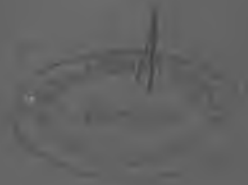


Vol. 17. No. 4. 1969

OLVASOTEJMI FELDANY



9770 51827

KFKI

KÖZLEMÉNYEK

ВШЦЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ИНСТИТУТА ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

REPORTS OF THE CENTRAL RESEARCH INSTITUTE FOR PHYSICS

Szerkeszti: Ádám András
Редактор: А.Адам
Editor: A. Adám

MTA KÖZPONTI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZET KÖNYVTÁR- ÉS KIADÓI OSZTÁLYA
БИБЛИОТЕКА И ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ОТДЕЛ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ИНСТИТУТА ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕНГЕРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
CENTRAL RESEARCH INSTITUTE FOR PHYSICS LIBRARY AND DOCUMENTATION DEPARTMENT
BUDAPEST, 114. POB 49.

Technikai szerkesztő: Nagy Imréné
Megjelent: 1969. aug. 7.

Példányszám: 320
Rotaszám: 4674

A kiadásért felelős: Jánossy Lajos

Megjelenik: kéthavonta
Előfizethető a 173.144-52. MNB bevételi számlán
Előfizetési díj: egyes szám 5,-Ft, egy évre: 30,-Ft /6 szám/

Vol. 17. No. 4. 1969.

T A R T A L O M

	<u>Old.</u>
1. Salamon Tamás: Boson-operátor függvények normál és anti-normál alakjai közötti összefüggések	199
2. Végh Endre: Habelbarger kóddal védett információ várható meghibásodásainak analízise	207
3. Szabó Pál: Állandó szóhosszuságu szinkronizált bináris kód	217
4. Erdélyvári István: A Központi Fizikai Kutató Intézetből és az Izotóp Intézetből eltávozó szennyvíz radioaktív szennyezettségének ellenőrzése	223



РЕЗЮМЕ

1. Зависимости между нормальными и анти-нормальными видами функций бозонных спектров

Т. Шаламон

Выведены общие зависимости, представляющие связи между нормальными и анти-нормальными видами функций бозонных операторов. В качестве примера определены несколько анти-нормальных видов.

2. Анализ вероятности ошибок информации, защищенной кодом Гагельбергера

Э. Вег

Рассматривается вероятность ошибок информации, защищенной кодом Гагельбергера при передаче её по каналу с высоким уровнем шумов. Показывает, что эта вероятность не может быть меньше величины

$$P_{j\min} = Qp_e^2$$

где p_e — вероятность ошибочной передачи одного бита, Q — постоянная, зависящая от избыточности кода. Приводятся вероятности ошибочной передачи информации, защищенной кодом Гагельбергера (2,1) и (4,3) на основании проведенных измерений на будапештской телефонной сети. Экспериментальные и теоретические результаты сравниваются.

3. Синхронизированный двоичный код постоянной длины

П. Сабо

Описываются оптимальные при данных условиях возможности осуществления синхронизированного двоичного кода постоянной длины, содержащего любую цифровую информацию, реализуемого и дешифрируемого простыми схемами. Определяются максимальное число информационных битов, передаваемых данным числом синхронизированных битов; оптимальное распределение синхронизирующих битов, эффективность кодирования, а также расположение синхронизирующих битов в кодовых словах.

3. Контроль активности сточных вод в Центральном институте физических исследований

И. Эрдейвари

Сточные воды, выводимые из рабочих мест ЦИФИ и Института изотопов, подверженных радиационной опасности, оставляют территорию института после двойного контроля. Активность измеряется первый раз перед выпуском из сборных-контрольных колодцев, находящихся поблизости от рабочих мест, а потом - непрерывно работающей станцией набора проб и измерения активности сточных вод, созданной недалеко от забора института. Станция дает возможность для непрерывного измерения и регистрации удельной активности гамма-излучателей и количества (в м³/час) уходящих сточных вод; для автоматического или ручно-управляемого "моментального опробования" при увеличении удельной гамма-активности; а также для непрерывного равномерного набора пробы для измерения средней активности.

S u m m a r i e s

1. Relations between the Normal and Anti-normal Forms of the Functions of Bosonians

T. Salamon

General expressions are formulated in terms of which the normal and anti-normal forms of the functions of Bosonians can be related. For illustration some anti-normal forms are determined.

2. Monitoring of Waste Water Activity in the Central Research Institute for Physics.

I. Erdélyvári

The waste water discharged from the radioactive laboratories of the Central Research Institute for Physics and the Institute of Isotopes is checked twice before leaving the area of the Institutes. The activity is measured first in the collector shafts located near the exposed premises, then at the continuously operated measuring and sampling station installed near the boundary of the establishment. At this station the gamma activity of the waste water is measured and recorded currently day and night, "24 hour average" sampling is routinely performed, the

discharge rate /m³/min./ of the water is also currently measured and recorded. If the gamma activity level of the water increases above a given value a device for instantaneous sampling is switched on automatically or manually.

3. A Synchronized Binary Code of Fixed Word Length

P. Szabó

Some possibilities of the construction of a synchronous binary code, optimum under the given conditions, with fixed word length, containing arbitrary message digits and to be handled by simple coding circuits are discussed. The maximum possible number of the message digits which can be handled by a given number of synchronizing digits, the optimum distribution of the synchronizing digits, the coding efficiency, and the proper placing of the synchronizing digits in the code-words are determined.

4. Error Probability of Information Protected by Hagelbarger Code

E. Vegh

The error probability of information protected by Hagelbarger code is discussed. It was found that it is higher than the minimum

$$P_{jmin} = Qp_e^2$$

where p_e is the error probability of one transmitted bit and Q a constant depending on the code redundancy. The error probability of information protected by /2,1/ and /4,3/ Hagelbarger code is evaluated. Experimental and theoretical results are compared.

BOSON-OPERÁTOR FÜGGVÉNYEK NORMÁL ÉS ANTI-NORMÁL ALAKJAI KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK

Írta: Salamon Tamás

Összefoglalás

Általános összefüggéseket vezetünk le, melyek kapcsolatot teremtenek a boson-operátor függvények normál és antinormál alakjai között. Illusztrálásképpen meghatározunk néhány anti-normál alakot.

Bevezetés

Előző közleményünkben [1] ismertettünk egy új módszert a boson-operátor függvények normál alakjainak meghatározására, és abban jeleztük, hogy a koherens állapotok segítségével a normál alakok ellentétje, az anti-normál alakok is megkaphatók.

Jelen dolgozat célja egy operátor függvény e két rendezett alakjai között található összefüggések megkeresése, hogyan lehet egyikből a másikat megkapni és fordítva.

Anti-normál alakon azt a hatványsort értjük, melynek minden tagjában az összes eltüntető operátor (a) valamennyi keltő operátort (a^+) megelőz.

Matematikailag kifejezve:

$$F_A(a, a^+) = \sum_{n,m} d_{n,m} (a)^n (a^+)^m \quad /1/$$

Anti-normál alak előállítása normál alakból

Legyen $F(a, a^+)$ valamilyen operátor függvényünk, amelyre természetesen fennállnak a következő azonosságok:

$$F(a, a^+) \equiv F_N(a, a^+) \equiv F_A(a, a^+) \quad /2/$$

ahol F_N és F_A a normál és anti-normál alakot jelöli. Tegyük fel, hogy függvényünk normál alakját már ismerjük [1].

Induljunk ki a következő azonosságból:

$$F(a, a^+) \equiv F_A(a, a^+) = F_A(a, a^+) \cdot I = \sum_{n,m} d_{n,m} (a)^n \frac{1}{\pi} \int d^2\alpha |\alpha\rangle\langle\alpha| (a^+)^m$$

$$= \frac{1}{\pi} \int d^2\alpha F_A(\alpha, \alpha^*) |\alpha\rangle\langle\alpha|$$

ahol az egységoperátort I -t koherens reprezentációban írtuk fel [2], és figyelembe vettük $1/(-t)$.

Szorozzuk meg a fenti egyenlőséget balról $\langle -\beta|$ -val, jobbról $|\beta\rangle$ -val, akkor

$$\langle -\beta| F(a, a^+) |\beta\rangle = \frac{1}{\pi} \int d^2\alpha F_A(\alpha, \alpha^*) \langle -\beta|\alpha\rangle \langle\alpha|\beta\rangle$$

A negatív koherens állapotot C.L. Mehta vezette be [3], és a számunkra szükséges könnyen igazolható skalárszorzat összefüggések a következők:

$$\langle -\beta|\beta\rangle = e^{-2\beta\beta^*} \neq 1$$

$$\langle -\beta|\alpha\rangle = \exp\left\{-\frac{1}{2}\beta\beta^* - \frac{1}{2}\alpha\alpha^* - \beta^*\alpha\right\} \quad /3/$$

$$\langle\alpha|\beta\rangle = \exp\left\{-\frac{1}{2}\alpha\alpha^* - \frac{1}{2}\beta\beta^* + \alpha^*\beta\right\}$$

Az egyenlőségünkbe behelyettesítve a megfelelő értékeket, kapjuk

$$\langle -\beta| F(a, a^+) |\beta\rangle = e^{-\beta\beta^*} \frac{1}{\pi} \int d^2\alpha F_A(\alpha, \alpha^*) e^{-\alpha\alpha^*} e^{\alpha^*\beta - \beta^*\alpha} \quad /4/$$

Mivel az $\alpha^*\beta - \beta^*\alpha$ imaginárius mennyiség, így $\pi\langle -\beta|F|\beta\rangle e^{\beta\beta^*}$ kifejezés az $F_A(\alpha, \alpha^*) e^{-\alpha\alpha^*}$ két változós Fourier transzformáltja, és az inverz transzformációval a következőt kaphatjuk [4],

$$F_A(\alpha, \alpha^*) e^{-\alpha\alpha^*} = \frac{1}{\pi^2} \int d^2\beta \pi \langle -\beta|F(a, a^+) |\beta\rangle e^{\beta\beta^*} e^{\beta^*\alpha - \beta\alpha^*}$$

vagyis

$$F_A(\alpha, \alpha^*) = \frac{e^{\alpha\alpha^*}}{\pi} \int d^2\beta \langle -\beta|F(a, a^+) |\beta\rangle e^{\beta\beta^*} e^{\beta^*\alpha - \beta\alpha^*}$$

Ismeretes [1], hogy az integrálban szereplő skalárszorzat nem más, mint az eredeti függvényünk normál alakja, - amit feltevésünk szerint ismerünk - megszorozva $e^{-2\beta\beta^*}$ -al, így

$$F_A(\alpha, \alpha^*) = \frac{e^{\alpha\alpha^*}}{\pi} \int d^2\beta F_N(\beta, -\beta^*) e^{-\beta\beta^*} e^{\beta^*\alpha - \beta\alpha^*}$$

Figyelembe véve a normál alak /1/-hez hasonló hatványsorba fejtését, valamint a következő azonosságot [4] :

$$\frac{1}{\pi} \int d^2\beta (\beta^n) (-\beta^*)^m e^{-\beta\beta^*} e^{\beta^*\alpha - \beta\alpha^*} = \left(-\frac{\partial}{\partial\alpha^*}\right)^n \left(-\frac{\partial}{\partial\alpha}\right)^m e^{-\alpha\alpha^*} \quad /5/$$

az anti-normál alak általános formában az alábbiakban írható:

$$F_A(\alpha, \alpha^*) = e^{\alpha\alpha^*} F_N\left(-\frac{\partial}{\partial\alpha^*}, -\frac{\partial}{\partial\alpha}\right) e^{-\alpha\alpha^*} \quad /6/$$

ahol a normál alak komplex változójának helyébe ezen változók szerinti differenciálási utasítás lépett. A differenciálási utasítás megszüntetésére tovább alakítjuk az /5/ egyenlet jobb oldalát.

$$e^{\alpha\alpha^*} \left[\left(-\frac{\partial}{\partial\alpha^*}\right)^n \left(-\frac{\partial}{\partial\alpha}\right)^m e^{-\alpha\alpha^*} \right] = e^{\alpha\alpha^*} \left[\left(-\frac{\partial}{\partial\alpha^*}\right)^n (\alpha^*)^m e^{-\alpha\alpha^*} \right]$$

vagy pedig

$$= e^{\alpha\alpha^*} \left[\left(-\frac{\partial}{\partial\alpha}\right)^m (\alpha)^n e^{-\alpha\alpha^*} \right]$$

Mivel [] -beni kifejezés szimmetrikus α és α^* -ban, ezért az általánosság megszorítása nélkül feltehetjük, hogy pl. $n \geq m$, így bevezetve $\alpha^*\alpha = t$ változót, és $\frac{\partial}{\partial\alpha^*} = \frac{\partial}{\partial t} \alpha$ kapjuk

$$\begin{aligned} e^{\alpha\alpha^*} \left[\left(-\frac{\partial}{\partial\alpha^*}\right)^n (\alpha^*)^m e^{-\alpha\alpha^*} \right] &= e^t \cdot (-\alpha)^n (\alpha)^{-m} \left[\left(\frac{\partial}{\partial t}\right)^m (t^m e^{-t}) \right] \\ &= (-1)^n (\alpha)^{n-m} e^t \left(\frac{\partial}{\partial t}\right)^n (t^m e^{-t}) \\ &= (-1)^n (\alpha)^{n-m} e^t \left(\frac{\partial}{\partial t}\right)^{n-m} e^{-t} \left(e^t \left(\frac{\partial}{\partial t}\right)^m t^m e^{-t} \right) \\ &= (-1)^n (\alpha)^{n-m} e^t \left(\frac{\partial}{\partial t}\right)^{n-m} e^{-t} L_m(t) \end{aligned}$$

ahol $L_m(t)$ Laguerre polinomot jelöl. Két függvény szorzatának magasabb rendű differenciálására vonatkozó Leibnitz szabály értelmében

$$e^{\alpha\alpha^*} \left[\left(-\frac{\partial}{\partial\alpha^*} \right)^n (\alpha^*)^m e^{-\alpha\alpha^*} \right] = (-1)^n (\alpha)^{n-m} \sum_{\ell=0}^{n-m} \binom{n-m}{\ell} (-1)^\ell \left(\frac{\partial}{\partial t} \right)^{n-m-\ell} L_m(t)$$

$$= (-1)^n (\alpha)^{n-m} \sum_{\ell=0}^{n-m} \binom{n-m}{\ell} (-1)^\ell L_m^{(n-m-\ell)}(t)$$

ahol $L_m^{(n-m-\ell)}(t)$ általánosított Laguerre polinomot jelöl [5] :
Ezen eredmény figyelembevételével /6/-t írhatjuk

$$F_A(\alpha, \alpha^*) = \sum_{n,m} C_{n,m} e^{\alpha\alpha^*} \left(-\frac{\partial}{\partial\alpha^*} \right)^n \left(-\frac{\partial}{\partial\alpha} \right)^m e^{-\alpha\alpha^*}$$

$$= \sum_{n \geq m, n} C_{n,m} \sum_{\ell=0}^{n-m} (-1)^{n+\ell} (\alpha)^{n-m} \binom{n-m}{\ell} L_m^{(n-m-\ell)}(\alpha\alpha^*) + \quad /7/$$

$$+ \sum_{n < m, n} \sum_{\ell=0}^{m-n} (-1)^{m+\ell} (\alpha^*)^{m-n} \binom{m-n}{\ell} L_n^{(m-n-\ell)}(\alpha\alpha^*)$$

ahol $C_{n,m}$ az $F_N(\alpha, \alpha^*)$ normálalakú függvény kifejtési együtthatóit jelöli.

Definiáljuk most az ugynevezett anti-normál rendező operátort \mathcal{U} -t. \mathcal{U} hatásában $\alpha \rightarrow a$ illetve $\alpha^* \rightarrow a^+$ argumentum cserét hajtja végre egy $F(\alpha, \alpha^*)$ kétváltozósnak tekintett komplex függvény hatványsorában úgy, hogy a sor minden tagjában az a operátorok megelőzik az a^+ operátorokat. Ennek segítségével a kívánt operátor függvényünk antinormál rendezett alakja /7/-ből egyszerűen kapható:

$$F_A(a, a^+) = \mathcal{U} \left\{ \sum_{n \geq m, n} C_{n,m} \sum_{\ell=0}^{n-m} (-1)^{n+\ell} (\alpha)^{n-m} \binom{n-m}{\ell} L_m^{(n-m-\ell)}(\alpha\alpha^*) + \right.$$

$$\left. + \sum_{n < m, n} C_{n,m} \sum_{\ell=0}^{m-n} (-1)^{m+\ell} (\alpha^*)^{m-n} \binom{m-n}{\ell} L_n^{(m-n-\ell)}(\alpha\alpha^*) \right\} \quad /8/$$

Példák

Miután előző közleményünkben [1] operátor függvények normál alakjait meghatároztuk, a most bemutatásra kerülő példákon keresztül az anti-normál alakokat állítjuk elő normál formák segítségével és az inverz problémát a gyakorlatban nem érintjük.

1./ Határozzuk meg $F(a^+a)$ függvény anti-normál alakját.

$$F_N(\alpha^* \alpha) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\alpha^* \alpha)^n}{n!} \left[\sum_{m=0}^n F_{(m)} \binom{n}{m} (-1)^{n-m} \right]$$

tehát /8/ alapján

$$F_A(a, a^+) = \mathcal{U} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} L_n(\alpha^* \alpha) \frac{(1)^n}{n!} \left[\sum_{m=0}^n F_{(m)} \binom{n}{m} (-1)^{n-m} \right] \right\} \quad /12/$$

2./ Állítsuk elő $F(a^+a) = e^{\lambda a^+ a}$ anti-normál alakját.

$$F_N(\alpha^* \alpha) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(e^\lambda - 1)^n}{n!} (\alpha^* \alpha)^n$$

/8/ egyenletbe helyettesítve

$$\begin{aligned} F_A(a, a^+) &= \mathcal{U} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(e^\lambda - 1)^n}{n!} (-1)^n L_n(\alpha^* \alpha) \right\} \\ &= e^{-\lambda} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(1 - e^{-\lambda})^n}{n!} (a)^n (a^+)^n \end{aligned} \quad /13/$$

ahol felhasználtuk a Laguerre polinomok generátor függvényére vonatkozó összefüggést [5] .

3./ Adjuk meg $F(a^+a) = (\lambda a^+ a)^k$ függvény anti-normál alakját, ahol k tetszőleges pozitív egész szám.

Inverz probléma - normál alak előállítás anti-normál alakból

Az eddigiekben ismerttetett összefüggések módot nyújtanak az inverz probléma megoldásához is, vagyis ha ismert egy operátor függvény anti-normál alakja, hogyan származtatható belőle a normálalak? A /4/ összefüggést írhatjuk

$$F_N(\beta, -\beta^*) e^{2\beta\beta^*} = e^{-\beta\beta^*} \frac{1}{\pi} \int d^2\alpha F_A(\alpha, \alpha^*) e^{-\alpha\alpha^*} e^{\alpha^*\beta - \beta^*\alpha}$$

$$F_N(\beta, -\beta^*) = \sum_{n,m} d_{n,m} \frac{e^{+\beta\beta^*}}{\pi} \int d^2\alpha (\alpha)^n (\alpha^*)^m e^{-\alpha\alpha^*} e^{\alpha^*\beta - \beta^*\alpha}$$

a jobb oldalt /5/ segítségével írhatjuk

$$F_N(\beta, -\beta^*) = e^{+\beta\beta^*} \sum_{n,m} d_{n,m} \left(-\frac{\partial}{\partial\beta^*}\right)^n \left(\frac{\partial}{\partial\beta}\right)^m e^{-\beta\beta^*}$$

vagyis

$$F_N(\beta, -\beta^*) = e^{\beta\beta^*} F_A\left(-\frac{\partial}{\partial\beta^*}, \frac{\partial}{\partial\beta}\right) e^{-\beta\beta^*} \quad /9/$$

Ez az összefüggés teljesen hasonló /6/-hoz, és így a differenciálási utasítást azonos módon tüntethetjük el. Végeredményben kapjuk

$$F_N(\beta, -\beta^*) = \sum_{n,m} d_{n,m} \sum_{\ell=0}^{n-m} (-\beta)^{n-m} (-1)^\ell \binom{n-m}{\ell} L_m(\beta\beta^*) \quad /10/$$

általános kifejezést a normál alakra, ahol $d_{n,m}$ függvényünk anti-normál alakjának kifejtési együtthatóit jelöli.

[1]-ban bevezettük az \mathcal{H} normál rendező operátort, ennek segítségével a normálalaku operátor függvényünk

$$F_N(a, a^+) = \mathcal{H} \{ F_N(\beta, \beta^*) \} \quad /11/$$

ahol $F_N(\beta, \beta^*)$ -t /10/ adja meg, melyben $(-\beta^*)$ változót β^* -gal kell előbb helyettesítenünk.

$$F_N (\alpha^* \alpha) = \lambda^k \sum_{n=1}^k \sum_{m=1}^n (-1)^m \binom{n}{m} m^k \frac{(-1)^n}{n!} L_n (\alpha^* \alpha)$$

$$F_A (a, a^+) = \mathcal{N} \left\{ \lambda^k \sum_{n=1}^k \frac{(-1)^n}{n!} \left[\sum_{m=1}^n (-1)^m \binom{n}{m} m^k L_n (\alpha^* \alpha) \right] \right\} \quad /14/$$

Végezetül köszönetet szeretnék mondani Király Péter tudományos munkatársnak, aki a Laguerre polinomoknak a cikkben felhasznált tulajdonságaira felhívta a figyelmemet.

I r o d a l o m

- [1] Salamon Tamás: KFKI Közl. 17, 145 /1969/
- [2] Glauber, R.J.: Phys. Rev. 131, 2766 /1963/
- [3] Mehta, C.L.: Phys. Rev. Letters 18, 752 /1967/
- [4] Glauber, R.J.: "Photon Counting and Field Correlations."
Physics of Quantum Electronics; /McGraw - Hill Book
Comp. New York 1966/
- [5] Korn, G.A. and Korn, T.M.: Mathematical Handbook for Scientists and
Engineers /McGraw - Hill Book Comp. INC., New York 1961,
Chap. 21./

Érkezett: 1969. jul. 14.

KFKI Közl. 17.évf. 4. szám, 1969.

HAGELBARGER KÓDDAL VÉDETT INFORMÁCIÓ VÁRHATÓ MEGHIBÁSODÁSAINAK ANALIZISE

Irta: Végh Endre

Összefoglalás

A cikk megvizsgálja a Hagelbarger kóddal védett információinak zajos csatornán történő átvitele során várható meghibásodási valószínűségét. Kimutatjuk, hogy a kóddal védett információ meghibásodási valószínűsége nem lehet kisebb

$$P_{jmin.} = QP_e^2$$

értéknél, ahol P_e a csatorna elemi hibaaránya, Q pedig a kód redundancia arányától függő konstans, amelynek értékét egy pár fontosabb esetre a cikk közli. A budapesti távbeszélőhálózaton végzett mérések alapján a cikk megadja /2,1/ és /4,3/ Hagelbarger kóddal védett információ meghibásodási valószínűségét különböző elemi hibaarányok függvényében.

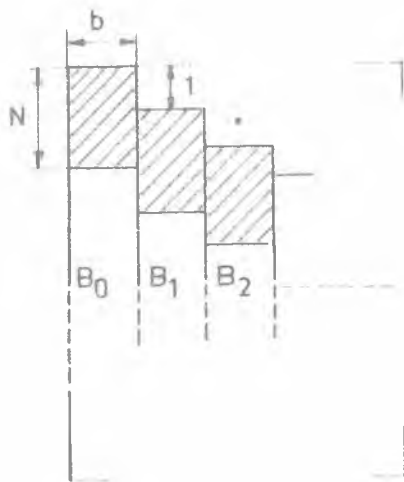
Bevezetés

Hagelbarger 1959-ben dolgozta ki telefonvonalon történő adatátvitel céljára, folt hibát javító kódját, amely meglehetősen hatékonynak és egyszerűen megvalósíthatónak bizonyult. A kód analizisét azonban Hagelbarger publikációja [1] nem tartalmazza, ugyanígy hiányzik ez Peterson, a Hagelbarger kóddal egyébként igen részletesen foglalkozó munkájából [3] is. Mivel a rekurrens kódok analizisét Wyner és Ash elvégezte [4], az ő munkájukra támaszkodva a Hagelbarger kód igen egyszerű analizise adható meg. A kód analitikus tárgyalása módot nyújt a kóddal védett információ várható meghibásodási valószínűségének meghatározására.

A kód analizise

A kódot véletlen hibaeloszlásra alkalmas /Wyner és Ash terminológiája szerint A típusu/ egy hibát javító bináris rekurrens kódból származtatjuk. A kiindulásul választott kód paritás vizsgáló mátrixainak felépíté-

* Elhangzott a "Colloque International sur la Téléinformatique" konferencián. Párizs, 1969. márc. 24-28.



1. ábra

se az 1. ábrán látható, ahol B_0 egy, az egyik irányban végtelen kiterjedésű mátrix, amelynek b oszlopa és végtelen sok sora van, továbbá csak az első N sora tartalmaz egyeneseket /az ábrán vonalkázott rész/. A B_m mátrix B_0 -ból úgy származtatható, hogy a B_m mátrix $/i+m/$ sora megegyezik a B_0 mátrix i sorával, továbbá a B_m mátrix minden $j \leq m$ sora csak nullát tartalmaz. Kimutatható, hogy /4/

$$N = \begin{cases} 1 + \log^2 b & \text{ha } b \neq 2^i \\ 2 + \text{entier } / \log^2 b / & \text{ha } b = 2^i \end{cases} \quad i=1,2,3,\dots \quad /1/$$

valamint a kód R redundancia aránya

$$R = \frac{1}{b} \quad /2/$$

továbbá konvolúciós hossza

$$n = Nb$$

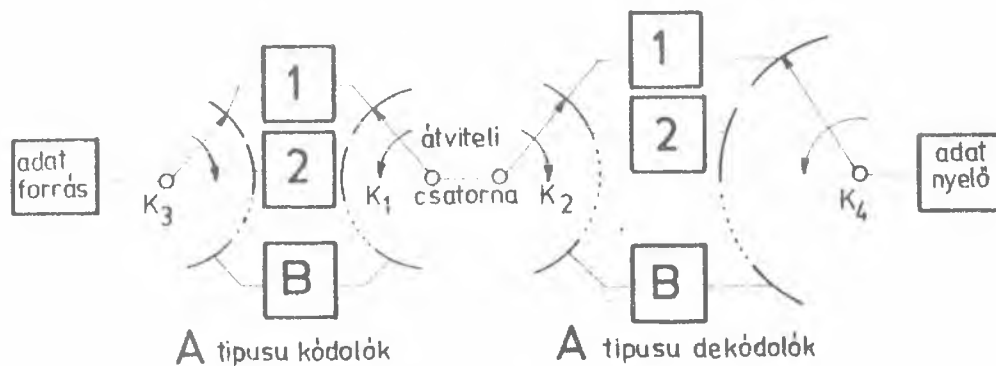
A választott kód n egymást követő bitből egy hiba javítására alkalmas.

A 2. ábrán vázoltunk egy időosztásos rendszert, amely B számú, egymástól független bemenettel és kimenettel rendelkezik. A K_1 és K_2 ,



2. ábra

egymással szinkron működésű kapcsolók, bitenként lépnek tovább. Amennyiben az átviteli csatornában egy B hosszúságú folthiba keletkezik, úgy ez a kimenetek mindegyikén legfeljebb egy bit meghibásodását eredményezi. A rendszer mindegyik bemenetét és kimenetét kódoljuk az előzőekben vázolt kód segítségével; ilyen módon B darab, egymástól független, A típusu kódolót és dekódolót kell felhasználnunk. A 3. ábrán vázoltuk az így nyert elrendezést, ahol a rendszer be- és kimenetein további, az előzőkkel szinkron



3. ábra

működésű, kapcsolókat alkalmaztunk annak érdekében, hogy a rendszer soros elrendezésű információ átvitelére legyen használható. Mivel egy adott időpontban a K kapcsolók mindig csak egy kódoló-dekódoló párt jelölnek ki, a 3. ábrán látható elrendezés a valóságban lényegesen egyszerűbb lehet, mivel az egyes kódolók és dekódolók tetemes része közösíthető.

Mivel mindegyik dekódoló n bitből egy hiba javítására képes, nyilvánvaló, hogy a 3. ábrán látható elrendezés

$$L = Bn = BNb$$

bitből egy max. B hosszúságú folthiba javítására alkalmas. A 3. ábra elrendezése egy B bit hosszúságú folthibát javító Hagelbarger kódot generál és az L mennyiség azonos a Hagelbarger által bevezetett "guard space" mennyiséggel.

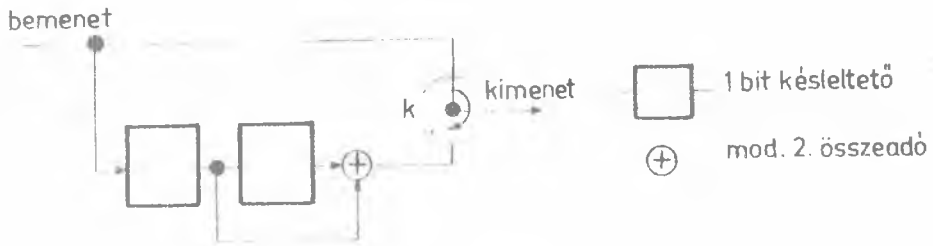
Példa: legyen $b = 2$ és $B = 3$

akkor $N = 2$ és $n = 4$

A kód paritás vizsgáló mátrixa /1. pl. $[4]$ /.

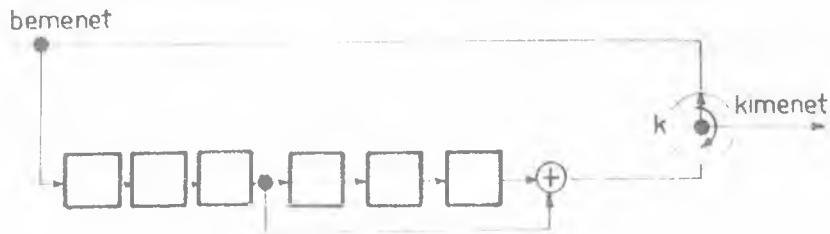
$$\bar{P} = \begin{bmatrix} 11 & 00 & 00 \\ 10 & 11 & 00 \\ 00 & 10 & 11 \\ 00 & 00 & 10 \\ 00 & 00 & 00 \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

A \bar{P} mátrix segítségével adott A típusu kód generátora a 4. ábrán



4. ábra

látható. A K kapcsoló váltakozva kapcsolja a bemeneten lévő információt, illetve a képzett paritás bitet a kimenetre. Az előzőknek megfelelő $B = 3$ bit hosszúságú folthibát javító kód generátora az 5. ábrán látható, ahol



5. ábra

a 3. ábrához képest a lehetséges összevonásokat már elvégeztük. Az 5. ábrán látható elrendezés egy $B = 3$ hosszúságú folthiba javítására alkalmas $/2,1/$ Hagelbarger kód generátorával azonos $/1. pl. [3]/$.

Az 1. táblázatban néhány, különböző redundancia arányu, Hagelbarger kód fontosabb jellemzőit adtuk meg.

Jele	b	N	R	L	Q/b/
/2,1/	2	2	1:2	4 B	3,66
/4,3/	4	3	1:4	12 B	22,3
/8,7/	8	4	1:8	32 B	82,4

1. táblázat

Meghibásodási valószínűség meghatározása

Megvizsgáljuk, hogy Hagelbarger kóddal védett információ milyen várható meghibásodási aránnyal vihető át zajos csatornán. Az átviteli csatorna elemi jel hibaarányát a továbbiakban p_e -vel jelöljük. A 3. ábrán látható elrendezésből kiindulva ezt mondhatjuk, hogy a vett információ meghibásodik, ha bármelyik dekódoló a hibát nem javítja, vagy ha hibásan javít.

A következő feltételezésekkel élünk:

- 1./ Mindegyik dekódoló bemenetén az elemi jel hibaarány p_e -vel egyenlő;
- 2./ Feltételezzük, hogy hiba esetén valamelyik dekódoló bemenetére az n konvolúciós hosszon belül csak két hibás bit érkezett.

Ennek megfelelően a hibás dekódolás során keletkezett hibák előfordulási valószínűsége

$$p_j = \sum_{i=1}^n \Lambda(i, b) p_i \tag{5/}$$

ahol p_i valamelyik dekódoló bemenetén egy, egymástól i bit távolságra lévő hibapár előfordulási valószínűsége és $\Lambda(i, b)$ a p_i valószínűséggel jellemzett hibapár felléptekor keletkező hibás információs bitek átlagos száma. Célszerű a továbbiakban p_i -t p_e^2 -re normálni.

$$p_i = P(i, p_e) p_e^2 \tag{6/}$$

Az/5/ és/6/ kifejezéseket összevonva kapjuk

$$p_j = \sum_{i=1}^n A(i, b) P(i, p_e) p_e^2 \tag{7/}$$

Amennyiben az egyes dekódolók bemenetén a hiba eloszlása véletlennek tekinthető, azaz a kóddal kivédhető, folthiba hossza végtelenhez tart, úgy az összes P paraméter értéke egyhez konvergál:

$$P_{j\infty} = p_e^2 \sum_{i=1}^n A(i, b) = Q(b) p_e^2 \tag{8/}$$

Definiáljuk a kód hibajavítását az elemi hibaarány, valamint a javított információ várható meghibásodási valószínűségének hányadosaként:

$$J = \frac{P_e}{P_j} \tag{9/}$$

azaz J megadja az információ megbízhatóságának a kódolás következtében előálló növekedését a kódolatlan esethez viszonyítva. Egy adott redundancia arányu Hagelbarger kód segítségével elérhető maximális hibajavítás a /8/ és /9/ kifejezésből

$$J_{\max} = \frac{P_e}{P_{j\infty}} = \frac{1}{Q(b)} \frac{1}{P_e} \quad /10/$$

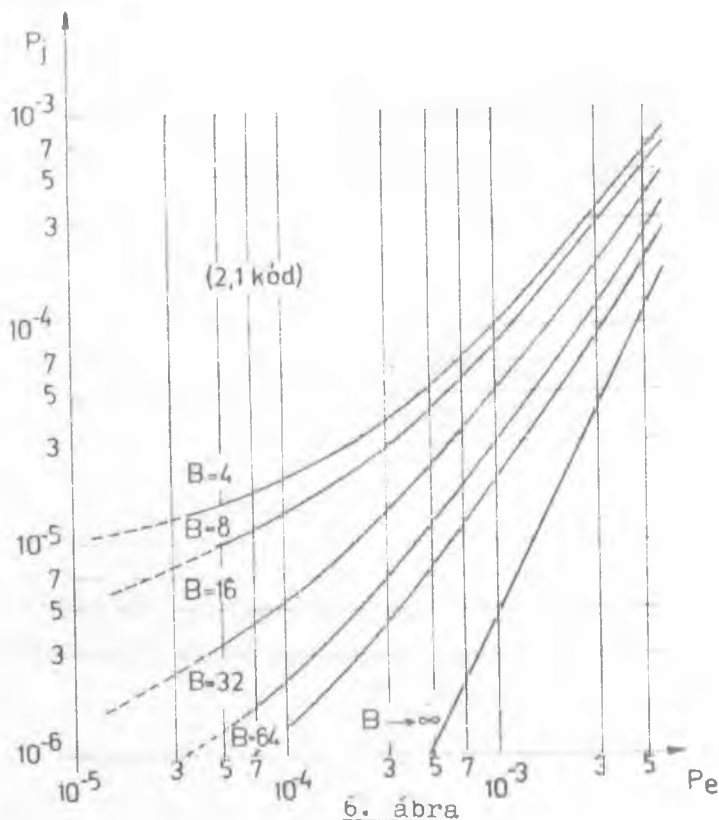
A $Q(b)$ kódjellemezőt a vizsgált kódokra az 1. táblázat tartalmazza.

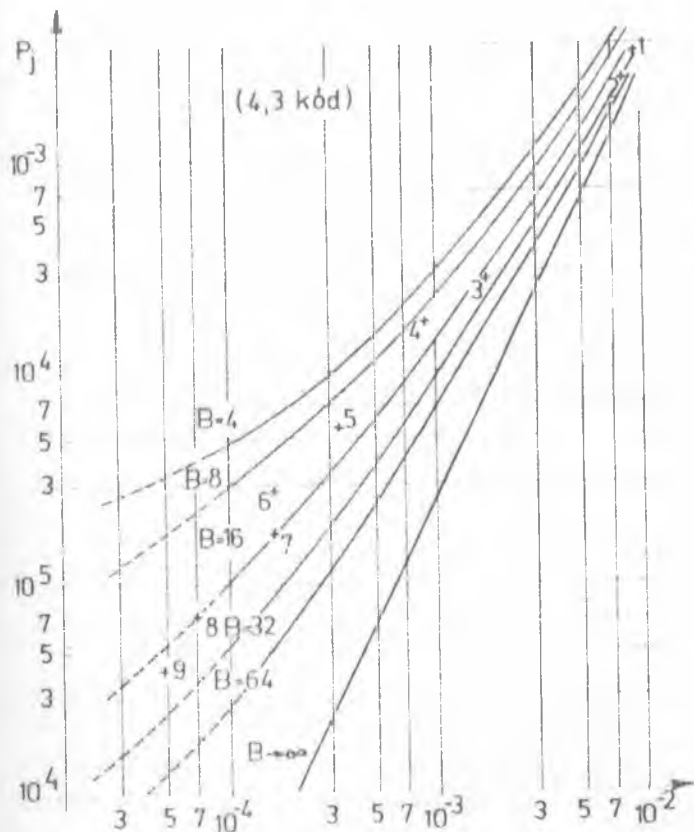
Mivel a /7/ kifejezésben szereplő $P(i, p_e)$ paraméter, adott B esetén, az átviteli csatorna hiba eloszlásától függ, ezt egy-egy konkrét esetre, méréssel kell meghatározni.

Mérési eredmények

Mérési sorozatot végeztünk a budapesti kapcsolt telefonhálózaton a hálózat hibastatisztikájának meghatározására. A méréseket 1200 bit/sec modulációs sebességgel végeztük [2], majd kb. 10^8 bit feldolgozásából meghatároztuk a különböző p_e és B értékek mellett a p paraméter értékét, ennek ismeretében kiszámítottuk $p_j(B, p_e)$ értékét. Az adatok feldolgozása a KFKI ICT-1905 számológépén történt.

A kapott p_j várható információ meghibásodási valószínűség a 6. és 7. ábrán látható.





7. ábra

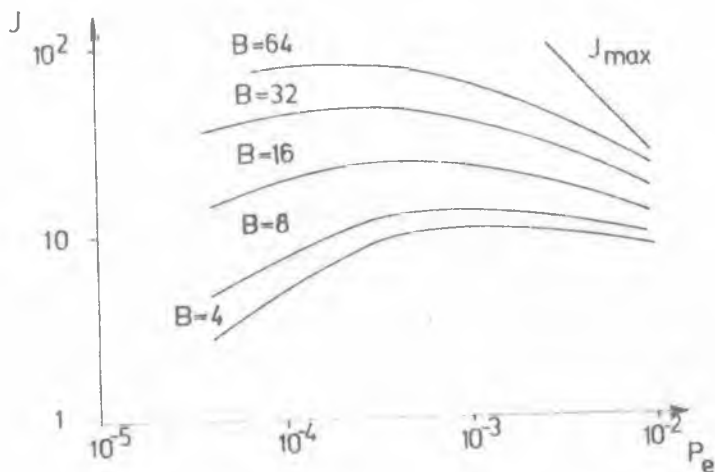
A kapott eredmények ellenőrzése céljából a számítógépen szimuláltunk egy $B=16$ hosszú folthiba javítására alkalmas $[4,3]$ Hagelbarger kódot és a rendelkezésre álló mérési eredmények egy részét megvizsgáltuk ezzel a kódszimuláló programmal. A szimulálás eredményét a 2. táblázat tartalmazza, illetve ábrázoltuk a 7. ábrán. A táblázatban M az átvitt bitek számát, h az átvitel során keletkezett hibák, míg a j a javítás után fennmaradt hibák számát jelöli. Látható, hogy a kód szimulálása során nyert értékek egyeznek a számított értékekkel.

Sor szám	$M \times 10^6$	h	j	$P_e = \frac{h}{M}$	$P_j = \frac{j}{M}$	Számított
1.	0,208	2103	615	10^{-2}	$2,95 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-3}$
2.	1,21	10451	2730	$8,7 \cdot 10^{-3}$	$2,25 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$
3.	1,84	3555	510	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2,76 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$
4.	2,66	2617	438	10^{-3}	$1,64 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
5.	2,38	809	124	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$5,25 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$
6.	4,21	775	116	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$1,75 \cdot 10^{-5}$
7.	5,57	964	92	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,64 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
8.	0,43	31	3	$7,2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-6}$	$7 \cdot 10^{-6}$
9.	2,51	128	10	$5,1 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$

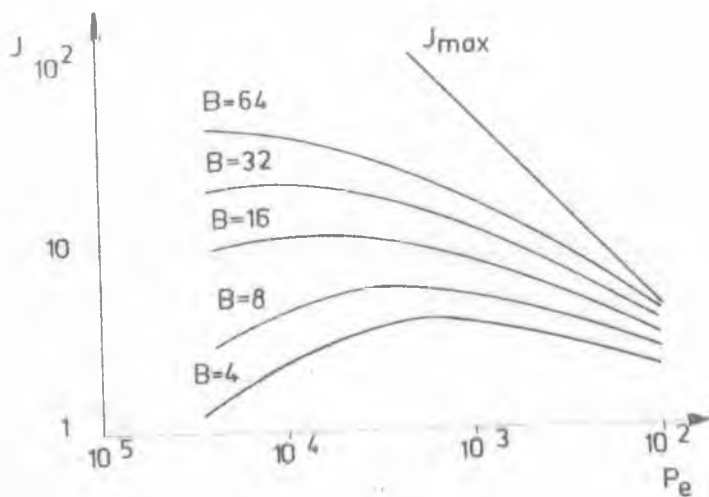
2. táblázat

A hibajavítás meghatározása

Az előzőekben meghatározott p_j információ meghibásodási valószínűsége ismeretében kiszámítottuk különböző hosszúságu folthibát javító /2,1/ és /4,3/ Hagelbarger kódok hibajavítását. A kapott eredmények a 8. és 9. ábrákon láthatók.



8. ábra



9. ábra

Az ábrák vizsgálatából a következő következtetések adódnak:

1. A hibajavítás, minden B értéknél p_e függvényében maximumot mutat, azaz mindegyik kódhoz hozzárendelhető egy elemi jel hibaarányával jellemzett zajosságú csatorna, amelyben a kód használat optimális.
2. Növelve B értékét a hibajavítás növekszik, mégpedig J érték a /10/ kifejezéssel adott értékhez konvergál.

3. B paraméter növekedésével a kód maximális hibajavítását egyre kisebb elemi jel hibaarányu csatornáknál éri el.
4. A kód redundancia arányának kétszeresre növelése /azonos B esetén/ a maximális hibajavítás kb. kétszeresére növekedését eredményezi.

További vizsgálatok

A 8. ill. 9. ábrákból látható, hogy a Hagelbarger kód hibajavítása B növelésével meglehetősen mérsékelten növekszik és az elemi jel hibaarány reciprokéval arányosan változó maximális értékhez konvergál. Ennél a maximumnál nagyobb hibajavítás eléréséhez két lehetséges megoldást vizsgálunk:

- a./ Javitóképesség növelése jelminőség detektor felhasználásával.
- b./ Többezőrés folthibát javító kód fejlesztése.

Jelminőség detektor felhasználásával mód nyílik arra, hogy egy B hosszúságu folthiba javításával alkalmas /n,k/ Hagelbarger kód 2B hosszúságu folthibákat is hatékonyan javítson, továbbá ennél hosszabbakat jelezen.

Amennyiben a 3. ábrán vázolt elrendezésben nem egy hibát, hanem pl. t hibát javító kódoló-dekódoló párokat alkalmazunk, úgy természetesen a kapott folthibát javító rekurrens kód is t darab, egyenként B bit hosszúságu folthiba javítására lesz alkalmas.

Mindkét tárgykörben vizsgálataink előrehaladott állapotban vannak, és az így nyerhető rendszerek számológépes szimulálása pillanatnyilag folyamatban van.

Köszönetnyilvánítás

Ezuton is szeretném köszönetemet kifejezni Békési Andrásnak és Ivanyos Lajosnének az elvégzett programozási munkáért, valamint Kolcza Klárának a programok kezeléséért.

I r o d a l o m

- [1] Hagelbarger, D.W., Recurrent Codes: Easily Mechanized, Burst-Correcting, Binary Codes. The Bell System Tech. Journal. 1959. July p. 969-984.

- [2] Jávör A., Rázga T.: Hírvédelmi kódok szimulálása ICT-1905 számológépen a hazai telefonvonalak adottságainak figyelembevételével. "Számítógéptechnika 68" konferencia, Esztergom 1968.
- [3] Peterson, W.W.: Error Correcting Codes. The MIT Press and J.Willy and Sons. 1961.
- [4] Wyner, A.D., Ash, R.B.: Analysis of Recurrent Codes. IEEE Trans. on Inf.Theory vol IT-9 No.3. 1963. July p. 143-156.

Érkezett: 1969. máj. 27.

KFKI Közl. 17.évf. 4.szám, 1969.

ÁLLANDÓ SZÓHOSSZUSÁGÚ SZINKRONIZÁLT BINÁRIS KÓD

Irta: Szabó Pál

Összefoglalás

A cikkben tetszőleges értékű információs jegyeket tartalmazó, egyszerű áramkörökkel előállítható és detektálható, állandó szóhosszúságú szinkronizált bináris kódok adott feltételek mellett legkedvezőbb megvalósítási lehetőségeit ismertetjük. Meghatározásra kerül az adott számú szinkronizációs bittel átvihető információs bitek száma, a szinkronizációs bitek optimális megoszlása, a kódolás hatásfoka, valamint a szinkronizációs biteknek a kód-szavakban történő elhelyezése.

1. Bevezetés

Állandó hosszúságú bináris kód-szavakból álló közlemények soros átvitele esetén a vevő oldali szinkronizmus biztosítására általános esetben /ha az eredeti közlemény nem szinkron kódban adott/ redundáns kódolást kell alkalmazni. Az átkódoláshoz szükséges berendezések egyszerűsége érdekében tetszőleges bináris jegyeket tartalmazó kód-szavakból álló közlemények esetében az átkódolás egy célszerű módja az I számú információs bitből álló kód-szavakhoz S számú, kötött helyzetű és értékű szinkronizációs bit hozzáadása.

Az alábbiakban meghatározzuk, hogy az említett eljárás alkalmazása esetén

adott S számú szinkronizációs bit segítségével maximálisan hány /tetszőleges értékű/ információs bit vihető át /természetesen oly módon, hogy a kód még szinkron maradjon,/

a szinkronizációs biteknek mi az optimális megoszlása a lehetséges két /0 és 1/ érték szerint,

az így nyerhető kódoknak mennyi a hatásfoka,

milyen séma szerint lehet a szinkronizációs biteket a kódszavakban az optimális hatásfok biztosítására elhelyezni.

2. Fogalmak és jelölések

I = egy kód-szó információs bitjeinek száma.

i = egy információs bit.

S = egy kód-szó szinkron bitjeinek száma.

S_O = egy kód-szó 0 értékű szinkron bitjeinek száma.

S_L = egy kód-szó L értékű szinkron bitjeinek száma.

s_O = egyetlen, 0 értékű szinkron bit.

s_L = egyetlen, L értékű szinkron bit.

$N = I + S$ = egy kód-szó összes bitjeinek száma.

$$E = \frac{I}{N} = \frac{\text{információs bitek száma}}{\text{összes bitek száma}} = \text{a kód hatásfoka} \quad [1]$$

3. S számú szinkronizációs bittel átvihető információs bitek száma

A meghatározott helyzetű és értékű szinkronizációs bitekkel rendelkező kód-szóban a szinkronizációs bitek egy kiválasztott számának megfelelően helyezkednek el és szinkronizmus esetében a sémához viszonyítva minden pozícióban az előírt értékűek. Ez az állapot a vevőoldalon pl. egy N bit kapacitású tárolóban /ami N fokozatu shift-regiszter lehet/ elhelyezett kód-szónak a séma szerinti szinkronizációs bit pozíciókban történő ellenőrzésével érzékelhető.

A kód-szavak nem szinkron helyzete esetén az érkező kód-szavak a tárolóban egy vagy több bit pozícióval, maximálisan $N-1$ pozícióval eltolva helyezkednek el. Ezen állapot érzékeléséhez szükséges, hogy a szinkronizációs bit pozíciók legalább egyikébe - és optimális hatásfok eléréséhez csakis egyikébe - a séma szerint előírthoz képest ellenkező értékű szinkronizációs bit kerüljön, ami az ellenőrző áramkörben e pozícióban antikoincidenziaként érzékelhető.

Az egyszeres antikoincidenziák lehetséges száma

$$S_O S_L + S_L S_O = 2S_O S_L \quad //1/$$

azaz minden egyes s_O bit minden egyes s_L bittel adhat egy-egy antikoincidenziát és megfordítva. A kód-szó összes jegyeinek száma eggyel több, mint a lehetséges antikoincidenziák száma, azaz

$$N = 2S_O S_L + 1 \quad //2/$$

amiből

$$I = 2S_0 S_L + 1 - S_0 - S_L = 2S_0 S_L + 1 - S \quad /3/$$

mivel definíció szerint

$$S_0 + S_L = S \quad /4/$$

4. A szinkronizációs bitek optimális megoszlása

A szinkronizációs bitek optimális megoszlása rögzített S esetén az /1/ egyenlet értelmében az $S_0 S_L$ szorzat maximumánál van. A kétváltozós szorzatfüggvényből pl. S_L -t S segítségével kifejezve keresendő az

$$S S_0 - S_0^2 = \text{Max.} \quad /5/$$

S_0 függvényében.

A diszkrét függvényt a származtató folytonos polinommal helyettesítve differenciálás után a szélső érték helyére

$$S - 2S_0 = 0 \quad /6/$$

adódik, amiből

$$S_0 = \frac{S}{2} \quad /7/$$

A szélső érték maximum volta a /6/ egyenlet másodszori differenciálásával igazolható.

A diszkrét függvényekre visszatérve páratlan S esetén a /7/ kifejezéshez legközelebb eső egész S_0 értékek bármelyike egyaránt szélső érték.

5. A kódok hatásfoka

Megvalósítható kódban nemcsak I , N és S -nek, hanem S_0 -nak és S_L -nek is pozitív, egész számnak kell lenni. Egész számu I vagy N előírása azonban nem minden esetben eredményez megvalósítható optimális hatásfoku kódot, ezért az alábbiakban a vizsgálatokat S előírt értékeire vonatkoztatva végezzük.

A 2., 3. és 4. pontban foglaltak alapján a vizsgált kódok hatásfoka S függvényében kifejezhető. Páros S esetén érvényes a /7/ képlet.

A 2. pont meghatározásai, valamint a /2/ képlet alkalmazásával és az

$$S_O S_L = \frac{S^2}{4} \quad /8/$$

helyettesítéssel

$$E/S_P/ = \frac{N-S}{N} = \frac{S^2-2 S+2}{S^2+2} \quad /9/$$

adódik, ahol $S = 2k$ és $k = 1, 2, 3, \dots$

Páratlan S esetén a /2/ képletbe az

$$S_O S_L = \frac{S+1}{2} \frac{S-1}{2} \quad /10/$$

kifejezés helyettesítendő, ami az

$$E /S_{pt}/ = \frac{S^2 - 2S + 1}{S^2 + 1} \quad /11/$$

kifejezést eredményezi, ahol $S = 2k+1$ és $k=1, 2, 3, \dots$ /8/ illetve /10/ kifejezések segítségével I és N értékei is meghatározhatók:

$$I/S_P/ = \frac{S^2}{2} - S + 1 \quad /12/$$

$$I/S_{pt}/ = \frac{/S+1/ /S-1/}{2} - S + 1 \quad /13/$$

$$N/S_P/ = \frac{S^2}{2} + 1 \quad /14/$$

$$N/S_{pt}/ = \frac{/S+1/ /S-1/}{2} + 1 \quad /15/$$

Az $S = 0$ és $S = 1$ triviális esetek tárgyalása szükségtelen, mivel egyik választás sem eredményez szinkronizált kódot.

A fenti egyenletek segítségével kiszámított N , I és E értékeket az $S = 2, 3, \dots, 20$ esetekre négy tizedesjegy pontossággal az I. táblázat tartalmazza.

I. táblázat

S	N	I	E
2	3	1	0,3333
3	5	2	0,4000
4	9	5	0,5556
5	13	8	0,6154
6	19	13	0,6842
7	25	18	0,7200
8	33	25	0,7576
9	41	32	0,7805
10	51	41	0,8039
11	61	50	0,8197
12	73	61	0,8356
13	85	72	0,8471
14	99	85	0,8586
15	113	98	0,8673
16	129	113	0,8760
17	145	128	0,8828
18	163	145	0,8896
19	181	162	0,8950
20	201	181	0,9005

6. A kódok sémájának meghatározása

Az a feltétel, hogy az N bitet tartalmazó teljes kód-szó nem szinkron állása esetén a szinkronizáló bitek egyike valamely másik szinkronizáló bit helyén egy kód-szó hosszúságu darabon egyetlen antikoinciden-
ciát képezzen, a szinkronizáló bitek alábbi séma szerinti elhelyezésével biztosítható:

Írjuk le balról jobbra - mintegy heraldként [1 , 2] -

valamely kiválasztott, az előzőek értelmében optimális, szinkronizált kód összes egyforma értékű szinkronizációs bitjeit és írjunk utána egy darab ellenkező értékű szinkronizációs bitet. Pl. az $S = 5, S_O = 3, S_L = 2$ /N=13/ kód választása esetén

OOOL /vagy LLO/

ezzel előállítottuk az $1, 2, \dots, S_0$ és $N-S_0, \dots, N-2, N-1$, /illetve $1, 2, \dots, S_L$ és $N-S_L, \dots, N-2, N-1$ / pozíciókkal történő eltolások antikoincidenáit.

Az így képzett sorozat mellé jobbról írjunk le $S_0 - 1$ /illetve $S_L - 1$ / darab információs bitet, ezek után egy újabb szinkronizációs bitet a még fel nem használtak közül

OOOLiil /LLOiO/

amivel előállítottuk az $S_0+1, S_0+2, \dots, 2S_0$ és $N-2S_0, \dots, N-S_0+2, N-S_0+1$ /illetve $S_L+1, S_L+2, \dots, 2S_L$ és $N-2S_L, \dots, N-S_L+2, N-S_L+1$ / pozíciókkal történő eltolások antikoincidenáit is.

Az eljárást addig folytatjuk amíg valamennyi szinkronizációs bitet el nem helyeztünk, a további helyeket az N számú bit eléréségi információs bitekkel töltjük ki:

OOOLiiliiiiii /illetve LLOiOiOiiiiii/

Az elsőként felírt szinkronizációs bitek sorrendje megfordítható, ezenkívül az eljárás végezhető balra haladva és ezek kombinációjában is.

8. Alkalmazási szempontok

A leírt szinkronizált kódok egyszerű áramkörökkel előállíthatók és detektálhatók. Hatásfokuk Clague [1] közleményének I. táblázatán szereplő állandó szóhosszuságú szinkron kódokéval - elsősorban a közvetlenül összehasonlítható N=9, 85 és 201 bitet tartalmazó kód-szavak esetében - kedvezően mérhető össze: mindhárom esetben legalábbis eléri a második legjobb kódét. Előnyük ezen felül, hogy a kódolás és dekódolás folyamán az információs bitek változatlanul átvihetők, átkódolásukhoz külön berendezés nem szükséges. Hátrányuk az említett kódokkal szemben, hogy a herald detektálásával nem szinkronizálhatók, illetve a heraldként figyelembe veendő összes szinkronizáló bit és kód-szavak bitjei között hosszabb szakaszra elosztva szerepel.

I r o d a l o m

- [1] Clague, D.J.: New Classes of Synchronous Codes. IEEE Trans. on Electronic Computers. Vol. EC-16. No. 3. 1967. jun. 290-298 old.
- [2] Gilbert, E.N.: Synchronization of Binary Messages. IRE Trans. on information Theory. Vol. IT-6. 1963. szept. 470-477 old.

A KÖZPONTI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZETBŐL ÉS AZ IZOTÓP INTÉZETBŐL ELTÁVOZÓ SZENNYVIZ RADIOAKTIV SZENNYEZETTSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE

Irta: Erdélyvári István

Összefoglalás

A KFKI és az I.I sugárveszélyes munkahelyeiről kikerülő szennyvíz kettős ellenőrzés után hagyja el az intézet területét. Az elsőre a munkahelyek melletti gyűjtő-ellenőrző aknákból kibocsátás előtt, a másodikra pedig a területhatár közelében létesített folyamatos szennyvizaktivitásmérő és mintavevő állomáson kerül sor. Az éjjel-nappal üzemeltetett mérő és mintavevő állomás lehetővé teszi az eltávozó szennyvíz gamma-aktivitás koncentrációjának folyamatos mérését és regisztrálását; a gamma-aktivitás koncentráció értékének emelkedésekor automatikus és kézi kapcsolású "momentán" mintavételt; "24 órás átlag" mintavételt; az eltávozó szennyvíz forgalomnak $\mu\text{r}/\text{perc}$ a folyamatos mérését és regisztrálását.

Bevezetés

Radioaktív készítményekkel végzett munkáknál, különösen nyitott izotópok esetén számolnunk kell azzal, hogy a munkahelyről eltávozó szennyvíz radioaktív anyagot is tartalmaz.

A csatorna-hálózatba került nagy aktivitású radioaktív anyagok a folyók vizének elszennyezésén túl, pl. csatorna dugulásnál közterületek, sőt a csatornamunkások elszennyeződését is előidézhetik.

Mindebből következik, hogy sugárveszélyes munkahelyekről a szennyvíz nem kerülhet ellenőrzés nélkül a csatornahálózatba. A rendellenességek elkerülésére vonatkozó megelőző feladatok elvégzésén túl, gondoskodni kell az eltávozó szennyvizek radioaktív koncentrációjának megbízható ellenőrzéséről.

A szennyvizek és általában a folyadékok aktivitása közvetlen méréssel, vagy bepárlás, esetleg más módon készített szilárd minta aktivitásának mérésével határozható meg.

Az első esetben a béta aktivitás meghatározásához merülő GM-csőves, nagy felületű proporcionális számlálás, a gamma-aktivitás meghatáro-

zásához pedig szcintillációs detektorral működő berendezések a legalkalmasabbak. Bár a közvetlen mérés a gyorsabb és kényelmesebb módszer, azonban rendszerint csak kisebb térfogatok / < 100 ml /, azaz viszonylag nagy radioaktív koncentrációk határozhatók meg vele. Ezenkívül a detektorfal és a víz abszorpciója - különösen béta-sugárzásnál - jelentős mértékben lerontja a mérés hatásfokát.

A szilárd minta készítése miatt a második módszer körülményesebb ugyan, de segítségével kis radioaktív koncentráció is mérhető. A szilárd minták aktivitásának mérése az aktivitásméréseknél általában használatos berendezések bármelyik típusával elvégezhető.

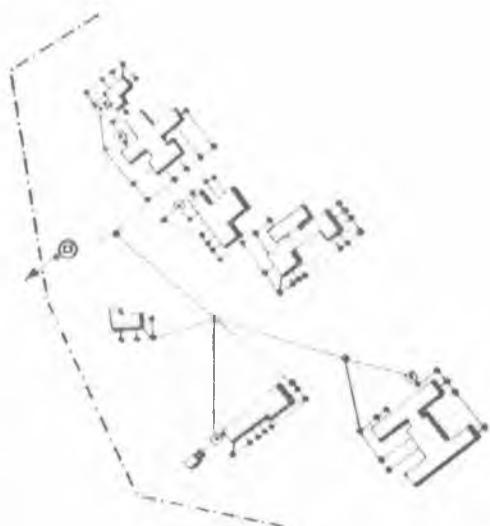
Áramló folyadékok aktivitásának állandó ellenőrzésére folyamatos aktivitásmérő berendezések készülnek. Egyes típusoknál a detektor az áramló folyadékba merülve, vagy kívülről közvetlenül méri a folyadék aktivitását, más típusok pedig a folyamatosan vett mintát porlasztón keresztül elpárologtatják és a párlási maradékot a detektorok előtt lassan mozgó szűrőanyagra szivattva mérik.

A kifejlesztett folyamatos folyadék aktivitásmérő berendezések a szennyvizcsatornában fennálló mérési viszonyok között nem üzemeltethetők. Talán ezzel magyarázható, hogy a szennyvizek radioaktív szennyezettségét általában, néhány ritka kivételtől eltekintve, alkalmoszerű mintavétellel vizsgálják. Mivel a radioaktív szennyeződés koncentrációja - különösen a viszonylag kis vízforgalmu szennyvizcsatornák esetén - időben jelentősen ingadozik, ezért az így nyert mérési eredmények információs értéke rendkívül kicsi. Csupán a mintavétel helyén, a mintavétel pillanatában fennálló szennyezettségviszonyokat jellemzik. Ezekből az adott csatornaszakaszon elfolyó szennyviz radioaktív koncentrációjának időbeni változására, az átlagkoncentrációra, vagy a szennyvizben meghatározott időtartam alatt eltávozó aktivitás összegére, nyilvánvalóan, még csak következtetni sem lehet. Megbízható tájékoztatást a szennyviz radioaktív koncentrációjának folyamatos mérésével, ill. a vízhozammal arányosan változó mennyiségű, folyamatosan vett mintából nyerhetünk. Az eltávozó aktivitás összegének meghatározásához, természetesen, még az elfolyó szennyvizmennyiség ismeretére is szükség van.

I. A közcsatornába bocsátás előtti szennyviz ellenőrzés

A nyitott radioaktív készítményekkel foglalkozó munkahelyekről kikerülő szennyviz először a munkahely mellett létesített gyűjtő-ellenőrző

aknába ömlik. Az aknákból a szennyviz átszivattyúzással, vagy kézi nyitá-
su szelepeken jut a csatornahálózatba /1. ábra/.



- gyűjtő ellenőrző akna
- ⊠ - folyamatos szennyvizaktivitásmérő és mintavevő állomás

1. ábra

A folyamatos szennyvizaktivitás mérő és mintavevő állomás, valamint a gyűjtő-ellenőrző aknák telepítésének vázlatja.

perces mérési idő esetén $1 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}$, a természetes uránra vonatkoztatott, legkisebb kimutatható aktivitás. Így 100 ml-nyi szennyviz bepárlásával nyert minta esetén az ismeretlen összetételű beta, vagy gamma-sugárzó izotópkeverékekre ivóvizben megengedhető maximális koncentráció már biztonsággal meghatározható.

A szennyvizminták fajlagos gamma-aktivitásának mérését üreges NaI/Tl/ kristályos szcintillációs detektoros berendezéssel végezzük. A 2" x 2" kristály furatába - normál kémcsőben - kb. 5 ml folyadék helyezhető el. Nagy térfogatú és kis radioaktív koncentrációjú minták méréséhez a detektor köré 210 ml térfogatú kettősfalu hengeres Al edény helyezhető. 10 perces mérési idővel a kristály furatába helyezett 5 ml-nyi mintánál $8 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci/ml}$, a ^{137}Cs izotópra vonatkoztatott, kimutatható legkisebb radioaktív koncentráció.

A radioaktív koncentráció meghatározásán túl a szennyeződést képező izotópok azonosítását is elvégezzük /gamma-spektrum felvétel, béta-

A gyűjtő-ellenőrző aknák egy részében, a vízszintmérő mellett, sugárzásszintmérő is be van építve, ami folyamatosan méri és regisztrálja a szennyviz aktivitásának mértékét, sőt nagyobb aktivitás aknábakerülésekor fény és hangjelzéssel figyelmezteti az adott munkahely dolgozóit.

Az aknák tartalmának közcsatornába bocsátását megelőzően - még folyamatos szennyvizaktivitásmérés esetén is - mintavételre kerül sor. Ennek egy meghatározott részéből bepárlással szilárd minta készül, a többi pedig 10 napos tárolásra kerül. A szilárd minta béta-gamma aktivitásának mérése 25 és 50 mm átmérőjű 1,5 - 2,0 mg/cm² ablakvastagságú végablakos GM-csőves berendezésekkel történik. 10

energia meghatározás, felezési idő mérés/. Ettől csak olyan esetekben tekintünk el, amikor az adott munkahelyen végzett munkákból egyértelműen következik a szennyvíz radioaktív szennyeződése /pl. ¹²⁵I gyártás/.

Ha az akna tartalmának radioaktív koncentrációja nagyobb a szennyvízkibocsátásnál megengedhető maximális értéknél, akkor tiszta vízzel történő higitással, vagy pihentetéssel állítjuk be az előirt értéket. Előfordulhat, hogy sem higitással, sem pihentetéssel nem lehet a kívánt eredményt elérni. Ilyen esetekben az akna tartalmát - e célra készített tartályba szivatra - a reaktor radioaktív folyadék tárolóiba szállítjuk.

II. Folyamatos szennyvízaktivitásmérő és mintavevő állomás

A területhatár közelében, a két utolsó szennyvízakna közötti csatorna szakasz fölé telepített mérő és mintavevő állomás lehetővé teszi:

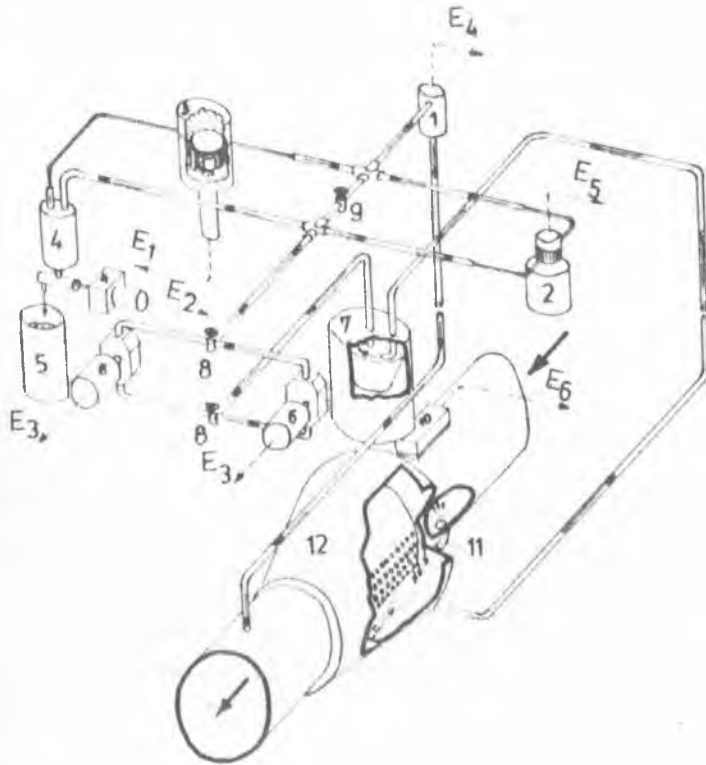
- az eltávozó szennyvíz gamma-aktivitás koncentrációjának folyamatos mérését és regisztrálását;
- a gamma-aktivitás koncentráció értékének emelkedésekor az automatikus és kézi kapcsolású "momentán" mintavételt;
- "24 órás átlag" mintavételt;
- az eltávozó szennyvíz forgalomnak /m³/perc/ a folyamatos mérését és regisztrálását.

1. Folyamatos gamma-aktivitás koncentráció mérő és "momentán" mintavevő

A mérőállomás létesítésekor az áramló folyadékok mérésénél legegyszerűbbnek számító módszerekről, a detektornak a szennyvízbe merítéséről, vagy mellé, ill. a vízszint fölé helyezéséről le kellett mondanunk. A szennyvízcsatornába került papír, vatta stb. a víz útjába helyezett tárgyakon, és a víz felszínén lévő, bármilyen kialakítású, rögzített uszókön fennakad és rövid időn belül csatornadugulást hoz létre. A csatorna melletti vízszák létesítése sem vezet célhoz, mert azt az iszap néhány óra alatt eltömi.

A 300 mm átmérőjű csatornában a vízszint 0-300 mm-es tartományban ingadozik. Ez a nagymértékű vízszint ingadozás a csatorna falába épített detektor esetén a mérési adatok egyértelműségét, értékelhetőségét szinte teljesen kizárja. A csatorna radioaktív anyaggal történő esetleges elszennyeződésekor a körülményes dekontaminálásig, vagy a radioaktív anyagok lebomlásáig a csatornában közvetlenül mérő detektor a szennyvíz radioaktív koncentrációjának mérésére nem alkalmas.

Mindezen megfontolások, ill. tapasztalatok után, megfelelően kialakított szivófej felhasználásával a csatornából a szennyviz folyamatos felszivattyúzása és detektor körüli áramoltatása vezetett eredményre /2. ábra/.



2. ábra

A folyamatos szennyvizaktivitásmérő és mintavevő berendezés elvi vázlatja.

- 1 - áramlásjelző; 2 - momentán mintavevő; 3 - Pb torony a mérőedénnyel és a szcintillációs detektorral; 4 - átlag mintavevő; 5 - átlagmintagyűjtő; 6 - önfelszívó szivattyúk; 7 - ciklon rendszerű ülepitő; 8 - három állású szelepek; 9 - szűkítő szelep; 10 - a szennyvizforgalom mérő detektora; 11 - sugárforrás tartó; 12 - a szivófej vízgyűjtője; 13 - perforált csőszakasz; E₁ - elektromos csatlakozások.

13. ábra

Az ülepedés megakadályozásához szükséges lejtésszög és az örvénymentes áramlás biztosítása érdekében a kőanyag csatorna elemeket 5 m-es szakaszon rozsdamentes acélcsővel cseréltük ki. A csőszakasz alsó végén helyezkedik el a szivófej, melynek konstrukciója megakadályozza a szennyvizben lévő szilárd, vagy szálas hulladékok fennakadását, a szivattyú csőrendszerébe kerülését és minimális vízforgalomnál is biztosítja a méréshez szükséges vízmennyiséget.

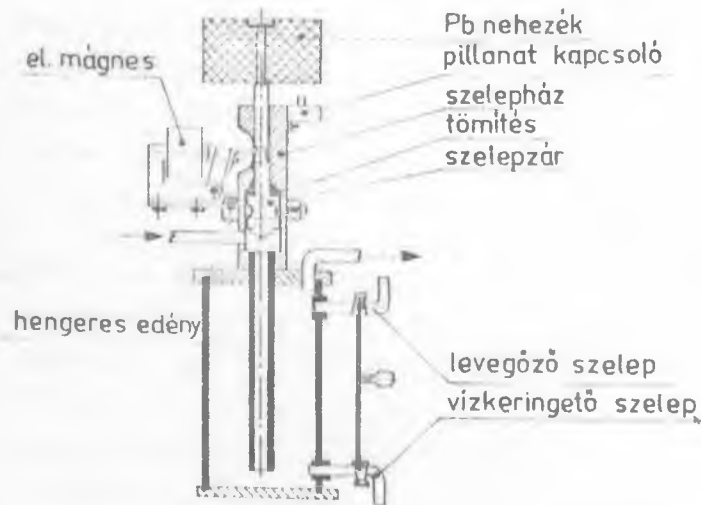
A szivófej a szennyvizcsatorna részét képező, 80 cm hosszú, kiszérelhető csőszakasz. E csőszakaszt az alsó felén két, 60 x 20 cm-es sávban perforáltuk. A perforáció egymástól 6 mm távolságban lévő, 6 mm átmérőjű furatai, 45°-os szögben, a vízfolyás irányában dőlnek. Az így kialakított nagyfelületű szivónylás fölött a papír, vatta, rongy stb. akadálytalanul elhalad. Sem a szivónylás, sem a szennyvizcsatorna dugulása nem következhet be. A csatorna alján időnként nagymennyiségben sodródó nagy fajsúlyú, szemcsés anyagok /homok, részecskék stb./ továbbsodródását a cső alján, a

perforált sávok között elhelyezkedő, 10 cm széles sima csőfal biztosítja. A perforáción átjutó szennyvíz a csőszakaszt körülzáró kupos kiképzésű vizgyűjtőbe kerül. Ennek legmélyebben fekvő pontjához csatlakozik a DK-112 típusú önfelszívó szivattyú szivócsonkja. A szennyvíz ciklon rendszerű ülepitőn keresztül jut a szivattyuba. Az ülepitőben összegyűlik a szemcsés, nagy fajssulyu szennyeződés, ami a szivattyuba kerülve, annak működését károsan befolyásolná.

A szivattyú után a szennyvíz egy része a mérőedényen és a mintavevőkön átáramolva, a többi pedig szűkítőszelepen keresztül közvetlenül az áramlásjelzőbe folyik, ahonnan visszajut a csatornába. Közvetlenül a szivófej után, a szennyvízcsatorna csövének alsó - gyakorlatilag mindig víz alatt lévő - részéhez csatlakoztattuk a visszafolyó szennyvíz csövét. Ezáltal egy zárt vízkört hoztunk létre, ami kedvező a vizkiemelés szempontjából.

A szcintillációs detektort körülvevő mérőedény és a momentán mintavevők a szűkítőszelepre szimmetrikusan helyezkednek el. A szimmetria ez esetben azt jelenti, hogy a mérőedényhez és a mintavevőhöz vezető csőkeresztmetszetek és hosszúságok megegyeznek. Ily módon a szennyvízben lévő radioaktív szennyeződés ugyanazon időpontban jut a mérőedénybe és a mintavevőkbe, tehát mintavételkor az éppen mért szennyvízzel azonos összetételű mintát veszünk.

A mintavevők mindegyike 1,2 literes műanyag edényből és elektromágneses szelepből áll /3. ábra/. Mérés alatt a szennyvíz folyamatosan

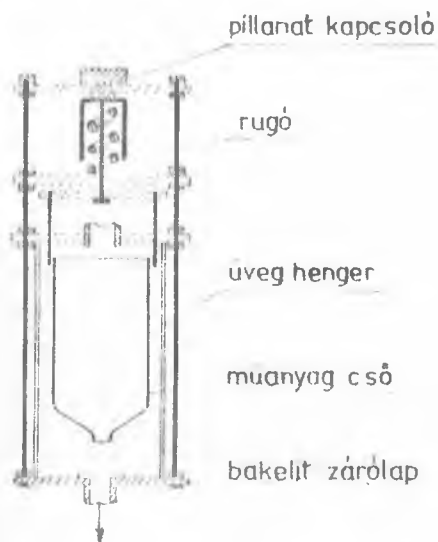


3. ábra
Momentán mintavevő

áramlik át az edényeken. Mintavételnél az elektromágneses szelep - a mintavevő edény előtt - lezárja a víz útját, így az edényben lévő víz ott-reked. Három mintavevő van. Ebből kettő mintavételre kész állapotban, a harmadik tartalék. A mintavétel történhet a radioaktív szennyeződés koncentrációjának emelkedésekor automatikusan, vagy kézi kapcsolással. Automatikus mintavételnél a detektor jeleit felolgozó ratemeter - a figyel-

meztető hang és fényjelzéssel egyidőben - hozza működésbe az elektromágnes szelepet. Bármelyik mintavevő átkapcsolható automatikus, vagy kézi kapcsolású mintavételre. A vizminták radioaktív koncentrációjának mérését és a radioaktív szennyeződést képező izotópok azonosítását a mintavétel után azonnal megkezdjük.

A szennyviz felszivatásával kapcsolatban esetleg felmerülő üzemi zavarok jelzésére áramlásjelzőt építettünk a szivattyú vizkörébe /4. ábra/.



4. ábra
Áramlásjelző.

Az áramlásjelző függőlegesen elhelyezett üveghenger, benne fölül nyitott, alul kuposan összeszűkülő műanyagcső. Ez függőleges irányban 1,5 cm-nyi mozgást végezhet az üveghengerben. Az üveghenger felső zárólapjára /kivülre/ szereltük a műanyagcsövet felső helyzetbe emelő rugót és a jelzőlámpa nyomókapcsolóját.

Az üveghengerbe lépő szennyviz közvetlenül a műanyagcsőbe jut, a mivel annak alsó nyílása csak 6 mm átmérőjű, gyorsan megtelik. Ennek következtében a víz nagyrésze a műanyagcső felső részén kiömölve - a két csőfal között - folyik tovább, miközben a víz súlya és a belépő vízszöglet nyomása a műanyagcsövet alsó

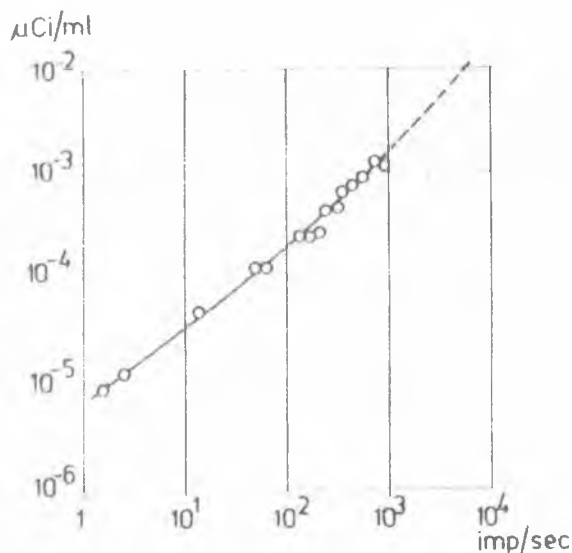
helyzetbe nyomja. A tartórugó összenyomódik, ami a fölötte lévő nyomókapcsoló felszabadításával a jelzőlámpa áramkörének meggyújtását eredményezi.

Üzemzavar esetén, a szennyvízáramlás megszűnésekor a műanyagcsőből a szennyviz a 6 mm-es nyíláson 50-60 sec. alatt kifolyik. A rugó a műanyagcsövet felső helyzetbe emeli, s egyben a nyomókapcsoló benyomásával az áramlásmérő jelzőlámpájának áramkörét zárja.

A szennyviz gammaaktivitás koncentrációjának méréséhez szcintillációs detektort használunk. A detektor Zeiss gyártmányu elektronsokszorozóhoz csatlakoztatott 2" x 2"-es NaI/Tl/ kristállyal működik. A kristályt kalapszerűen veszi körül a rézből készített mérőedény, melynek falvastagsága a kristállyal érintkező részeken 0,2 mm. Mind a kristály oldalánál, mind a homlokfelületnél a szennyviz 3,5 cm vastag rétegben áramlik. A bevezető cső vég a mérőedény aljáig nyulik, s úgy van meghajlítva, hogy a vizet a kris-

tály körüli áramlásra kényszerítse. Az elvezető cső a mérőedény felső lapjának közepéhez csatlakozik. Ezzei a megoldással kizártuk az üledék létrejöttét, az álló vízréteg kialakulását és biztosítottuk, hogy a mérőedény folyamatosan telve legyen a mérendő folyadékkal.

A detektor és a mérőedény 5 cm falvastagságu ólomtoronyban nyert elhelyezést. A detektor jeleit logaritmikus ratemeter dolgozza fel, melynek értékjelzését pontiró rögzíti. A beméréseket ^{137}Cs oldattal végeztük /5. ábra/. A mérési paramétereink mellett a kimutatható legkisebb radio-



5. ábra

A gamma-aktivitás koncentráció mérő berendezés ^{137}Cs izotóppal felvett hitelesítő görbéje.

2. Átlagmintavevő

Az osztályunkon elkészített egyszerű felépítésű, üzembiztos átlagmintavevő /6. ábra/ alkalmas a szennyvízforgalommal arányos mintavételre.

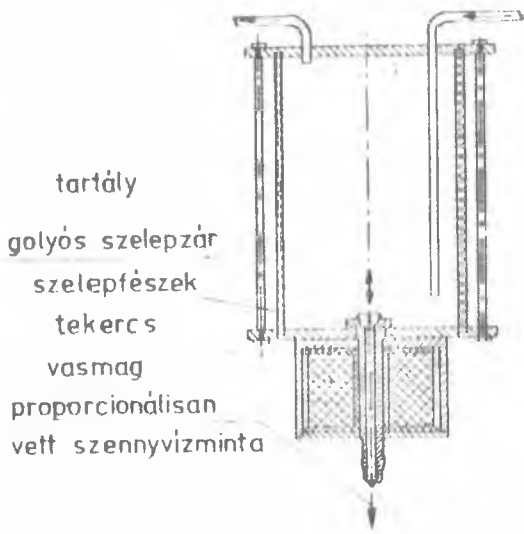
A szennyvíz hengeres edényen áramlik át. A be- és kifolyó nyílás elhelyezése az ülepedés megakadályozása mellett biztosítja az edény állandó feltöltöttségét. A mintavétel a fenéklap közepén lévő golyós szelepen át történik. A szelep zárását-nyitását, azaz a szelep-golyó függőleges irányú mozgását a szennyvízforgalom mérő detektorának jeleivel vezérelt elektromágnes végzi.

A szelep-golyóba alul különböző átmérőjű pálca csavarható, ami a kifolyónyílás keresztmetszetének és ezen keresztül a kifolyó vízmennyiség

aktiv koncentráció - ^{137}Cs izotópra vonatkoztatva - $8 \cdot 10^{-6}$ µCi/ml.

A bemérések során rövid felezési idejű radioaktív ^{24}Na ($T_{1/2} = 15$ óra) izotóppal megvizsgáltuk, hogy a legtávolabbi és legközelebbi gyűjtő-ellenőrző aknánál rövid időtartam alatt a csatornába juttatott radioaktív oldat mennyire terül szét, a jelenléte mennyi ideig észlelhető a mérőállomásnál.

Megállapítottuk, hogy közepes szennyvíz forgalom esetén a legtávolabbi beöntött aktivitás jelenléte 2,5 - 3,0 a közelebb beöntötnél pedig 1,5-2,0 percen keresztül mérhető.



6. ábra
Átlag mintavevő .

szabályozását teszi lehetővé, ugyanakkor a szelep golyóval együttmozogva, a kifolyónyílás eltömődését megakadályozza.

Az önfelszívó szivattyú és az áramlásmérő közötti csőszakaszhoz csatlakoztatott átlag-mintavevővel vett mintát műanyag kannában gyűjtjük. Külön kezeljük a munkaidő alatt és külön az éjszaka, ill. munkaidő után levett mintát. Mindkét részből csupán 1-1 liternyi szennyvizet használunk fel az I. részben leírt módon történő

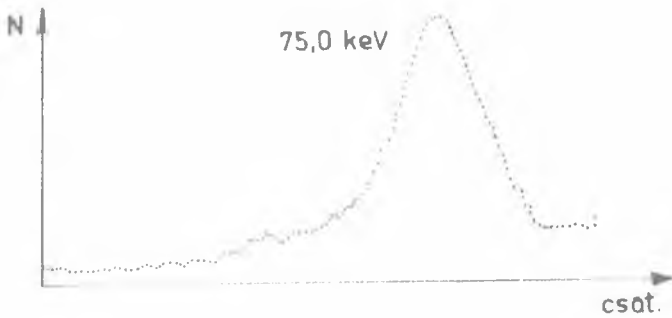
radioaktív koncentráció meghatározáshoz és a szennyeződést képező izotópok azonosításához. Az izotópok azonosítására $1 \cdot 10^{-6}$ $\mu\text{Ci/ml}$ értéket meghaladó radioaktív koncentráció mintáknál minden esetben sor kerül.

3. Szennyvizforgalom mérő

Az eltávozó szennyviz mennyiségét izotópos vízréteg vastagságméréssel határozzuk meg. Az elegendően hosszú felezési idejű, könnyen beszerezhető gamma-sugárzó izotópok felhasználásáról le kellett mondanunk. A belőlük kilépő, viszonylag kemény gamma-sugárzásnál ^{60}Co , ^{137}Cs , stb./ a néhány cm-nyi vízréteg vastagság okozta abszorpció nagyon kismértékű. Céljainknak megfelelő sugárforrást béta-sugárzással Pb targetben kiváltott karakterisztikus rtg. sugárzás felhasználásával nyertünk.

Ismeretes, hogy a béta-sugárzás valamely anyagon történő áthaladásakor, az energiájának egy részét, az anyagra jellemző karakterisztikus rtg. sugárzás kiváltásakor veszíti el. Tiszta béta-sugárzó izotópok és megfelelő target-anyag felhasználásával ilyen módon lágy rtg. sugárforrások készíthetők.

A szennyvizréteg vastagságméréséhez ^{90}Sr - ^{90}Y izotóp béta-sugárzásával Pb-ban kiváltott 75 keV energiájú karakterisztikus rtg. sugárzást használunk fel /7. ábra/. A 18 mCi aktivitású béta-sugárforrás fölé targetként 0,5 mm vastag Pb lemezt helyeztünk. A targetben keltett karakterisz-

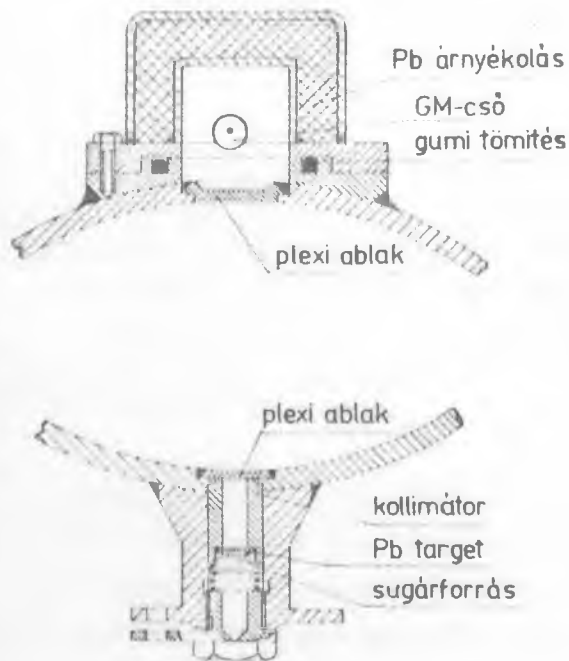


7. ábra

Beta-sugárzással Pb targetben kiváltott karakterisztikus rtg. sugárzás spektruma.

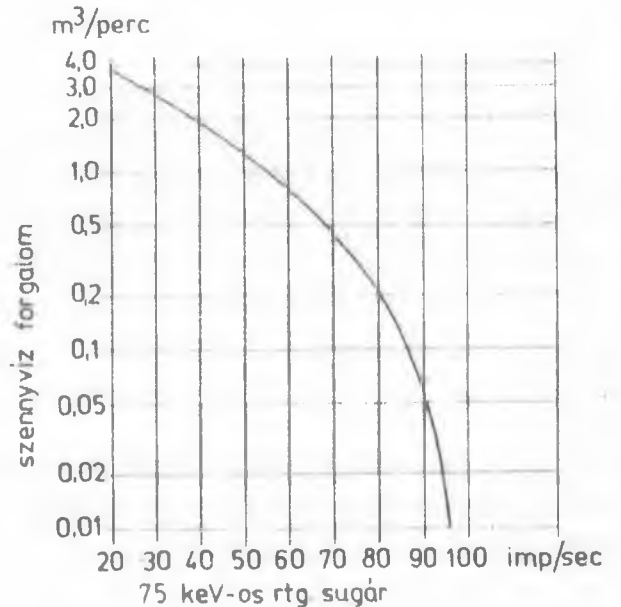
tikus rtg. sugárzás ólom kollimátorban, plexi lapon keresztül lép be a szennyvizet szállító rozsdamentes acélcsőbe /8. ábra/. A sugárforrással szemben lévő SzTSz-6 típusu GM-cső előtt ugyancsak plexi ablak van a csőfalba építve. A 20 mm vastag Pb árnyékolásu GM-cső jeleit lineáris ratemeter dolgozza fel, melynek értékjelzését vonaliró rögzíti.

A szennyviz forgalom mérő bemérésekor a különböző vízréteg vastagságok okozta abszorpció és a szennyvízáramlás sebességének a közvetlen mérésével határoztuk meg a különböző impulzus számlálási sebesség értékekhez tartozó m^3/perc szennyviz intenzitás értéket /9. ábra/.



8. ábra

A szennyvizforgalom mérő berendezés detektorának és sugárforrásának elhelyezése.



9. ábra

A szennyvizforgalom mérő berendezés hitelesítő görbéje.

Az adott időtartam alatt eltávozó szennyviz mennyiségét a regiszt-rátum alapján, grafikus integrálással határozzuk meg.

4. A folyamatos szennyvizaktivitás mérő és mintavevő állomás telepítése és üzemeltetése

A mérőállomás egységeinek egy része a vízmérőhelyen, a többi pedig ettől kb. 300 m távolságban, a Sugárvédelmi Osztály Ügyeleti mérőszobájában nyert elhelyezést. A két objektum között légekábel csatlakozás van.

A területhatár közelében, az utolsó és utolsó előtti aknaszem közötti csatorna szakasz fölött létesített mérőhely épületének "száraz" helyiségében van a szcintillációs detektor nagyfeszültségű tápegysége, előerősítője, a szennyvizforgalom mérő lineáris ratemetere és vonalirója, valamint a távműködtetést és a különböző viaszajelzéseket szolgáló relék és transzformátorok.

A szennyvizkiemelést végző DK-112 típusú önfelszívó szivattyuk /az egyik üzemkész tartalék!/, az átlag és momentán mintavevők, a ciklon rendszerű ülepitő, a szcintillációs detektor és az áramlásjelző a "vizes" helyiségben található. Részben a "vizes" helyiség alá nyulik a kezelőakna. Ebben van a rozsdamentes acélcső csatornaszakasz alsó vége, az 1 pontban ismertetett szivófejjel. Közvetlenül a szivófej elé került beépítésre a szennyvizforgalom mérő sugárforrása és detektora..

A mérőállomás üzemszünete alatt a szennyviz terelő csatornában hagyja el az intézet területét. A szennyviz elterelésével biztosítjuk a szivófej tisztításának zavartalanságát és megakadályozzuk, hogy a szennyvizben lebegő szennyeződések üzemszünet idején a szivófej perforációjára és a vizgyűjtőtérbe lerakodjanak. A terelőcsatorna-zsilip kézi működtetésű, így véletlenszerű szennyviz elterelésre nem kerülhet sor.

A Sugárvédelmi Osztály Ügyeleti mérőszobájában, a környezet ellenőrzés folyamatos üzemi mérőműszereit egyesítő műszerfalban nyert elhelyezést a gamma-aktivitás koncentráció-mérő logaritmikus ratemetere, a hozzácsatlakoztatott pontiróval. /A szennyvizforgalom mérő ratemetereit és vonaliróját is ide fogjuk beépíteni./ Ugyanítt található a vízmérőhelyen lévő elektronikus egységek távműködtetését szolgáló kapcsolók, valamint a szennyvizkiemelés üzemzavarát és a mintavétel megtörténtét jelző hang és fényjelzők. Ily módon az ügyeletes a szolgálati helyén figyelemmel kísérheti az eltávozó szennyviz gamma aktivitás koncentrációjának változását, azonkívül üzembehelyezheti, vagy kikapcsolhatja a szennyvizellenőrzés elektronikus egységeit, továbbá szintemelkedéskor a $2 \cdot 10^{-5}$ $\mu\text{Ci/ml}$ értéknél bekövetkező automatikus mintavétel mellett - ha a szintemelkedés tovább folytatódik - a maximális értéknél távkapcsolással is vehet mintát. Tartós

szintemelkedés esetén mód van a detektor jeleinek 128 csatornás amplitudó analizátoron történő azonnali feldolgozására is.

Befejezésül köszönetet mondok a folyamatos szennyvizforgalom, szennyvizaktivitásmérő és mintavevő állomás létrehozásához nyújtott értékes közreműködéséért, segítségéért Fehér Istvánnak, Mészáros Istvánnak, Sági Pálnak, Kökény Zoltánnak és Udovicsky Péternek.

Érkezett: 1969. máj. 12.

KFKI Közl. 17.évf. 4.szám, 1969.

