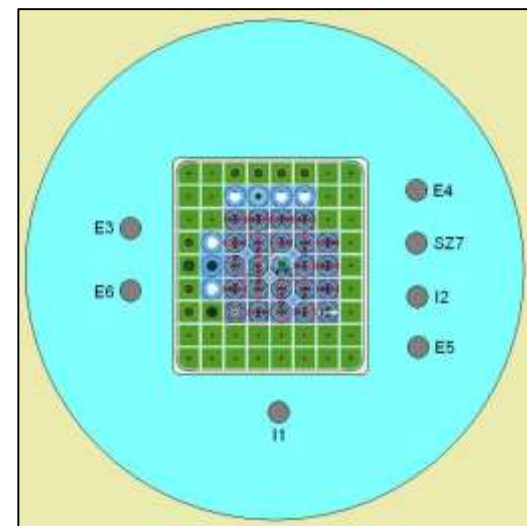
Nukleáris mérőláncok

Redundáns periódus és teljesítményszint védelem (7 db nukleáris mérőlánc)

- ▣ Impulzusláncok (I_1 , I_2)
- ▣ Egyenáramú mérőláncok (E_3 , E_4 , E_5)
- ▣ Szélessávú mérőlánc (SZ₇)
- ▣ Teljesítménymérő és automatikus szabályozólánc (E_6)

A felsorolt mérőláncok egymástól teljesen függetlenek, mindegyik saját mérőkamrával rendelkezik.

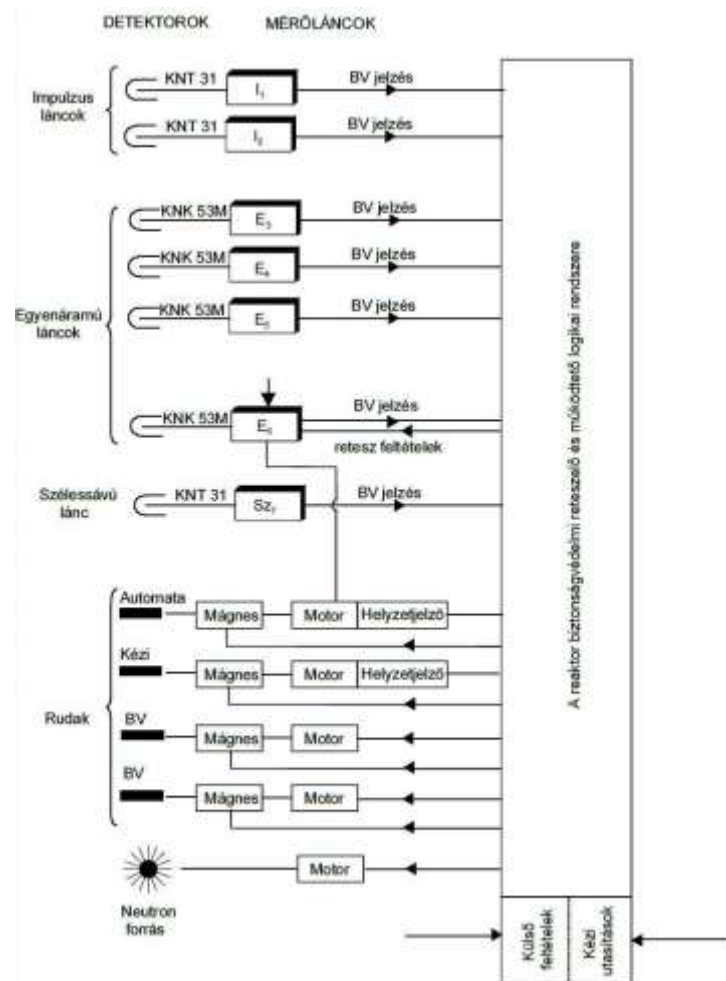
A teljes mérési tartományt a forrástartományban alkalmazott impulzus és a teljesítménytartományban alkalmazott egyenáramú láncok fogják át. A két tartomány között átfedés van. A készülék rack rendszerű, modulokból (kártyákból) áll.



Működés és üzembiztonság

- ▣ Redundáns szint- és periódusvédelmi jel minden tartományban.
- ▣ Biztonsági jelzések a nukleáris mérőláncok felől.
 - Forrás tartomány:
 - ▣ I_1 mérőlánc – szint- és periódusvédelmi jel
 - ▣ I_2 mérőlánc – szint- és periódusvédelmi jel
 - Teljesítmény tartomány:
 - ▣ E_4 mérőlánc – szintvédelmi jel
 - ▣ E_5 mérőlánc – szintvédelmi jel
 - ▣ E_3 mérőlánc – periódusvédelmi jel
 - ▣ SZ_7 mérőlánc – periódusvédelmi jel
- ▣ A mérőláncok biztonsági jelzéseit a biztonságvédelmi logika fogja össze, és generálja a figyelmeztető és adott esetben a biztonságvédelmi rudak működéséhez szükséges vészjeleket.
- ▣ Zárlat, alkatrész meghibásodás, szakadás és egyéb hibák esetén vészjelzés.
- ▣ Minden mérőcsatorna bemenete túlfeszültség védett.

A „LOGIKA” kapcsolata a mérőláncokkal



Az irányítópult jelzései

Az alábbi jelzések a logikán keresztül érkeznek az irányítópultra figyelembe véve a mérőláncok és egyéb berendezések jeleit.

- ▣ A kék mezőben lévő jelzések figyelmeztetések, melyek nem okozzák a reaktor automatikus leállítását.
- ▣ A sárga mezőben lévő jelzések meglétekor a reaktor nem indítható, ugyanakkor működés közben nem áll le.
- ▣ A piros mezőben lévő jelzések a reaktor automatikus leállítását eredményezik.

