

KÖZPONTI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZET FŐNYVTÁRA
leltárba véve 9.307 sz. alatt.
Budapest, 1968 év III hó 1 én

Pappné

1988

Vol. 15. No. 1. 1967

КФИ

KÖZLEMÉNYEK

СООБЩЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ИНСТИТУТА ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

REPORTS OF THE CENTRAL RESEARCH INSTITUTE FOR PHYSICS

Szerkeszti: Ádám András
Главный редактор: А. Адам
Editor: A. Ádám

A KÖZPONTI FIZIKAI KUTATÓ INTÉZET KIADÓI CSOPORTJA
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА ЦЕНТРАЛЬНОГО ИНСТИТУТА ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
PUBLISHING GROUP OF THE CENTRAL RESEARCH INSTITUTE FOR PHYSICS
BUDAPEST, 114. POB 49.

Technikai szerkesztő: Nagy Imréné
Megjelent: 1967. febr. 5.

Példányszám: 320
Rotaszám: 2891

A kiadásért felelős: Jánossy Lajos

Megjelenik: kéthavonta
Előfizethető: az MNB 100.015-70 bevételi számlán
Előfizetési díj: egyes szám 5,-Ft, egy évre: 30,-Ft /6 szám/

52

ÖSSZESÍTETT TARTALOMJEGYZÉK AZ 1967. ÉVBEN MEGJELENT SZÁMOKHOZ

Oldal

Balla János: Héliumkriosztát neutrondiffrakciós mérésekhez 3... 300 K ^o hőmérséklettartományra	393
Bene Edit, Szabó Pál, Tompa Kálmán: Vizsgálatok kockatextu- rás réz fóliákon	341
Bürger Gábor, Klopfer Ervin és Kostka Pál: Elektromechani- kus kapcsolócsatorna potenciálon lévő berendezések vezérléséhez.	357
Bürger Gábor, Gombos Péter, Klopfer Ervin és Kostka Pál: Elektromágneses működtetésű gázszelep tankgenerátor ionforrásához	363
Csada Imréné: Lásd Rausch Henrik	
Dobrosz Marian: Konjugált gradiens módszer alkalmazása a Dirichlet feladat blokkiterációs sémá- ban való megoldására	325
Erő Jánosné: Szerves anyagok radiolizisekor keletkezett gyö- kök vizsgálata ESR módszerrel	207
Erő Jánosné, Grüner György, Tompa Kálmán és Tóth Ferenc: Gyökrekombináció és molekuláris mozgá- sok vizsgálata ESR és MMR módszerrel	345
Fehér István és Kroó Erik: Egyszerű alacsonyhárterű béta- számláló	49
Fodor Miklós, Mink János és Pokó Zoltán: Az UO ₃ -H ₂ O rendszer képződésének, termikus bomlásának és szer- kezetének vizsgálata II.	133
Gombos Péter: Lásd Bürger Gábor	
Grüner György: Lásd Erő Jánosné	
Kardon Béla, Kiss Dezső, Perjés Zoltán, Seres Zoltán és Zámori Zoltán: Gerjesztett magnivók g-faktorának mérése differenciális perturbált szögkorreláció módszerrel	63
Kiss Árpád és Salamon Tamás: He-Ne gázlaser $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ / erősíté- sének kísérleti vizsgálata	29

KFKI

KÖZLEMÉNYEK

T A R T A L O M

1. Szabó Pál: Egyszerű módszer négy bináris jegyű egylépéses decimális kódok számának meghatározására 3
2. Szabó Pál: Négy bináris jegyű decimális kódok egy átkódolási tulajdonsága 11
3. Szabó Pál: Egylépéses kód kiválasztása számláló-dekádokhoz 15
4. Kiss Árpád és Salamon Tamás: He-Ne gázlaser $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ / erősítésének kísérleti vizsgálata 29
5. Kovács István: A H ion G_{10} és G_{11} ütközési hatáskeresztmetszeteinek mérése CO_2 és N_2 gázokban 37
6. Fehér István és Kroó Erik: Egyszerű alacsonyhat-
terű béta-számláló 49
7. Péter István és Szulyovszky Andor: Legújabb hazai
diffúziós szivattyúk 55

Р е з ю м е

1. Простой метод для определения числа одношаговых десятичных кодов, содержащих четыре двоичных разряда

П. Сабо

В сообщении описывается простой метод, основанный на свойствах структуры кодов для определения возможного числа одношаговых десятичных /4-ОДДК/ кодов, содержащих четыре двоичных разряда. С помощью метода для этих кодов можно выбрать простые формы, пригодные для 9-го и 10-го дополнения.

2. Свойство перекодирования десятичных кодов с четырьмя двоичными разрядами

П. Сабо

Дается описание рассортирования десятичных кодов, содержащих четыре двоичных разряда по минимально необходимому количеству однозначно характеризующих их двоичных разрядов. Рассортирование кодов производится просто, на основании диаграмм Вейча-Карнауха.

3. Выбор одношагового кода для декадных счетчиков

П. Сабо

В статье среди 42240 различных форм-кодов, существующих для одношаговых десятичных кодов, содержащих четыре двоичных разряда, излагается выбор форм, обладающих наиболее благоприятными свойствами с точки зрения применения их в декадных счетчиках. Наиболее эффектными являются формы одношаговых Липпел код-типов, пригодные для 9-го и 10-го дополнения.

4. Экспериментальное исследование усиления $\lambda - 6328 \text{ \AA}$ газового лазера He - Ne

А. Киши и Т. Шаламон

Описывается простой метод для измерения усиления лазеров He - Ne с окошком Брюстера, таким образом легко определяется максимальное усиление и получают информации об усилении в зависимости от интенсивности.

5. Измерение σ_{-10} и σ_{-11} сечений столкновения H^- -иона в CO_2 и N_2 газах
И. Ковач

Измерили σ_{-10} и σ_{-11} сечения столкновения H^- -иона в CO_2 и N_2 газах, в диапазоне энергии от 200 до 500 кэВ, анализируя трехкомпонентный пучок, выходящий из камеры столкновения. С ростом ионной энергии сечение монотонно уменьшается в диапазоне измеренной энергии.

6. Простой бета-счетчик с низким фоном

И. Фехер и Э. Кроо

Для сцинтилляционной измерительной головки GOM ND -II7 был изготовлен бета-детектор с диаметром 25 мм, состоящий из пластикового сцинтиллятора толщиной 0,5 мм и светопроводящего плексигласового усеченного конуса толщиной 10 мм. Измерительная головка была эксплуатирована с помощью счетчика, снабженного дифференциальным дискриминатором типа GOM НК- 108. Сборка при хорошем экранировании детектирует бета-частицы с максимальной энергией $\geq 0,3$ МэВ с 18 % - 50 %-ной эффективностью в зависимости от энергии при фоне ~ 5 имп/мин. В статье показываются области применения построенного нами простого счетчика с низким фоном.

7. Новейшие отечественные диффузионные насосы

И. Петер и А. Сульовски

Излагаются технические данные масляных диффузионных насосов, выработанных Центральным Институтом Физических Исследований и предприятием "Tungsram". Были проведены сопоставления с данными насосов зарубежного производства с сходной производительностью.

S u m m a r i e s

1. A Simple Method for Determining the Possible Number of Four-Bit Unit-Distance Decimal Codes

P. Szabó

A simple method based on the structural properties of codes is described for determining the maximum possible number of Four-Bit Unit-Distance Decimal /4-BUDD/ codes. It can be used to select code forms suitable for their simple 9- or 10-complementing, too.

2. A Recoding Property of Four-Bit Decimal Codes

P. Szabó

The Four-Bit Decimal Codes are classified with respect to the minimum number of bits needed for the unambiguous identification of their code-words. The classification can be conveniently done using the representation of the codes on the Veitch-Karnaugh diagram.

3. Selection of Unit-Distance Codes for Decade Counters

P. Szabó

A method is described which permits to select the most appropriate forms of the available 42240 4-BUDD code-forms for use in decade counters. The 9- or 10-complementary forms of unit-distance Lippel codes are found to be the most advantageous.

4. Experimental Determination of Gain in He-Ne Gas Lasers / $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ /

Á. Kiss and T. Salamon

A simple method is described for measuring the gain in "Brewster-window" He-Ne gas lasers which permits to evaluate the maximum gain and yields information about the intensity dependence of gain, too.

5. Collision Cross Sections σ_{10} and σ_{11} of H^- in CO_2 and N_2

I. Kovács

The collision cross sections σ_{10} and σ_{11} of H^- for the loss of one and two electrons, respectively, have been measured in N_2 and CO_2 gases over the energy range from 200 to 500 keV by analysing the beam on its exit from the collision chamber with respect to the three components. Over the covered range of energy the cross sections were observed to decrease monotonically with increasing ion energies.

6. On a Simple Low-Background Beta Counter

I. Fehér and E. Kroó

A beta detector of 25 mm diam. surface, consisting of 0,5 mm thick plastic scintillator with 10 mm thick truncated plexiglas cone as light-guide, developed for use with GOM ND-117 type scintillation probe is described. Operating the probe in combination with GOM NK-108 type energy selective counter and using appropriate shielding, the beta particles of maximum $\geq 0,3$ MeV energy are detected with energy dependent efficiency of 18 to 50 per cent when the background intensity is ~ 5 cpm. Possible applications of this low-background counter are suggested.

7. Last Types of Diffusion Pumps in Hungary

I. Péter and A. Szulyovszky

The performance data of oil diffusion pumps recently developed in the Central Research Institute for Physics in cooperation with the Machine Factory of the Tungsram Company are outlined in comparison with the data of some foreign-built pumps of similar delivery.

EGYSZERŰ MÓDSZER NÉGY BINÁRIS JEGYŰ EGYLÉPÉSES DECIMÁLIS KÓDOK SZÁMÁNAK MEGHATÁROZÁSÁRA

Irta: Szabó Pál

Összefoglalás

A közlemény a kódok szerkezeti tulajdonságain alapuló egyszerű módszert ismerteti a négy bináris jegyű egylépéses decimális /4-BED/ kódok lehetséges számának meghatározására. A módszer segítségével kiválaszthatók e kódoknak egyszerű 9-es vagy 10-es komplementálásra alkalmas formái is.

Négy bináris jegyű egylépéses decimális /4-BED/ kódok alatt az alábbiakban olyan négy bit hosszúságú kód-szavakból álló tízes ciklusú kódot értünk, amelyekben bármely két szomszédos kód-szó egymástól csupán egyetlen bit értékében különbözik [1], azaz két szomszédos kód-szó közti Hamming-távolság mindig egységnyi [2]. E kódokat Gilbert tíz különböző típusba sorolta [3] /I. táblázat/, melyeken belül az egyes kódok az alábbi átalakítások, vagy ezek kombinációinak alkalmazásával egymásba átalakíthatók:

- a/ A kód kezdő szavának /a 0 decimális számjegyhez rendelt kód-szónak/ eltolása /10-féle lehetőség/.
- b/ A kód szavain történő végighaladás irányának megválasztása /2-féle lehetőség/.
- c/ Egy vagy több bináris jegy egyidejű komplementálása valamennyi kód-szóban / $2^4 = 16$ -féle lehetőség/.
- d/ Egy vagy több bináris jegy-párnak valamennyi kód-szóban történő egyidejű felcserélése / $4! = 24$ -féle lehetőség/.

Az egyes kódok szokásosan kódszókészlet /codiset/ formájában adhatók meg. Ez - 4-BED kódok esetén - tíz sort és négy oszlopot tartalmazó táblázat, melynek sorait a tíz kód-szó alkotja. A sorok jelölése a kód-szavakhoz rendelt 0-9 decimális számjegyekkel, az oszlopok jelölése az ABCD nyomtatott nagybetűkkel történhet /lásd pl. 2. ábra/.

Az a/- d/ pontokban felsorolt átalakítások kényelmes megadhatósága érdekében jelöljük egy kiválasztott, adott kódszókészletet a [0, ABCD, 9]

rövidített jelöléssel. A jelölés arra utal, hogy az eredeti kódszókészletben a kód-szavak 0-9-ig vannak számozva, az oszlopok pedig A-tól D-ig betűzve.

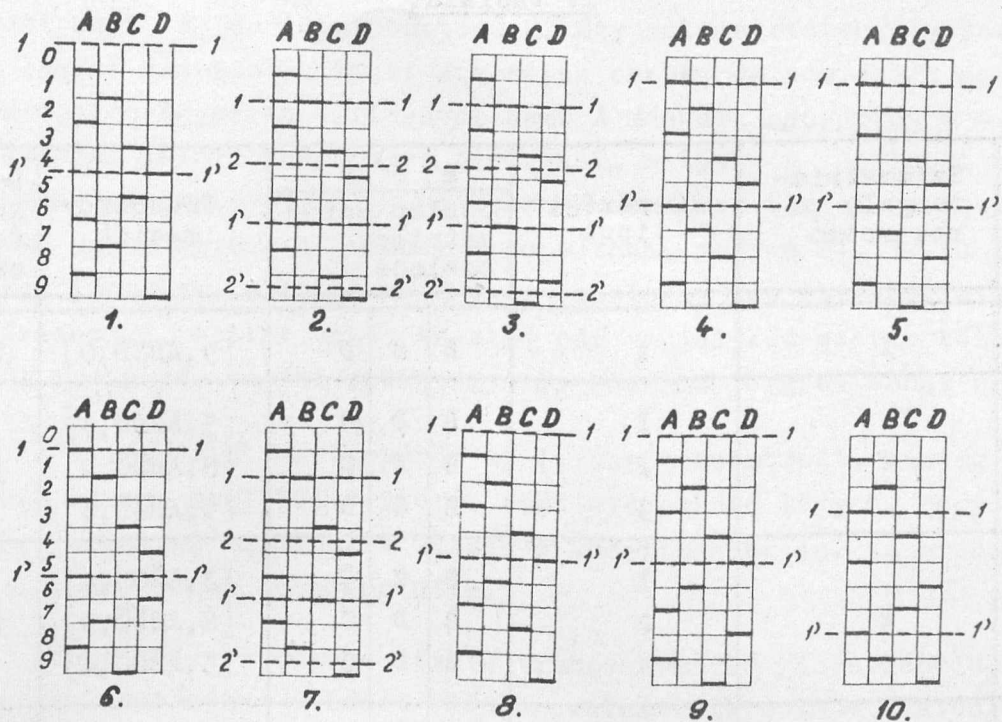
Az a/ pontban említett átalakítások a fenti jelölés használata esetén megadhatók, mint az első és utolsó számjegyeknek a kivánt jeggyel történő eltolásai, a b/ pontban említett átalakítás a két számjegy felcserélését jelenti, a c/ pont szerinti átalakítások a megfelelő oszlopot jelentő betűk felülvonásával jelölhetők, és végül a d/ pontban szereplő átalakítások a betűk sorrendjének felcserélésével jelezhetők. A [6, \overline{BACD} , 7] jelölés pl. azt jelenti, hogy az eredetileg 6.sz. kód-szó lesz az új kódszókészletben a 0. számú, a kód-szavakon történő végighaladás iránya megváltozik, az eredeti kódszókészlet A oszlopa komplementálandó, és az A és B oszlopok helyet cserélnek.

Bármely 4-BED kódtípuson belül az a/- d/ pontok szerinti átalakítások elvégzése elvileg újabb kód-formát eredményez. Az átalakítások lehetséges kombinációi minden típusra $10 \cdot 2 \cdot 16 \cdot 24 = 7680$ féle formát adnak meg, a tiz típusra nézve tehát összesen 76 800-at. Ennyi különböző kód-forma azonban nem létezik, ugyanis egyes kód-típusokra megadhatók olyan transzformációk, /az a/- d/ pontok szerinti átalakítások kombinációi/, amelyek elvégzése után a kiinduló kód-formát kapjuk vissza, természetesen anélkül, hogy az átalakítások között inverz műveleteket irtunk volna elő.

Példa erre az un. Lippel-kódok [4] egylépéses változata, melyre nézve H.E. Tompkins a lehetséges különböző formák számát 1920-ban állapította meg [1] . A típus Gilbert közleményében [3] az I.táblázatban a "Length 10" csoport második sorában a 1213412134 számsorozattal van jellemezve, és a jelen cikk I.táblázatában a 2.sz.-al jelölt kódtípus.

E tulajdonság oka e kódtípusok szerkezetében fennálló szimmetriatulajdonság, közelebbről: az egymást követő kód-szavak közti átmenetek alkalmával a kód-szavak jegyeiben fellépő jegy-váltások elhelyezkedésében található szimmetria. / E szimmetriák megtalálhatók a kódoknak az n dimenziós "kockán" történő geometriai ábrázolásában is, azonban ezen ábrázolásoknak síkba történő leképzése során a szimmetriák egy része eltűnik [3] ./

A kód-típusokra jellemző szimmetriák könnyen megtalálhatók azonban a kódszókészletekből származtatható szerkezeti vázlatokon. Ilyen vázlaton az eredeti kódszókészlet minden bináris jegyét egy-egy négyzet ábrázolja, melynek oldalai vastag vonallal vannak rajzolva, azokon a helyeken, ahol két kód-szó bináris jegyei között váltás lép fel. A 4-BED kódok tiz típusát az 1. ábrán tiz vázlat ábrázolja, melyek mindegyike a Gilbert által megadott egy-egy kódtípusnak felel meg, ugyanabban a sorrendben, mint a [3] közlemény



1. ábra

I. táblázatán a "Length 10" csoportban. A szerkezeti vázlatok négyszögei a megfelelő kódszókészletek szokásos jelöléseivel vannak ellátva.

A legtöbb kódtípus szerkezeti vázlatán egy vagy két szimmetriatengely-pár található, amelyekre nézve az egyes oszlopokban fellépő váltások szimmetrikus formában helyezkednek el. A váltások szimmetrikusak lehetnek egy kód-szóra, vagy két szomszédos kód-szó közti átmenetre vonatkoztatva. Egy kód-szó, vagy két szomszédos kód-szó közti átmenet akkor és csakis akkor lehet egy kód-típus szimmetriatengelye, ha az összes váltások erre a tengelyre oszloponként szimmetrikusan, vagy oszlop-páronként kölcsönösen szimmetrikusan helyezkednek el.

Egy szimmetriatengely-pár jelenléte a kérdéses tipushoz tartozó kód-formák számának megfelelődsét okozza. Ilyen esetben bármely adott kód-formához található az a/-d/ pontok szerinti átalakításoknak egy olyan kombinációja, amelynek alkalmazásával szemben az adott kód-forma invariáns, azaz a kérdéses transzformáció önmagába viszi át. Két szimmetriatengely-pár esetében három különböző ilyen transzformáció adható meg, és a lehetséges kód-formák száma az eredeti maximumnak egy negyede lesz. Az egyes szimmetriatengelyek kijelölése útján a 4-BED kódok tényleges száma tehát meghatározható.

I. táblázat

Kódtípus számozása	Szimmetria- tengely pá- rok száma	Tükrözési típus	B	C	D	Transzfor- mációk	Lehetsé- ges kód- formák száma
			oszlop szim- metrikus oszlopa				
1	1	1	B	C	D	[9,ABC \bar{D} ,0]	3 840
2	2	1	B	D	C	[3,A \bar{B} DC,4]	1 920
		2	B	D	C	[8,AB $\bar{D}\bar{C}$,9]	
		3	B	C	D	[5,A $\bar{B}\bar{C}\bar{D}$,4]	
3	2	1	B	C	D	[3,A \bar{B} CD,4]	1 920
		2	B	D	C	[8,AB $\bar{D}\bar{C}$,9]	
		3	B	D	C	[5,A $\bar{B}\bar{D}\bar{C}$,4]	
4	1	1	D	C	B	[1,A \bar{D} CB,2]	3 840
5	-	-	-	-	-	-	7 680
6	1	1	C	B	D	[1,A \bar{C} BD,2]	3 840
7	-	3	C	B	D	[5,A $\bar{C}\bar{B}\bar{D}$,4]	3 840
8	1	1	C	B	D	[9,ACB \bar{D} ,0]	3 840
9	-	-	-	-	-	-	7 680
10	1	1	C	B	D	[5,A $\bar{C}\bar{B}$ D,6]	3 840

összesen : 42 240

A meglévő szimmetriatengely-párok kijelöléséhez vizsgáljuk meg először a szerkezeti vázlatok egyes oszlopaikat. A 4-BED kódok definíciószerűen mindig összesen tíz váltást tartalmaznak kód-szavaik között, és e váltások az egyes oszlopok között csak a 4:2:2:2 arányban lehetnek megosztva. Egy kód szimmetriatengelyére nézve a négyváltásos oszlop váltásainak tehát feltétlenül szimmetrikusan kell elhelyezkedniük, miután a kódban nincs másik négyváltásos oszlop, amire nézve kölcsönösen szimmetrikus lehetne.

A 4-BED kódok négyváltásos oszlopai szimmetria szempontból három csoportra oszthatók. Az első csoportba az 1. ábrán 1., 8. és 9. számmal jelölt kódtípusok A oszlopai tartoznak. Egy szimmetriatengely-párjuk van, amelyek tagjai kód-szavak közti átmenetbe esnek, de nem esnek egybe a négyváltásos oszlop egyetlen váltásával sem. A második csoportba a 4., 5., 6. és 10. számmal jelölt kódtípusok tartoznak, melyek A oszlopai ugyancsak egy szimmetriatengely-párral rendelkeznek, amelyek tagjai az oszlop egy-egy váltásával esnek egybe. A harmadik csoportban, mely a 2., 3. és 7. számmal jelölt kódtípusokat tartalmazza, az A oszlopok két szimmetriatengely-párral rendelkeznek, melyek közül az első pár tagjai kód-szavak közti átmenetekkel, a másik pár tagjai pedig egy-egy bináris jeggyel esnek egybe.

E szimmetriatengely-párok az 1. ábrán számozott, vastag szaggatott vonalakkal vannak megjelölve azért, hogy eldönthető legyen, hogy melyek szimmetriatengelyei egyuttal a kérdéses kód-típusnak is. Az eredmények az I. táblázatban vannak összefoglalva.

Adott kódot önmagába átvivő transzformáció /invariancia-transzformáció/ meghatározásához a kódot először valamelyik szimmetriatengelyén tükrözni kell. A tükrözés meghatározza az a/, és b/, pontokban említett átalakításokat. Ezek után felcserélendők a kölcsönös szimmetriát mutató oszlopok, /d/ pont szerinti művelet/, majd végül - ahol szükséges - helyreállítandók az eredeti bit-értékek oszloponkénti komplementálás segítségével, /c/ pont szerinti művelet./

Két szimmetriatengely-párt tartalmazó kódok esetében a szimmetriatengelyeken történő tükrözésre háromféle lehetőség van:

- 1/ A kód tükrözése az 1-1 vagy 1'-1' szimmetriatengelyek egyikén.
- 2/ Tükrözés a 2-2 vagy 2'-2' szimmetriatengelyek egyikén.
- 3/ Előbb az 1-1 vagy 1'-1' szimmetriatengelyek egyikén, majd a 2-2 vagy 2'-2' szimmetriatengelyek egyikén, illetve fordított sorrendben. /Az 1. és 2. pontokban említett tükrözések kombinációja./

Az egyes kód-típusok tükrözési lehetőségei és szimmetria-viszonyai, valamint az 1. ábra szerinti szerkezeti vázlatoknak megfelelő kód-formákat önmagukba átvivő transzformációk az I. táblázatban fel vannak tüntetve.

Megjegyzendő, hogy az 1. ábrán 7.sz.-mal jelölt kódtípusnak nincs valóságos szimmetriatengelye, de a 3. pont szerinti tükrözés alkalmazása után szimmetria található az A és D oszlopokban, valamint kölcsönös szimmetria a B és C oszlopok között, így egy transzformáció megadható, amelyre nézve a kód-forma invariáns.

Az 1.sz. kódtípus egy lehetséges formája a három többletes Gray-kód, ami az 1.sz. ábrán látható szerkezeti vázlatból közvetlenül felírható kódszókészletnek /2.a. ábra/ a [4 D \bar{C} BA,5] transzformáció szerinti átalakításával igazolható /2.b. ábra/.

	A	B	C	D
0	0	0	0	0
1	L	0	0	0
2	L	L	0	0
3	0	L	0	0
4	0	L	L	0
5	0	L	L	L
6	0	L	0	L
7	L	L	0	L
8	L	0	0	L
9	0	0	0	L

	A	E	C	D
0	0	0	L	0
1	0	L	L	0
2	0	L	L	L
3	0	L	0	L
4	0	L	0	0
5	L	L	0	0
6	L	L	0	L
7	L	L	L	L
8	L	L	L	0
9	L	0	L	0

a.

b.

2. ábra

Az egyes kód-típusokhoz tartozó kód-formák számát az előforduló szimmetriák már meghatározzák. Az összes négy bináris jegyű egylépéses kód-formák száma ezek összege, azaz 42 240.

Számlálódekádokban történő felhasználás esetén lényeges előnyt jelenthet az alkalmazott kódok egyszerű komplementálhatósága. A vizsgált 4-BED kódok ugyan nem önkomplementáló kódok, azaz a /9-es vagy 10-es/ komplementer decimális számjegyekhez rendelt kód-szavak egymásnak binárisan nem komplementerei, de a szimmetriatengely-párokkal rendelkező kódtípusoknak vannak olyan formáik, amelyek sokszor az önkomplementáló kódoknál egyszerűbben komplementálhatók.

Egy szimmetriatengely-párral rendelkező 4-BED kód-típusoknak négy, egyszerűen komplementálható csoportjuk van, és ezek 9-es komplementálásra alkalmasak, két szimmetriatengely-párral rendelkező kód-típusoknak nyolc, egyszerűen komplementálható csoportjuk van, ezek közül négy 9-es, négy pedig 10-es komplementálásra alkalmas.

A szimmetriatengely-párokkal rendelkező kód-típusok egyszerűen komplementálható formái az 1. ábrán látható szerkezeti vázlatok segítségével egyszerűen előállíthatók. A kód-szavak közti átmenetekben elhelyezkedő szimmetriatengely-párok esetében a kódok úgy irandók fel, hogy az egyik szimmetria-

tengely a 9-0 átmenetbe kerüljön. Ebben az esetben 9-es komplementálásra alkalmas kódot kapunk. Kód-szavakkal egybeeső szimmetriatengelyek esetében az egyik szimmetriatengelynek a 0 jelzésű kód-szón kell keresztülmennie. Ilyen elrendezés 10-es komplementer kódokat eredményez.

9-es komplementálásra alkalmasak az 1.sz. kódtípus 2.a., illetve 2.b. ábrákon látható formái a D, illetve az A oszlop komplementálása útján.

Az anyaggal kapcsolatos hasznos megjegyzéseisért köszönet illeti Dr. Dénes József elvtársat.

I r o d a l o m

- [1] Tompkins, H.E.: Unit Distance Binary-Decimal Codes for Two-Track Commutation. IRE Transactions on Electronic Computers. EC-5, 139 /1956/
- [2] Hamming, R.W.: Error Detecting and Error Correcting Codes. Bell System Technical Journal. 29, 147-160 /1950/
- [3] Gilbert, E.N.: Gray-Codes and Paths on the n-Cube. Bell System Technical Journal. 37, 815-826 /1958/
- [4] Lippel, B.: A Decimal Code for Analog-to-Digital Conversion. IRE Transactions on Electronic Computers. EC-4, 158-159 /1955/

NÉGY BINÁRIS JEGYŰ DECIMÁLIS KÓDOK EGY ÁTKÓDOLÁSI TULAJDONSÁGA

Irta: Szabó Pál

Összefoglalás

A közlemény a négy bináris jegyű decimális kódokat a szavaik egyértelmű jellemzéséhez minimálisan szükséges bináris jegyek száma szerint osztályozza. Az osztályozás a kódok Veitch-Karnaugh diagrammon történő ábrázolása útján egyszerűen elvégezhető.

Négy bináris jegyű decimális /4-BD/ kódoknak számlálódekádokban történő alkalmazása során a kapuzási feltételek egyszerűsíthetőségét eredményezi olyan kódok felhasználása, amelyeknek bármelyik kód-szava csupán három bináris jegy értékének megadásával egyértelműen jellemezhető. Miután ez a tulajdonság tizhuzalos /one out of ten/ kódba történő párhuzamos átkódolás alkalmával is lényeges egyszerűsítést jelent, ilyen kódok alkalmazása a számlálódekádok tiz jelző elem segítségével történő kijelzését is megkönnyíti [1]. Nevezük az ilyen tulajdonsággal rendelkező négy bináris jegyű decimális /4-BD/ kódokat párhuzamosan egyszerűen átkódolható /rekódolható/, röviden R-kódoknak.

Valamely adott négy bináris jegyű decimális /4-BD/ kód egy kiválasztott kód-szava /tizhuzalos kódba/ párhuzamosan akkor kódolható át egyszerűen, ha a kód szókészlete nem tartalmaz négy olyan további kód-szót, amelyek a kiválasztottól kizárólag egyetlen jegyűben különböznek. Ha egy kód valamennyi kód-szava ilyen tulajdonságú, a kód R-kód. E tulajdonság megléte a kérdéses kód szavainak egyenkénti összehasonlítása útján kimutatható ugyan, ez a módszer azonban tulságosan körülményes. A vizsgálat lényegesen egyszerűsíthető a Veitch-Karnaugh diagrammok /Veitch-Karnaugh Maps, [2, 3, 4]/ felhasználásával.

Ábrázoljuk egy 4-BD kód valamely kód-szavát a Veitch-Karnaugh diagrammon. /A továbbiakban: V-K diagramm./ Ez a kód-szó a V-K diagramm egyik négyszögét foglalja el. /1. ábra, 1-el jelölt négyszög./ Ha a diagrammba be-

	3		
2	1	5	
	4		

1. ábra

rajzoljuk a kiválasztott kód-szótól csupán egyetlen jegyben különböző négy lehetséges további kód-szót, /1. ábra 2-5 négyszögek,/ azt találjuk, hogy a diagrammon az öt kód-szó által meghatározott négyszögek, tekintet nélkül az elsőnek kiválasztott kód-szóra, illetve a neki megfelelő négyszög elhelyezkedésére, kereszt alakú geometriai formációt alkotnak, figyelembevételével természetesen azt, hogy a diagramm bármely irányban folytonosnak tekintendő.

Ha valamely 4-BD kód V-K diagrammon történő ábrázolásán a kódhoz tartozó tetszőleges öt kód-szó kereszt alakban helyezkedik el, a kód nem lehet R-kód. Ha az ábrázolt kód-szavak egyetlen ilyen keresztet sem alkotnak, a kód R-kód.

Ha a lehetséges /nem elfajuló/ 4-BD kódokat a fent említett átkódolhatóság szempontjából osztályozzuk, három csoportot különböztethetünk meg:

- 1/ Olyan kódok, melyeknek V-K diagrammon történő ábrázolása nem tartalmaz kereszt alakban elhelyezkedő öt kód-szót. Ezek a tizhuzalos kódba párhuzamosan egyszerűen átkódolható négy bináris jegyű decimális, röviden 4-BDR kódok.
- 2/ Olyan kódok, melyek V-K diagrammon történő ábrázolásán öt kód-szó egy kereszt alakú formációt alkot, és az ábrázolás több ilyen formációt nem tartalmaz. Ilyen kódokban a kereszt közepéhez rendelt kód-szó tizhuzalos kódba történő párhuzamos átkódolásához, /illetve a kód-szó egyértelmű jellemzéséhez/ mind a négy jegyének figyelembevétele szükséges. /NR kódok./
- 3/ Olyan kódok, melyek V-K diagrammon történő ábrázolásán legalább részben különböző kód-szavak két különböző, kereszt alakú formációt alkotnak. E kódokban a két formáció /szükségképpen különböző/ két középső kód-szava csak négy-négy jegyének figyelembevételel jellemezhető egyértelműen. /2 NR kódok./

A négy bináris jegyű decimális kódok R tulajdonsága csupán a kódhoz tartozó kód-szavaknak a lehetséges 16 kombináció közül történő relatív /egymáshoz viszonyított/ megválasztásától függ, és így invariáns nemcsak a kódok típusát nem változtató / [5] a., b., c., d. pontok/ átalakításokkal, hanem a kód-szavak sorrendjének tetszőszerinti megváltoztatásával szemben is.

Párhuzamos számlálódekádok tervezése kapcsán felmerül a kérdés, hogy léteznek-e négy bináris jegyű egylépéses decimális, párhuzamosan egy-

szerűen átkódolható /4-BEDR/ kódok. Ennek eldöntéséhez fentiek értelmében elegendő az [5] közlemény 1. ábráján, illetve I. táblázatában megadott tíz lehetséges 4-BED kódtípushoz tartozó egy-egy tetszőleges kód-forma V-K diagrammon történő ábrázolása.

Vizsgáljuk meg példaképpen az említett közlemény [5] 1. ábráján 1.sz.-mal jelölt kód-típust. Ennek egy lehetséges formáját, mely a szerkezeti vázlatból a 0000 kezdő szó választása útján adódik, a 2.a. ábrán látható kódszókészlet ábrázolja.

	A	B	C	D
0	0	0	0	0
1	L	0	0	0
2	L	L	0	0
3	0	L	0	0
4	0	L	L	0
5	0	L	L	L
6	0	L	0	L
7	L	L	0	L
8	L	0	0	L
9	0	0	0	L

a.

		CD			
		00	0L	LL	LD
AB	00	0	9		
	0L	3	6	5	4
	LL	2	7		
	LD	1	8		

b.

2. ábra

E kód V-K diagrammon történő ábrázolása a 2.b. ábrán látható. Az ábrán az egyes kód-szavaknak megfelelő négyzetek a szavakhoz rendelt decimális számjegyekkel vannak megjelölve. A bekarikázott 3. és 6. sz. kód-szavak egy-egy kereszt alakú formáció középpontját alkotják, a kód tehát a 3. pontban meghatározott csoportba tartozó, két jegyében párhuzamosan egyszerűen át nem kódolható /4-BED 2NR/ típus.

Az [5] közlemény 1. ábráján, illetve I. táblázatában található 10 db 4-BED kódtípust az átkódolhatóság szempontjából megvizsgálva megállapítható, hogy azok közül párhuzamosan egyszerűen átkódolható öt típus/a hivatkozott táblázatban a 2,3,4,5 és 8 számmal jelöltek/, egy jegyében kedvezőtlenül kódolható át a 9.sz. típus, két jegyében az 1,6,2 és 10 sz.-mal jelölt négy típus.

I r o d a l o m

- [1] Elmore, W.C.: Decade Scaling Circuits, Rev. Sci. Instr. 22, 835-836 /1951/
- [2] Veitch, E.: A Chart Method for Simplifying Truth Functions, Proc. Assoc. for Computing Machinery. Pittsburgh, Pa. Meeting. 1952. Máj. 2-3. 127-133 old.
- [3] Karnaugh, M.: The Map Method for Synthesis of Combinational Logical Circuits. Commun. and Electronics. 72, 593-599 /1953/
- [4] Clark, R.C.: Diagrammatic Method of Code Construction. Commun. and Electronics. 78, 817-823 /1959/
- [5] Szabó Pál: Egyszerű módszer négy bináris jegyű egylépéses decimális kódok számának meghatározására. KFKI Közl. 3 /1967/

Érkezett: 1966. okt. 6.

KFKI Közl. 15.évf. 1.szám, 1967.

EGYLÉPÉSES KÓD KIVÁLASZTÁSA SZÁMLÁLÓDEKÁDOKHOZ

Irta: Szabó Pál

Összefoglalás

A cikk a négy bináris jegyű egylépéses decimális kódok rendelkezésre álló 42240 különböző kód-formája közül a számlálódekádokban történő alkalmazás szempontjából a legtöbb előnyös tulajdonsággal rendelkező formák kiválasztását tárgyalja. A vizsgált szempontok alapján az un. egylépéses Lippel kódtípus 9-es ill. 10-es komplementálásra alkalmas formái tekinthetők a legkedvezőbbeknek.

A nukleáris mérés technika digitális területén elektronikus impulzus-számlálók számlálási, vagy e műveletre visszavezethető feladatok megoldására kiterjedten használatosak. Nagyobb tárolóképessegi számlálók - az általunk megszokott tízes számrendszer alkalmazhatósága érdekében - legtöbb esetben tízes tárolóképessegi részegységek, számlálódekádok sorbakapcsolása útján keletkező számlálóláncként kerülnek megvalósításra. Ez az oka a számlálódekádok kiemelkedő jelentőségének.

A számlálódekádok megvalósíthatók egyetlen tízállású számlálófokozat formájában, vagy tíznél kevesebb stabil állapotú számlálófokozatok összekapcsolása útján maguk is számlálólánccok lehetnek. Különösen gyakran alkalmazott, fontos csoportjuk az egyszerű eszközökkel megbízhatóan felépíthető, minimálisan négy bistabil számlálófokozatot tartalmazó módosított számlálólánc formájában megvalósított számlálódekád.

A 16 állású, négy bistabil fokozatot tartalmazó számlálólánccból a legelterjedtebb, "klasszikus"-nak nevezhető módszer szerint a dekádok egyes, a számlálás során fellépő jelek előre vagy visszacsatolása /a kapuáramkörök módosítása/ útján alakíthatók ki. Az utóbbi időben több közlemény jelent meg, [1, 2, 3], amelyek a négy bistabil számlálófokozatot tartalmazó számlálódekádoknak egy újabb, az irodalomban koincidencia /vagy impulzus irányító/ módszernek [1, 4] nevezett megoldás szerint történő kialakítását tárgyalják. Egységes szempontból mindkét módszer tulajdonképpen a számlálóde-

kádoknak homogén /azonos számú stabil állapottal rendelkező fokozatokból álló/ egyszerű számlálóláncokból a fokozatok eredeti billenési sorrendjének a kapuzás megváltoztatása /módosítása/ útján, módosított számlálólánc formájában történő megvalósításának tekinthető [5]. A klasszikusnak nevezhető módszer szerint a dekádot módosított soros számlálólánc formájában állítjuk elő, a "koincidencia módszer" szerint pedig módosított párhuzamos számlálólánc formájában, mivel itt a számlálólánc működése során valamely adott bemenőjelre átbillenő számlálófokozatok a működtető jelet egy jelforrásból, párhuzamosan kapcsolódó kapuáramkörökön keresztül egyszerre kapják.

Az alkalmazások jelentős részében - elsősorban időzítési feladatok kapcsán - nagy jelentősége van az alkalmazott számlálódekádok összetartozó be- és kimenő jelei közötti időkésésnek. Ez az időkésés a klasszikus módszer szerinti megoldások esetében 2-4 számlálófokozat egyéni késleltetésének összege, míg az utóbb említett koincidencia módszer alkalmazása esetén egyetlen fokozat egyéni késleltetése, tehát lényegesen kedvezőbb érték.

A párhuzamos számlálóláncként történő megvalósítás további előnye, hogy e módszerrel valamennyi létező négy bináris jegyű decimális kód elvileg egyaránt megvalósítható. A figyelembe veendő igen nagy számú ($n = \frac{16!}{6!}$) kódolási lehetőség módot nyújt arra, hogy általunk előírt feltételeknek megfelelő kód megválasztása útján előnyös tulajdonságokkal rendelkező számlálódekádokat alakíthassunk ki.

Ilyen feltételként kínálkozik az egylépéses /Unit - Distance/ kódok alkalmazása [6, 7]. Ezek segítségével egyszerre küszöbölhető ki a párhuzamos számlálóláncoknak általában meglévő azon két hátrányos tulajdonsága, hogy egyrészt a meghajtó jelforrásnak egyszerre több számlálófokozatot kell átbillentenie, másrészt az, hogy az utolsó /tizedik/ bemenőjel által kiváltandó kimenőjel előállításához koincidencia áramkör /ÉS kapuáramkör/ alkalmazása szükséges.

A minimális számlálófokozatszámú megvalósítható, négy bináris jegyű egylépéses decimális /4-BED/ kódoknak 10 különböző kódtypusba sorolható [7], összesen 42240 kódformájuk van [8]. Ez további kiválasztási lehetőséget nyújt a számlálódekádokban történő felhasználás szempontjából kedvező tulajdonságok tekintetében. A tíz kódtypus között öt olyan típus található, amelyekben a hozzájuk tartozó kód-formák bármelyik kód-szava csupán három bináris jegy értékének megadásával egyértelműen jellemezhető [9]. Ez a tulajdonság a számlálódekádokban történő alkalmazás során módot nyújt a kapuzási feltételek egyszerűsítésére.

Valamely párhuzamos számlálólánc egy kiválasztott kapuáramkörének nyitási feltételét általános esetben a láncot alkotó számlálófokozatoknak

az áteresztendő működtető jel fellépését közvetlenül megelőző állapot-kombinációja határozza meg. Négy számlálófokozatot tartalmazó párhuzamos számlálólánc esetében a soron következő számlálófokozat átbillentéséhez általában öt feltételnek: a négy számlálófokozat állása által meghatározott négy kapuzási és a működtető jel érkezési feltételének kell teljesülnie, aminek áramköri megvalósításához öt bemenetű kapuáramkörök alkalmazása szükséges.

A négy bináris jegyű decimális /4-BD/ kódok alkalmazása, vagyis az a körülmény, hogy a négy számlálófokozat két-két állásának összesen tizenhat féle lehetséges kombinációja közül egy decimális /tiz szavas/ kód csupán tiz kombinációt használ fel, az általános esethez képest már önmagában is egyszerűsítéseket tesz lehetővé. Fizikailag erre az ad lehetőséget, hogy a fel nem használt, és így a helyes működés során fel nem lépő állás-kombinációknak a kapuzás /és általában a dekád állása/ szempontjából a fellépő kombinációktól való megkülönböztetése szükségtelenné válik. Matematikailag, azaz a logikai algebra szempontjából ez a nyitási /illetve kapuzási/ feltételeket leíró logikai egyenleteknek a fel nem használt kombinációkhoz tartozó feltételekkel történő egyszerűsíthetőségét jelenti. A formális egyszerűsítések akár a logikai egyenletekkel való műveletek [1], akár az őket ábrázoló diagrammok /pl. Veitch-Karnaugh, röviden V-K diagramm/ [10, 11, 12] segítségével határozhatók meg. A három bináris jegy értékének megadásával egyértelműen jellemezhető kód-szavakkal rendelkező, és a tizhuzalos /one out of ten/ kódba párhuzamosan egyszerűen átkódolható /rekódolható/ négy bináris jegyű egylépéses, röviden 4-BEDR kódok alkalmazása esetében a kapuzási egyenletek a működtető jel feltételén kívül minden esetben legfeljebb három kapuzási feltételt tartalmazó alakra egyszerűsíthetők. 4-BEDR kódok alkalmazása esetén tehát legfeljebb négy bemenetű kapuáramkörök szükségesek és e kódok előírása a választékot az említett öt típuson belül 19200-ra csökkenti. /Lásd: [8] I. táblázat, 2, 3, 4, 5 és 8. sz. kódtípusok./

További egyszerűsítési lehetőség a "nem teljes" kapuzás alkalmazása, azaz olyan kapuáramkörök nyitásának megengedése, amelyekhez csatlakozó bistabil multivibrátor bemenetek már átbillentett állapotban találhatóak, újabb működtető jeleknek ezen kapuáramkörön keresztül történő érkezése tehát újabb átbillenést nem okozhat.

A "teljes" kapuzás feltétele a kapuzási egyenletekben oly módon jut kifejezésre, hogy az egyenlet az adott kapuáramkörrel átbillentendő fokozat állását mint kapuzási feltételt tartalmazza. E feltétel elhagyása azonban az általában alkalmazott két bemenetű, R-S típusu [13] bistabil multivibrátorok és a vizsgált 4-BEDR kódok esetében a logikai működésben változást nem jelent, mert a felírható kapuzási feltételekből megállapítható, hogy a megmaradó egyszerűsített egyenletek nem tartalmaznak olyan egyidejűleg fennálló kombinációkat, amelyekben egy bistabil fokozatnak egyszerre mind-

két bemenetére kerülne működtető jel /noha a helyes működés még ebben az esetben is biztosítható lenne/.

A "nem teljes" kapuzás alkalmazásának gyakorlati következménye kedvezőtlen abban a tekintetben, hogy a megfelelő számlálóláncban a párhuzamosan kapcsolódó jelbemenetekkel rendelkező kapuáramkörök közül egyszerre általában egynél több lesz nyitott állapotban található, mert ez a körülmény a meghajtó jelforrás fokozott megterhelését jelenti. Az ilyen módon keletkező többletterhelés azonban lényegesen kisebb, mint egy billentést végző kapuáramkör által okozott, mivel ilyen esetben a bistabil multivibrátor áramkörének a kapuáramkör kimenetére csatlakozó elektródja /ez tranzisztoros kivitel esetén rendszerint a lezárt tranzisztor bázisa/ a működtető jellel megegyező irányu előfeszítést kap. Döntő előnyt jelent ezzel szemben az, hogy valamennyi kapuáramkör bemeneteinek száma eggyel csökkenthető, 4-BEDR kódok esetében a kapcsolás tehát legfeljebb három bemenetű kapuáramkörökkel megvalósítható.

A számlálódekádok alkalmazása során gyakran kedvezően felhasználható tulajdonság a /9-es vagy 10-es/ komplementálhatóság. Bár a vizsgált 4-BED kódok nem önkomplementáló kódok, azaz a /9-es vagy 10-es/ komplementer decimális számjegyeikhez rendelt kód-szavak egymásnak binárisan nem komplementerei, a 4-BED kódtípusok között található olyan kód-formák /a szimmetriatengely-párokkal rendelkező kódtípusok egyes formái/, amelyek sokszor az önkomplementáló kódoknál egyszerűbben komplementálhatók. 9-es és 10-es komplementálásra egyaránt alkalmasak a [8] közlemény I. táblázatában 2. és 3. számmal jelölt kódtípusok, csak 9-es komplementálásra alkalmasak a hivatkozott táblázatban a 4. és 8. számmal jelölt kódtípusok egyes formái. Ezek közül a 4.sz. kódtípus komplementálható formái a dekádokban történő alkalmazásra kevésbé alkalmasak, mert a kimenőjelnek a 9 - 0 átmenet alkalmazásával történő előállításakor az átbillenés a dekád olyan /négy váltásos/ számláló-fokozatában következik be, melynek átbillenése nem egyértelműen a 9 - 0 átmenetre jellemző, ezen kódformák alkalmazása esetén tehát a kimenőjel előállításához ko incidencia áramkör alkalmazása is szükséges. A felhasználás szempontjából legkedvezőbb kódformákat ezért a 2., 3. és 8. sz. kódtípusok egyszerűen komplementálható formái közül kell kiválasztani.

Állítsuk elő e célból a fenti kódtípusok egyszerűen komplementálható formáit a megfelelő kódtípusok egy-egy tetszőleges kódszókészletéből. Egy-egy kódszókészlet egyszerűen felírható a [8] közlemény 1. ábráján látható szerkezeti vázlatok segítségével oly módon, hogy a megfelelő szerkezeti vázlat első sorába csupa 0-t írunk /0000 kódszó/ és az egyes jegyek további értékeit a megadott váltások figyelembevételével határozzuk meg. A három említett kódtípus ilyen módon meghatározott egy-egy kódszókészlete az 1.a,

b., c. ábrákon látható, az egyes kódtípusok sorszámának és szimmetriatengelyeinek feltüntetésével. Az ábrákon megadott kódszókészletekből 9-es, illetve 10-es komplementálásra alkalmas formákat a [8] közleményben említett szabályok szerint nyerhetünk.

	2.		3.		8.																																																																																																																																				
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>L</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>L</td><td>L</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>L</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>L</td><td>L</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>L</td><td>L</td></tr> <tr><td>6</td><td>L</td><td>L</td><td>L</td></tr> <tr><td>7</td><td>L</td><td>0</td><td>L</td></tr> <tr><td>8</td><td>0</td><td>0</td><td>L</td></tr> <tr><td>9</td><td>0</td><td>0</td><td>L</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	D	0	0	0	0	1	L	0	0	2	L	L	0	3	0	L	0	4	0	L	L	5	0	L	L	6	L	L	L	7	L	0	L	8	0	0	L	9	0	0	L		<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>L</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>L</td><td>L</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>L</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>L</td><td>L</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>L</td><td>L</td></tr> <tr><td>6</td><td>L</td><td>L</td><td>L</td></tr> <tr><td>7</td><td>L</td><td>0</td><td>L</td></tr> <tr><td>8</td><td>0</td><td>0</td><td>L</td></tr> <tr><td>9</td><td>0</td><td>0</td><td>L</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	D	0	0	0	0	1	L	0	0	2	L	L	0	3	0	L	0	4	0	L	L	5	0	L	L	6	L	L	L	7	L	0	L	8	0	0	L	9	0	0	L		<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>L</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>L</td><td>L</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>L</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>L</td><td>L</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>L</td><td>L</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>0</td><td>L</td></tr> <tr><td>7</td><td>L</td><td>0</td><td>L</td></tr> <tr><td>8</td><td>L</td><td>0</td><td>L</td></tr> <tr><td>9</td><td>0</td><td>0</td><td>L</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	D	0	0	0	0	1	L	0	0	2	L	L	0	3	0	L	0	4	0	L	L	5	0	L	L	6	0	0	L	7	L	0	L	8	L	0	L	9	0	0	L
A	B	C	D																																																																																																																																						
0	0	0	0																																																																																																																																						
1	L	0	0																																																																																																																																						
2	L	L	0																																																																																																																																						
3	0	L	0																																																																																																																																						
4	0	L	L																																																																																																																																						
5	0	L	L																																																																																																																																						
6	L	L	L																																																																																																																																						
7	L	0	L																																																																																																																																						
8	0	0	L																																																																																																																																						
9	0	0	L																																																																																																																																						
A	B	C	D																																																																																																																																						
0	0	0	0																																																																																																																																						
1	L	0	0																																																																																																																																						
2	L	L	0																																																																																																																																						
3	0	L	0																																																																																																																																						
4	0	L	L																																																																																																																																						
5	0	L	L																																																																																																																																						
6	L	L	L																																																																																																																																						
7	L	0	L																																																																																																																																						
8	0	0	L																																																																																																																																						
9	0	0	L																																																																																																																																						
A	B	C	D																																																																																																																																						
0	0	0	0																																																																																																																																						
1	L	0	0																																																																																																																																						
2	L	L	0																																																																																																																																						
3	0	L	0																																																																																																																																						
4	0	L	L																																																																																																																																						
5	0	L	L																																																																																																																																						
6	0	0	L																																																																																																																																						
7	L	0	L																																																																																																																																						
8	L	0	L																																																																																																																																						
9	0	0	L																																																																																																																																						
a.		b.		c.																																																																																																																																					

1. ábra

Az azonos kódtípushoz tartozó különböző kódformák kapuzási feltételei szerkezetileg mindig azonosak, egymástól csupán a jelölések sorrendjében különböznek. Az alkalmazni kívánt partikuláris kódformának a kapuzási feltételek meghatározására történő felhasználása csupán a jelölések könnyebb azonosítását teszi lehetővé. A kapuzási feltételek a kódforma V-K diagrammjából egyszerűen meghatározhatók [11]. A V-K diagramm üresen maradó négyszögei a kapuzási feltételek meghatározása során mint érdektelen /do not care/ feltételek a kapuzási egyenletek egyszerűsítésére közvetlenül felhasználhatók. 4-BDR kódok alkalmazása esetén - tehát az összes vizsgálandó esetben - bármelyik kód-szónak a V-K diagrammra történő leképezését jelölő négyszöge mellett található legalább egy szomszédos üres négyszög, utalván a kapuzási egyenletek egyszerűsíthetőségére. Ha egy kód-szó négyszöge mellett több szomszédos üres négyszög található, ez több, különböző egyszerűsítési lehetőségre utal, ahol pedig egy kód-szó négyszöge egy sorban, vagy oszlopban egymagában szerepel, ott fokozott egyszerűsítésre nyílik lehetőség.

A fentiekben említett "nem teljes" kapuzás alkalmazása a billentendő fokozat állásának, mint kapuzási feltételnek elhagyása útján további egyszerűsítéseket tesz lehetővé.

A kapuzási feltételek felírása során célszerű figyelembe venni azt a körülményt, hogy a több kapuzó bemenettel rendelkező kapuáramkörök kapuzó bemenetei a működési sebesség iránti igény szempontjából nem egyenértékűek, hanem az utolsónak beálló nyitási, illetve az elsőnek beálló zárási feltételre vonatkozólag nagyobb működési sebességet igényelnek. Annak érdekében, hogy ez a körülmény az áramkörök kialakítása során figyelembevehető legyen a kapuzási ÉS feltételek a felírások során olyan sorrendben szerepelnek, amelyen sorrendben nyitási szintjeik beállnak, illetve az elsőként megszűnő nyitási feltételre a betűjelzés alatti x jel utal.

A fenti megjegyzések figyelembevételével az egyes kódok kapuzási feltételei az alábbiakban kerülnek meghatározásra:

a/ Válasszuk ki elsőként az 1.c. ábra 8.sz.-mal jelölt kódtípushoz [8] tartozó kódját, miután e kódtípus kódformái között csupán 9-es komplementálásra alkalmas formák találhatók és az ábrázolt forma éppen ilyen tulajdonságu. Az ábra szerinti kódforma választásának még az az előnye is megvan, hogy a kód 9 - 0 átmenetekor a dekád kimenőjele a szokásos elrendezés szerint a D fokozat L - 0 átmenetéről biztosítható. A választott kódforma a 2.a. ábrán az egyöntetűség kedvéért még egyszer fel van tüntetve. A 2.c. ábrán e kódforma V-K diagrammon történő ábrázolása látható. A kódforma 9-es komplementálása az [ACB \bar{D}] utasítás szerint [8], azaz a D fokozat komplementálása, valamint a B és C fokozatok állásának cseréje útján történhet.

A fentiek alapján felírható kapuzási feltételek a 2.d. ábrán található. A táblázatban feltüntetett és az A fokozat a bemenetére csatlakozó a_1 és a_2 kapuáramkörök /melyeken keresztül érkező működtető jelek hatására a fokozat L állásába billen, amikor A kimenetén kimenőszint és \bar{A} komplementer kimenetén komplementer kimenőszint jelenik meg/ logikai VAGY kapcsolatot valósítanak meg, az \bar{a} komplementer bemenetre csatlakozó \bar{a}_1 és \bar{a}_2 kapuáramkörökhöz hasonlóan. Miután ez a kapcsolat a gyakorlatban a kapuáramkörök diódás kimenetének párhuzamos kapcsolása útján egyszerűen megvalósítható, a felírás során e kapuáramköröket különállóaknak tekintettük. Ez a felírási mód egyuttal biztosítja a billentést végző kapuáramköröknek a nyitáshoz szükséges állás-kombinációkhoz tartozó kód-szavak decimális sorszámával történő egyértelmű megjelölhetőségét is.

Az így felírt kapuzási feltételek nem teljesen egyértelműek. Ennek oka egyrészt az 5. és 7. kódszavakhoz tartozó nyitási feltételek különböző megvalósítási lehetősége, másrészt a 2. és 4. kód-szavakhoz tartozó nyitási feltételek két kapuzó bemenettel még megvalósítható szűkítési lehetősége. Célszerű e lehetőségeket további, a számlálódekád szempontjából

előnyös tulajdonságok biztosítására felhasználni. Ilyen tulajdonság lehet az egyidőben nyitott kapuáramkörök minél kisebb és lehetőleg állandó száma, és/vagy a kapuáramkörök útján a számlálófokozatok kimenetén keletkező terhelések minél kisebb és lehetőleg állandó értéke. Sztatikus, azaz a dekád stabil állapotaiban is fennálló terhelések elsősorban olymódon jönnek létre,

	A	B	C	D		
0	0	0	0	0	$\textcircled{a_1}$	\bar{d}
1	L	0	0	0	a_1	\textcircled{b}
2	L	L	0	0	$\textcircled{\bar{a}_1}$	b
3	0	L	0	0	\bar{a}_1	\textcircled{c} \bar{d}
4	0	L	L	0	\bar{a}_1	c \textcircled{d}
5	0	L	L	L	$\textcircled{\bar{b}}$	c d
6	0	0	L	L	$\textcircled{a_2}$	\bar{b} d
7	L	0	L	L	a_2	$\textcircled{\bar{c}}$ d
8	L	0	0	L	$\textcircled{\bar{a}_2}$	c d
9	0	0	0	L	\bar{a}_2	\bar{b} $\textcircled{\bar{d}}$

a. b.

		CD			
	AB	00	0L	LL	LO
00		0	9	6	
0L		3		5	4
LL		2			
LO		1	8	7	

c.

0.,	$a_1 = \bar{B} \bar{D}$	$\bar{B} \bar{D}$
6.,	$a_2 = C \bar{B}$	$C \bar{B}$
2.,	$\bar{a}_1 = \bar{B}$	\bar{B}
8.,	$\bar{a}_2 = D \bar{C}$	$D \bar{C}$
1.,	$b = \bar{D} A$	$\bar{D} A$
5.,	$\bar{b} = \bar{A} D / \bar{C} D$	$\bar{A} D$
3.,	$c = \bar{B} \bar{A}$	$\bar{B} \bar{A}$
7.,	$\bar{c} = D \bar{A} / \bar{B} \bar{A}$	$D \bar{A}$
4.,	$d = C$	C
9.,	$\bar{d} = \bar{C} \bar{A}$	$\bar{C} \bar{A}$

d. e.

D/ \bar{B}	\bar{D}	A		D \bar{D}	A
B	\bar{C}	\bar{A}	D/-	B \bar{C}	\bar{A} D
	L	B	\bar{A}	\bar{D}	B \bar{A}
	C	\bar{B}	\bar{D} A/-	C	\bar{B} \bar{D}
	L	C	\bar{B} D/-	L	C \bar{B}
	D	\bar{C}	\bar{A}	D	\bar{C} \bar{A}
\bar{A}/C	D	\bar{C}	A/-	\bar{A}	D \bar{C} A
\bar{B}	\bar{D}	A		\bar{B}	\bar{D} A B

f. g.

2. ábra

hogy az egy kapuáramkörre csatlakozó, és így egymással szükségképpen csatlásban lévő számlálófokozat kimenetek a dekád egyes állásaiban egymástól különböző kimenőszinttel rendelkeznek, és ha az egymás közti csatlás - a kapuáramkör rendszer megoldásától függően - egyenáramu, egymást számottevő mértékben terhelhetik. A kapuáramkörök által létrehozott csatlások vázlatos áttekintése a 2.f. ábrán látható táblázat segítségével történhet. A táblázat függőleges vonalakkal elválasztott középső oszlopában az egyes számlálófokozatok kimeneteinek jelölései találhatóak, a szélső oszlopokban pedig az egyes kapuáramkörökön keresztül velük kapcsolatban lévő, tehát terhelés szempontjából figyelembe veendő számlálófokozat kimenetek szerepelnek a 2.d. ábra kapcsán kialakított kombinációknak megfelelően.

A kapuáramkörökön keresztül egymással kapcsolatban lévő kimeneteknek az előző bekezdésben említett különböző választási lehetőségei részben a "/ /tört/ vonallal vannak egymástól elválasztva, részben az "L" /igen/ feltétellel vannak jelölve. A tört vonalas elválasztás a táblázatban tehát csupán alternatív megvalósítási lehetőségre utal és nem logikai algebrai szimbólum /Sheffer-stroke/. Az L feltételek bármely más, a kapu kívánt működési időpontjában fennálló kimeneti feltétellel helyettesíthetők.

A kapuzási egyenleteknek egy lehetséges egyértelmű megoldása a 2.e. ábrán feltüntetett táblázat. Ez a 2.d. táblázat alapján készült és attól három sorában, a 2., 5. és 7.sz. kód-szavaknak megfelelő számlálódekád-állásokhoz tartozó kapuzási feltételek soraiban különbözik. A 7., \bar{c} kapuzási feltételnél fellépő választási lehetőségekből a DA feltétel lett kiválasztva, annak érdekében, hogy az A kimenet sztatikus terhelése állandó legyen. Az 5., \bar{b} kapuzási feltétel CD választása és 2., $\bar{a}_1 = B$, valamint 4., $d = C$ megtartása esetén a dekád 5., és 7. állásában 4-4 kapuáramkör lenne nyitva. Ez elkerülhető ugyan a 2., $\bar{a}_1 = \bar{D}B$ és a 4., $d = BC$ választással, ekkor azonban mindkét említett áramkört két kapuzó bemenettel kellene készíteni. Egyszerűbb áramkört ad az 5., $\bar{b} = \bar{A}D$ választás, ekkor ugyanis csupán a 2., $\bar{a}_1 = \bar{D}B$ kapuáramkör bővítés szükséges ahhoz, hogy egyidőben legfeljebb három kapuáramkör legyen nyitva. A kapuáramkörök nyitási táblázata a 2.e. táblázat szerinti megoldásra a 2.b. ábrán látható, a fellépő terhelési lehetőségeket a 2.g. ábra táblázata mutatja. A táblázatból megállapítható, hogy a sztatikus terhelések nem egyenletesek /és egyszerű eszközökkel nem is tehetők egyenletessé/, de két kapuáramkör bemenetnyinél nagyobb terhelés egyik kimeneten sem léphet fel. /Az e szempontból kritikus, az \bar{A} kimenetet terhelő $B \bar{C} D$ vagy $\bar{B} C \bar{D}$ kombinációk ugyanis a kódban nem lépnek fel./ A 2.b. ábrából láthatóan a kapuáramkörök között kettő vagy három nyitott található, ami a meghajtó generátor terhelésének kisebb ingadozását okozza. /A billentést végző kapu-

áramkörök az ábrán körrel vannak megjelölve./

- b/ Az 1.a. ábra 2.sz.-mal jelölt kódtípushoz tartozó kódjából mind 9-es, mint 10-es komplementálásra alkalmas formák előállíthatók. Ezek egy tetszőleges kódszókészletből a [8] közleményben említett transzformációk alkalmazásával állíthatók elő. Miután a kapuzási feltételek /és a terhelések/ szerkezete a kódformától független, a vizsgálatokat elegendő egyetlen kódformára nézve elvégezni. Legyen a kiválasztott kódforma az 1.a. ábrán látható kódszókészletből a [4, A \bar{B} D \bar{C} , 3] transzformáció alkalmazásával előállítható és az [A B D C] utasítás szerint komplementálható 10-es komplementer alak /3.a. ábra/. E kódszókészletből a 3.c. ábrán látható V-K diagramm segítségével felírható a 3.d. ábrán látható alternatív kapuzási feltételeket tartalmazó táblázat. A hozzá tartozó, alternatív terhelési lehetőségeket tartalmazó táblázat a 3.f. ábrán látható. A táblázatokból a 3.e. ábrán látható konkrét kapuzási feltételek és a 3.g. ábrán látható konkrét terhelési lehetőségek azzal a feltétellel lettek meghatározva, hogy a D számlálófokozat kimenetei sztatikus terhelést ne kaphassanak, kimeneti terhelések céljaira tehát szabadon felhasználhatók legyenek. A 3.e. ábra szerinti kapuzási feltételek választása esetében az egyidőben nyitó kapuáramkörök száma állandóan három. /3.b. ábra; a billentést végző kapuáramkörök körrel vannak megjelölve./

A 3.g. ábrán látható terhelési táblázat vizsgálata alapján megállapítható, hogy szimmetrikusan jelentkező sztatikus terhelésű kapuáramkör rendszer használata esetén az egyes számlálófokozatok kimeneteinek terhelése négy db további "vak"/ terhelés, /AB, $\bar{A}\bar{B}$, $\bar{A}C$, $\bar{A}\bar{C}$ / beépítésével két kapuzó bemenet által okozott terhelés értékben teljesen egyenletessé tehető az ABC számlálófokozatok számára. A D fokozat kimenetei belső sztatikus terhelést egyáltalán nem kapnak, erre a fokozatra tehát - kivánság szerint - külső terhelés kapcsolható. A külön terhelések a 3.g. ábrán a szaggatott függőleges vonaltól jobbra vannak feltüntetve.

Amint látható ezen - 2.sz. - kódtípus alkalmazása a 8.sz -hoz képest jelentős előnyökkel jár, részben az egyszerűbb kapuáramkör rendszer /két darab két bemenetű: 0. és 5. kapuáramkör/, részben a mindig három nyitott kapuáramkör, részben pedig a sztatikus terhelések szimmetrizálhatósága, illetve a D számlálófokozat terhelhetősége következtében.

- c/ Harmadikként vizsgáljuk meg az 1.b. ábra 3.sz.-mal jelölt kódtípushoz tartozó kódjainak lehetőségeit. A rendelkezésre álló 9-es és 10-es komplementer kódformák közül válasszuk ki a [4, A \bar{B} D \bar{C} , 3] transzformáció alkalmazása útján előállítható és az [A B D C] utasítás szerint komplementálható 10-es komplementer kódformát /4.a. ábra/. A kód V-K diagramm-ját a 4.c. ábra, az alternatív kapuzási feltételeket a 4.d. ábra, az ennek megfelelő terhelési lehetőségeket a 4.f. ábra mutatja. Ha feltételként

	A	B	C	D			
0	0	0	0	0	\bar{a}_2	(c)	\bar{d}
1	0	0	L	0	(a ₁)	c	\bar{d}
2	L	0	L	0	a ₁	(b)	c
3	L	L	L	0	(\bar{a}_1)	b	c
4	0	L	L	0	\bar{a}_1	c	(d)
5	0	L	L	L	\bar{a}_1	(\bar{c})	d
6	0	L	0	L	(a ₂)	\bar{c}	d
7	L	L	0	L	a ₂	(\bar{b})	\bar{c}
8	L	0	0	L	(\bar{a}_2)	\bar{b}	\bar{c}
9	0	0	0	L	\bar{a}_2	c	(\bar{d})

a.

b.

	CD			
AB	00	0L	LL	LO
00	0	9		1
0L		6	5	4
LL		7		3
LO		8		2

c.

1.,	$a_1 = \bar{B}C$	$\bar{B}C$
6.,	$a_2 = \bar{B}\bar{C}$	$\bar{B}\bar{C}$
3.,	$\bar{a}_1 = \frac{CB}{DB}$	$\frac{CB}{DB}$
8.,	$\bar{a}_2 = \frac{\bar{C}\bar{B}}{\bar{D}\bar{B}}$	$\frac{\bar{C}\bar{B}}{\bar{D}\bar{B}}$
2.,	$b = \frac{CA}{DA}$	$\frac{CA}{DA}$
7.,	$\bar{b} = \frac{\bar{C}\bar{A}}{\bar{D}\bar{A}}$	$\frac{\bar{C}\bar{A}}{\bar{D}\bar{A}}$
0.,	$c = \bar{D}$	\bar{D}
5.,	$\bar{c} = D$	D
4.,	$d = B\bar{A}$	$B\bar{A}$
9.,	$\bar{d} = \bar{B}A$	$\bar{B}A$

d.

e.

C/D	C/D	A		\bar{C}	C	A		B	\bar{B}
	$\bar{B}B$	\bar{A}		$\bar{B}B$	\bar{A}			$C\bar{C}$	
	C/D	B	$\bar{C}\bar{A}$	C	B	$\bar{C}\bar{A}$	A		
	\bar{C}/D	\bar{B}	$C\bar{A}$	\bar{C}	\bar{B}	$C\bar{A}$	A		
	\bar{B}	C	B/- A/-	\bar{B}	C	B A	\bar{A}		
	B	\bar{C}	$\bar{B}/- A/-$	B	\bar{C}	$\bar{B}A$	\bar{A}		
	L	D	$\bar{B}/- A/-$	L	D				
	L	\bar{D}	B/- A/-	L	\bar{D}				

f.

g.

	A	B	C	D			
0	0	0	0	0	\bar{a}_2	(c)	\bar{d}
1	0	0	L	0	(a ₁)	c	\bar{d}
2	L	0	L	0	a ₁	(b)	c
3	L	L	L	0	(\bar{a}_1)	b	
4	0	L	L	0	\bar{a}_1	(\bar{c})	
5	0	L	0	0		\bar{c}	(d)
6	0	L	0	L	(a ₂)	\bar{c}	d
7	L	L	0	L	a ₂	(\bar{b})	d
8	L	0	0	L	(\bar{a}_2)	\bar{b}	
9	0	0	0	L	\bar{a}_2		(\bar{d})

		CD			
		00	0L	LL	LO
AB	00	0	9		1
	0L	5	6		4
	LL		7		3
	LO		8		2

a.

b.

c.

- 1., $a_1 = \frac{\bar{B}C}{X}$ $\frac{\bar{B}C}{X}$
- 6., $a_2 = \frac{B D}{X}$ $\frac{B D}{X}$
- 3., $\bar{a}_1 = \frac{CB/\bar{D}B}{X}$ $\frac{C B}{X}$
- 8., $\bar{a}_2 = \frac{\bar{C}\bar{B}/D\bar{B}}{X}$ $\frac{\bar{C} \bar{B}}{X}$
- 2., $b = \frac{CA/\bar{D}A}{X}$ $\frac{C A}{X}$
- 7., $\bar{b} = \frac{\bar{C}A/DA}{X}$ $\frac{\bar{C} A}{X}$
- 0., $c = \frac{\bar{B} \bar{D}}{X}$ $\frac{\bar{B} \bar{D}}{X}$
- 4., $\bar{c} = \frac{B \bar{A}}{X}$ $\frac{B \bar{A}}{X}$
- 5., $d = \frac{B \bar{C}}{X}$ $\frac{B \bar{C}}{X}$
- 9., $\bar{d} = \frac{\bar{B} \bar{A}}{X}$ $\frac{\bar{B} \bar{A}}{X}$

d.

e.

- $\frac{C/\bar{D}}{B} \frac{\bar{C}/D}{B} \frac{A}{\bar{A}}$ $\frac{C}{C} \frac{\bar{C}}{\bar{B}} \frac{A}{\bar{A}}$
- $\frac{C/\bar{D}}{\bar{B}} \frac{\bar{C}/D}{C} \frac{A}{\bar{A}}$ $\frac{C}{C} \frac{\bar{C}}{B} \frac{A}{\bar{A}}$
- $\frac{C/\bar{D}}{B} \frac{\bar{C}/D}{\bar{B}} \frac{A}{\bar{A}}$ $\frac{C}{C} \frac{\bar{C}}{\bar{B}} \frac{A}{\bar{A}}$
- $\frac{C/\bar{D}}{\bar{B}} \frac{\bar{C}/D}{C} \frac{A}{\bar{A}}$ $\frac{C}{C} \frac{\bar{C}}{B} \frac{A}{\bar{A}}$
- $\frac{C/\bar{D}}{B} \frac{\bar{C}/D}{\bar{B}} \frac{A}{\bar{A}}$ $\frac{C}{C} \frac{\bar{C}}{\bar{B}} \frac{A}{\bar{A}}$
- $\frac{C/\bar{D}}{\bar{B}} \frac{\bar{C}/D}{C} \frac{A}{\bar{A}}$ $\frac{C}{C} \frac{\bar{C}}{B} \frac{A}{\bar{A}}$

f.

g.

4. ábra

ismét a D fokozat sztatikus terhelésének csökkentését tüzzük ki, a 4.e. ábrán feltüntetett konkrét kapuzási feltételeket kapjuk, a 4.b. ábra szerinti egyidőben nyitott kapuáramkörökkel és a 4.g. ábra szerinti konkrét terhelési lehetőségekkel.

Megállapítható, hogy a 3.sz. kódtípus alkalmazása előnytelenebb, mint a 2.sz. kódtípusé, részben a valamivel bonyolultabb kapuáramkör rendszer /minden kapuáramkör három bemenetű/, részben az egyidőben nyitott kapuáramkörök kettő és három között változó száma, részben pedig a kedvezőtlen terhelési viszonyok: a B fokozat kimeneteinek időnként három kapuáramkör bemenetnyi, a D fokozat kimeneteinek időnként egy bemenetnyi belső terhelése miatt.

A kiválasztott kódtípusok kapuzási viszonyainak vizsgálata alapján legkedvezőbb megoldásnak egyértelműen a 2.sz. /egylépéses Lippel/ [6., 14] kódtípus alkalmazása tekinthető.

I r o d a l o m

- [1] Goss, J.A.: "ISABEL" Electronic Engineering. 630-634 /1960/
- [2] Improvements in or Relating to Pulse - Counting Apparatus. Angol szabadalom No. 801,540
- [3] Hawkes, H.W.: New High Speed Counter-Divider. Electronic Technology 48-55 /1962/
- [4] Radeka, V.: Fast Decimal Counting with Binary-Decimal Logic. IEEE. Transactions on Nuclear Science NS-11, 296-301 /1964/
- [5] Szabó Pál: Impulzusszámlálók felépítése. Mérés és Automatika 10, 321-324 /1964/
- [6] Tompkins, H.E.: Unit Distance Binary-Decimal Codes for Two-Track Commutation, IRE. Transactions on Electronic Computers EC-5, 139 /1956/
- [7] Gilbert, E.N.: Gray Codes and Paths on the N-Cube. Bell System Technical Journal. 37, 815-826 /1958/
- [8] Szabó Pál: Egyszerű módszer négy bináris jegyű egylépéses decimális kódok számának meghatározására KFKI Közl. 15, 3 /1967/
- [9] Szabó Pál: Négy bináris jegyű decimális kódok egy átkódolási tulajdonsága KFKI Közl. 15, 11 /1967/
- [10] Veitch, E.: A Chart Method for Simplifying Truth Functions. Proc. Assoc. for Computing Machinery. Pittsburgh Pa. Meeting 2-3, 127-133 /1952/ Május
- [11] Karnaugh, M.: The Map Method for Synthesis of Combinational Logical Circuits. Commun. and Electronics. 72, 593-599 /1953/
- [12] Clark, R.C.: Diagrammatic Methods of Code Construction. Commun. and Electronics. 78, 817-823 /1959/

- [13] Chu, Y.: Digital Computer Design Fundamentals. Mc.Graw-Hill Book Co. Inc. New York. 127-129 /1962/
- [14] Lippel, B.: A Decimal Code for Analog-to-Digital Conversion, IRE Transactions on Electronic Computers. EC-4, 158-159 /1955/

Érkezett: 1966. szept. 28.

KFKI Közl. 15.évf. 1.szám, 1967.

He-Ne GÁZLASER / $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ / ERŐSÍTÉSÉNEK KISÉRLETI VIZSGÁLATA

Irta: Kiss Árpád és Salamon Tamás

Összefoglalás

Egyszerű módszert alkalmazunk a "Brewster-ablakos" He-Ne laserek erősítésének mérésére, amelyből könnyen meghatározható a maximális erősítés, valamint információkat kaphatunk az intenzitásfüggő erősítésre is.

Bevezetés

A gázlaser erősítését az intenzitássűrűség függvényében egymódusu üzemben

$$g = \frac{g_m}{\sqrt{1 + \frac{\omega}{\omega_0}}} \quad / / /$$

összefüggés jó közelítéssel adja meg [1, 2], ahol ω a laserben jelenlévő intenzitássűrűség, g_m a maximális erősítés / $\omega=0$ esetben/, g a ω intenzitássűrűséghez tartozó erősítés, ω_0 a telítési paraméter, az az intenzitássűrűség érték, ahol az erősítés

$$g = \frac{g_m}{\sqrt{2}}$$

Mind a maximális erősítés, mind a telítési paraméter függ a gázkeverék nyomásától, a He és Ne arányától, a gerjesztés paramétereitől, a kisülési cső belső átmérőjétől, belső kiképzésétől [3 - 8].

Ezek a paraméterek a kisülés árama kivételével a laser cső elkészülte után már nem befolyásolhatók, így egy csőre elegendő megadni a maximális erősítés és a telítési paraméter értékét. E két, a csőre jellemző paraméter ismeretében megadhatjuk a laser működéséhez szükséges optimális külső feltételeket /a rezonátor tükreinek reflexió és transzmisszió értékeit/, kiszámolhatjuk a kijövő teljesítményt [5].

Az erősítésmérés elmélete

Elvileg két módszer kínálkozik az erősítés mérésére [4, 9]. A **d i r e k t m ó d s z e r** lényege, hogy a vizsgálandó csövön /erősítő/

keresztül vezetik egy másik laser fényét /primér fényforrás/, és mérik a forrásból jövő fény intenzitásváltozását az erősítőcső be- és kikapcsolása esetén. Ebből a változásból és a forrás eredeti intenzitásából egyszerűen megkapható az erősítés értéke [1, 6, 9]. Ez a mérési módszer kísérletileg eléggé nehezen kivitelezhető, különösen a hosszú és szűk keresztmetszetű csöveknél.

Az i n d i r e k t m ó d s z e r-nél egy működő laser rendszerbe ismert értékű veszteséget visznek be, és addig növelik a veszteséget, míg megszűnik a laserjelenség [4, 5, 10]. Ekkor ugyanis az összes veszteség a rendszer maximális erősítését kikompenzálja és leál az oszcilláció. A veszteség bevitelére többféle lehetőség kínálkozik. Mivel laboratóriumunk ugynevezett "Brewster-ablakos" lasereket készít /sematikus rajza az 1. ábrán/ - amelyeknek az a tulajdonságuk, hogy laser sugárzásuk lineárisan poláros és a polarizációs irányt a csővégeket Brewster-szögben lefedő ablakok állítják be - ezért lehetőség kínálkozik egyszerű módon ismert értékű veszteség bevitelére. Ha egy plánparallel lemezt helyezünk ugyanis a rezonátorba, ez a beállítástól függő abszorpciós és reflexiós veszteséget okoz a rendszerben. Az abszorpció különböző módszerekkel mérhető, a felületek reflexiója a Fresnel-formulából számolható ki, amely a párhuzamos komponensre mindkét felület reflexióját figyelembevéve

$$R = 1 - T^2(n^2) \approx 2R_p(n^2) = 2 \left| \frac{n^2 \cos n^2 - \sqrt{n^2 - \sin^2 n^2}}{n^2 \cos n^2 + \sqrt{n^2 - \sin^2 n^2}} \right|^2 \quad |21$$

ahol n^2 a laser sugár beesési szögét, $R_p(n^2)$ egy felület reflexiós veszteségét, n a lemez levegőre vonatkoztatott törésmutatóját jelöli. A lemezt úgy kell beállítani, hogy az elforgatás folyamán csak a párhuzamos komponensből legyen kicsatolás.

A laserban az említetteken kívül más veszteségek is vannak, amelyeket külön meg kell határoznunk. Ezek között számottevő a tükrök reflexiós, valamint a rezonátor diffrakciós vesztesége. Az előbbi megmérhető, az utóbbi számolható [11].

A cső lezáró ablakain fellépő veszteségeket külön nem vesszük figyelembe, hanem a cső maximális erősítését a gázkeverék erősítése és a lezáró ablakokon fellépő veszteségek különbségeként értelmezzük.

Végeredményben mondható, hogy a laserban a következő összefüggés teljesül:

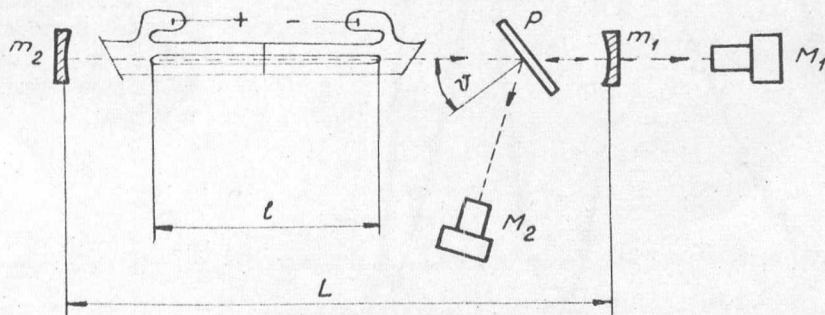
$$\exp\{g \cdot l\} = 2R_p(n^2) + A_p(n^2) + L_d + L_R \quad |31$$

ahol g a gázkeverék erősítése az adott intenzitásnál, l az aktiv közeg hossza, L_d a diffrakciós veszteség, L_R a tükrök átlagos reflexiós vesztesége, A_p/n^2 és R_p/n^2 a lemez abszorpciós és reflexiós vesztesége. A /3/ egyenletben a jobboldal értékét a n^2 változtatásával különböző g értékekre lehet beállítani. A g_{max} értékét abból az összveszteségből kapjuk, amelyenél éppen leáll az oszcilláció. Az erősítés változása a laserintenzitás változását is eredményezi, vagyis az intenzitás mérésével az erősítés intenzitásfüggőségét is kísérletileg meghatározhatjuk /3/ alapján.

A mérés leírása, mérési eredmények

A mérés elrendezése az 1. ábrán látható. A jelen mérésben vizsgált lasercső paraméterei a következők voltak: He-Ne keverékaránya 9:1, össznyomás 1,4 torr, kisülési kapilláris hossza 85 cm, belső átmérője 0,3 cm.

A rezonátor hossza 140 cm, a tükrök görbületi sugara 100 cm, reflexióképességük: $R_1 = 98,2\%$, $R_2 = 98,6\%$.



1. ábra

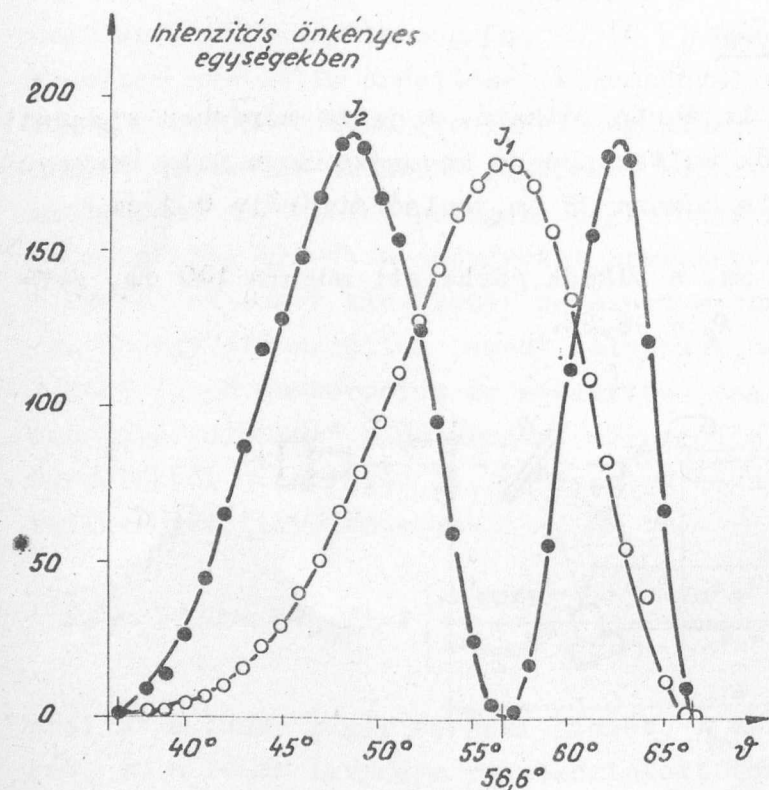
Kísérleti elrendezés elvi vázlatja
 m a dielektrikum tükrök M az észlelő multiplierek,
 P a forgatható plánpárhuzamos lemez, l és L a kisüléscső,
 illetve a rezonátor hossza

A rezonátorba helyezett plánpárhuzamos üveglemez törésmutatója levegőre vonatkoztatva $n = 1,5160$, vastagsága 4 mm. Ez a vastagság biztosította, hogy a lemez két felületéről kicsatolt fénysugár térben különváljon az általunk használt szögtartományban, így a két sugár interferenciája által okozott zavarok kiküszöbölhetők. E két sugárral vizsgáltuk meg a lemez felületeinek párhuzamosságát is.

Az üveglemezt úgy helyeztük a rezonátorba, hogy a lemez beesési síkja párhuzamos legyen a csövet lezáró Brewster-ablakok beesési síkjaival. Ezzel biztosítottuk, hogy a lemezen történő reflexiót az /1/ összefüggés adja. Az üveglemez forgatását forgatókorong segítségével végeztük. Ha $\vartheta = \vartheta_B$ éppen a Brewster-szög, akkor /3/-ból $R_p = 0$, vagyis nincs reflexió. /Megjegyzés:

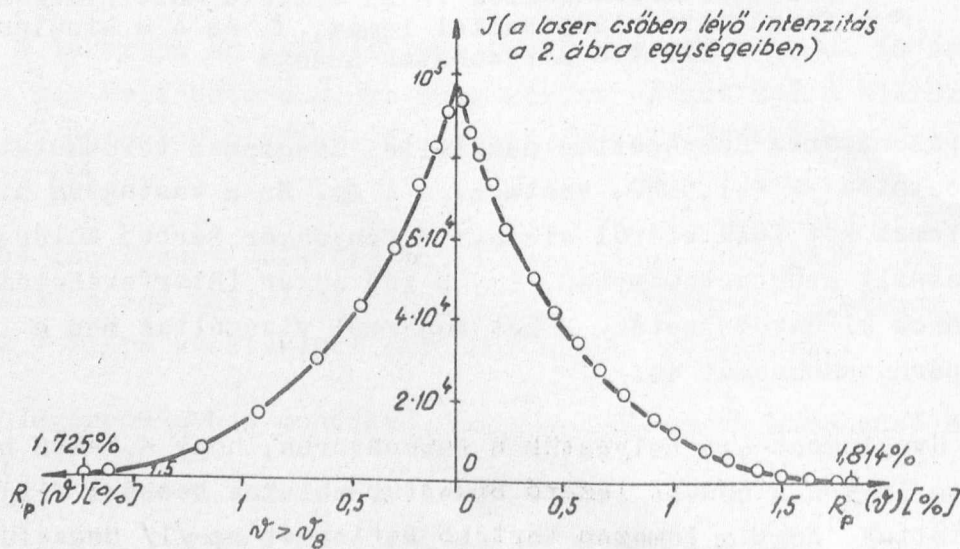
A Fresnel-formulák alapján $\nu = \nu_B$ Brewster-szög esetén nincs a lemezről ki-csatolás. A kísérlet során azonban igen csekély intenzitást itt is találunk. Ennek oka valószínűleg abban rejlik, hogy a laser sugárzása nem teljesen lineárisan poláris. További vizsgálatok ezzel kapcsolatban folyamatban vannak./

A ν változtatásával egy időben két helyen mértük a kicsatolt intenzitásokat az 1. ábra szerinti elrendezésben. A beesési szög függvényében mért értékeket a 2. ábra azonos intenzitás léptékben mutatja.



2. ábra

A laser cső m_1 tükrén J_1 / és a forgatható plánpárhuzamos lemez egyik felületén kilépő J_2 / intenzitás a lemez elforgatásának ν / függvényében.



3. ábra

A laser csőben lévő intenzitás a /4/ képlet alapján a plánpárhuzamos lemez reflexiós veszteségének függvényében.

A 3. ábrán megadjuk a rezonátor belsejében lévő intenzitást J / a lemez által bevitt reflexiós veszteség függvényében. Az J a következő képlettel számolható ki:

$$J = J_2 \frac{1}{R_p(\vartheta)} \quad |4|$$

ahol R_p/ϑ -t az /1/ formula adja meg, J_2 pedig a lemeztől kicsatolt intenzitás. Az $J=0$ pontokhoz tartozó reflexiós veszteségértékek nem egyeznek meg, az eltérést a lemezen történő abszorpcióváltozás okozza, hiszen a forgatáskor változik annak effektív vastagsága. A 3. ábra vízszintes tengelyének két szélső pontjából számított különbség kétszerese a lemez e két helyzetéből adódott abszorpció különbségét adja, amiből meg lehet határozni az A_p/ϑ -t, az üveg abszorpcióját. A két szélső esetben ezek az értékek $A_p/36^\circ 30' = 0,55\%$, $A_p/66^\circ 20' = 0,63\%$. A /3/ képletben szereplő többi veszteség a következő:

a tükrök átlagos reflexiós vesztesége $L_R = 1,6\%$, a diffrakciós veszteség $L_d = 4 \cdot 10^{-9}\%$, ami elhanyagolható.

Végeredményben a vizsgált lasercső maximális erősítésére a fenti adatokból a /3/ összefüggés alapján

$$g_{\max} = 6,6 \text{ \%/méter}$$

adódott.

A 3. ábrából meghatározható a laser maximális erősítése; a görbe tulajdonképpen a veszteségtől függő belső intenzitást mutatja, ami kapcsolatba hozható az intenzitásfüggő erősítéssel.

Konkluziók

Kész, Brewster-ablakos lasercsővek maximális erősítésének mérésére a leírt eljárás pontosnak látszik, mivel a laser jelenség leállása éles. A leállítás bizonytalansága a lemezelfordulás leolvasási pontatlanságánál kisebb. A mérési hibát tehát a lemez elfordulási szögének leolvasási pontatlansága okozhatja, ami esetünkben kb. $\pm 10'$; ez $\pm 0,01\%$ -os veszteségnek felel meg a Brewster-szög alatti határszögre $\vartheta' = 36^\circ 30'$ és $\pm 0,04\%$ -nak a Brewster-szög feletti határszögre $\vartheta'' = 66^\circ 20'$.

A ϑ' és ϑ'' leállási szögek mérésében elkövetett hiba adja meg a lemez abszorpciómérésének pontosságát. A két határszög közti utkülönbségre jutó abszorpciós veszteség ugyanis $0,089 \pm 0,05\%$, ami $0,55 \pm 0,3\%$ és $0,63 \pm 0,35\%$ abszorpciót jelent a két szélső esetben. A lemez abszorpciójának mérése kis vastagságok esetén közvetlen módszerrel nehézségekkel jár, megfelelő pontossági igények mellett. Egy 13 cm hosszú, azonos anyagból ké-

szült üvegrudon történt, közvetlen mérésből kapott eredmény $0,7 \text{ \%}/\text{cm}$, ez a szélső esetekre $0,3 \text{ \%}$ és $0,35 \text{ \%}$ abszorpciót jelent. A határszögek mérésével a lemez beesési szög leolvasási pontosságának fokozásával /kb. $1'$ / és az axiális módus frekvenciájának ellenőrzésével $1 \text{ \%}/\text{cm}$ abszorpciós koefficiensek néhány százalékos relatív hibájával mérhetőek kis lemezzvastagságok /néhány mm/ esetén is, ami igen jónak mondható.

A 3. ábrából nemcsak a laser maximális erősítésének értékét, valamint a lemez abszorpcióját lehet meghatározni, hanem ez tulajdonképpen a veszteségtől függő belső intenzitást mutatja, amely kapcsolatba hozható az intenzitásfüggő erősítéssel. Az intenzitásfüggő erősítés mértékét egyetlen axiális módusra az $/1/$ összefüggés adja meg, az itt szereplő w intenzitás-sűrűség arányos a kijövő intenzitás-sűrűséggel [2]. A laser nyaláb foltátmérője, a nagyveszteségű tartománytól eltekintve, nem változott a mérés folyamán, így w arányos az általunk mért intenzitással. A 3. ábra görbe futásából az $/1/$ összefüggésre következtetni azonban nem lehet, mivel a veszteség változtatásával az axiális módusok száma is változik, és így az $/1/$ összefüggés nem írja le helyesen az intenzitásfüggőséget.

A kisveszteségű tartományban az intenzitás rendkívül erősen függ a veszteségtől, $0,5 \text{ \%}$ veszteségcsökkentéssel a kijövő intenzitást meg lehetne duplázni a 3. ábrán látható eredmények alapján. A veszteségek csökkentése a laser kijövő intenzitásának növelése szempontjából tehát döntő. A mintegy $0,5 \text{ \%}$ abszorpciós Brewster-szögbe állított üveglemezt kivéve, a laser rezonátorból kijövő intenzitás a 3. ábra szerint várható duplázódás helyett csak 30 \% -kal nőtt. Ennek oka a következő lehet:

a $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ laservonal a neon atomok $3S_2, 2P_4$ /Paschen-jelölés/ nivója között jön létre. A $3S_2$ nivó ugyanakkor kiindulási szintje egy nagy-erősítésű $\lambda = 3,39 \text{ }\mu$ infravörös laservonalnak is, amely nem oszcillált, mikor az üveglemez a rezonátorban volt, mert az üvegnek az infravörös tartományban sokkal nagyobb az abszorpciója, mint láthatóban. Mikor kivesszük a lemezt, mindkét átmenet szimultán működik, a $3S_2$ nivó populációja lecsökken a 6328 \AA -ös laservonal számára, és így a 3. ábra alapján várt kétszeres intenzitásnövekedés redukálódik. Tehát a piros laser átmenet intenzitásának növelése érdekében fontos csökkenteni a veszteségeket, de úgy, hogy egyúttal biztosítsuk azt, hogy az infravörös laser ne tudjon oszcillálni.

Köszönetet mondunk Kántor Károly tudományos munkatársnak, aki a tükrök adatait kimérte, Csillag László tudományos munkatársnak értékes észrevételeiért, valamint Tóth József technikusként a mérések kivitelezésében nyújtott segítségéért.

I r o d a l o m

- [1] Gordon, E.I., White, A.D., Rigden, J.D.: "Proceedings of the Symposium on Optical Masers", New York, 1963 p. 309.
- [2] Rigrod, W.W.: Journal of Applied Physics, 34, 2602 /1963/
- [3] Spiller, E.: Zeitschrift für Physik, 182, 487 /1965/
- [4] Herziger, G., Holzappel, W., Seelig, W.: Zeitschrift für Physik, 189, 385 /1966/
- [5] Smith, P.W.: IEEE Journal on Quantum Electronics 2, 62 /1966/
- [6] Meller, G.K., McCubbin Jr. T.K.: Applied Optics 4, 1412 /1965/
- [7] Csillag L., Salamon T.: KFKI Közl. 13, 199 /1965/
- [8] Csillag L., Jánossy M., Kertész I., Salamon T. szabadalma 14814 sz. alatt bejelentve.
- [9] Patel, C.K.N., Faust, W.L., McFarlane, R.A.: "Quantum Electronics. Proceedings of the Third International Congress", Paris, 1964, p. 508.
- [10] Spiller, E.: Physics Letters 9, 125 /1964/
- [11] Fox, A.G., Li, T.: Bell System Technical Journal, 40, 453 /1961/

Érkezett: 1966. dec. 21.

KFKI Közl. 15.évf. 1.szám, 1967.

A H^- ION G_{-10} ÉS G_{-11} ÜTKÖZÉSI HATÁSKERESZTMETSZETEINEK MÉRÉSE CO_2 ÉS N_2 GÁZOKBAN

Irtta: Kovács István

Összefoglalás

A cikk a H^- -ion G_{-10} és G_{-11} egy- és kételektron elvesztési hatáskeresztmetszeteinek mérését ismerteti N_2 és CO_2 gázban, 200 keV - 500 keV közötti energiák esetén. A mérést az ütközési kamrából kilépő háromkomponensű nyaláb analízálásával végeztük. A hatáskeresztmetszetek az ionenergia növelésével monoton csökkennek a mért energiatartományban.

Bevezetés

A különböző egyszeres és többszörös töltésű ionok G_{ij} ütközési hatáskeresztmetszeteinek vizsgálatával az utóbbi időben több szerző foglalkozott. /A cikkben a vonatkozó irodalomban elfogadott jelöléseket alkalmaztuk. Ennek megfelelően G indexének első tagja a szóban forgó ion ütközés előtti, míg az index második tagja az ion ütközés utáni töltésállapotát jelenti. Így például a G_{-10} illetve a G_{-11} szimbólum azt fejezi ki, hogy az illető ion - jelen esetben hidrogén - az ütközés előtt -1-szeres töltésű volt, s az ütközés után neutrális H -atomná, illetve +1-szeres töltésű hidrogén ionná vált/. A mérések közül jelentős számu a H^+ ion ütközési hatáskeresztmetszeteit tárgyalja különböző gázmolekulákkal való ütközésekkor, igen széles energiatartományban. A H^- -ion G_{-10} és G_{-11} effektív hatáskeresztmetszeteinek vizsgálatával lényegesen kevesebb szerző foglalkozik. Az irodalmi adatok elsősorban kisebb, 0,2 kV - 50 kV gyorsítófeszültség tartományra vonatkoznak [1-5]. Nagyobb /400 keV-nél nagyobb/ ionenergiák esetén Rose [6] és munkatársai végeztek méréseket O_2 , CO_2 és Ar gázokban a G_{-10} töltéscsere-lődési hatáskeresztmetszetre vonatkozóan, míg Dimov és Dudnyikov 0,9 - 1,3 MeV ionenergiák mellett mérték a H^- -ion egy- és kételektronelvesztési hatáskeresztmetszeteit különböző gázokon [7]. Amint a vonatkozó irodalom áttekintéséből

kiderül, a 100 keV - 500 keV ionenergiatartományban igen kevés mérési adat található a negatív hidrogén ion elektron elvesztési hatáskeresztmetszeteit illetően. Mi az idézett energiatartományban vizsgáltuk a H^- -ion G_{-10} és G_{-11} hatáskeresztmetszeteit, nitrogén és széndioxid gáztargeten való áthaladásakor.

Mérési elv és mérőberendezés

Az egyszeres és többszörös töltésű ionok gázatomokkal és gázmolekulákkal való ütközésekor bekövetkező elektron elvesztési hatáskeresztmetszeteinek mérésére több módszer is alkalmazható [8], [9]. Mi a negatív ionnyalámban bekövetkező töltött részecskekomponensek arányának mérésével határoztuk meg a szóban forgó elektron elvesztési hatáskeresztmetszeteit, igen kicsiny gáztargetvastagság esetén. Ezt a módszert először Fogel és munkatársai alkalmazták különböző ionok elektron elvesztési és elektronbefogási hatáskeresztmetszeteinek mérésére higanygőzben és különböző gázokban való egyszeres ütközésekkor /lásd pl. [10]-[12] /. A gáztargeten való áthaladásakor a negatív hidrogénionok elveszthetik elektronjaikat, de lesznek olyanok is, amelyek ütközés nélkül hagyják el a targetet. Ily módon tehát az eredetileg egyféle töltésű ionnyaláb a targeten való áthaladás után három komponensűvé válik: negatív és pozitív hidrogén ionokat, valamint töltés nélküli, neutrális hidrogén atomokat tartalmaz. A háromkomponensű nyaláb egyes komponenseit az alábbi differenciálegyenletrendszerből számíthatjuk ki:

$$\frac{dN^+}{d\pi} = -1G_{-10} + G_{1-1} / N^+ + G_{01} N^0 + G_{-11} N^- ,$$

$$\frac{dN^0}{d\pi} = G_{10} N^+ - 1G_{01} + G_{0-1} / N^0 + G_{-10} N^- ,$$

///

$$\frac{dN^-}{d\pi} = G_{1-1} N^+ + G_{0-1} N^0 - 1G_{-11} + G_{-10} / N^- ,$$

ahol G_{ij} - a megfelelő töltéskicserélődési hatáskeresztmetszete, $[cm^2]$
 N^+, N^0, N^- - a pozitív, neutrális és negatív töltésű komponensek értékei a gáztargeten áthaladt nyalámban,
 π - a gáztarget vastagsága, amelyet az alábbi összefüggés határoz meg:

$$\pi = \frac{Ampx}{RT}$$

ahol A - az Avogadro-féle szám
 P - a gáznyomás, $dyn. cm^{-2}$
 m - a gázmolekulában levő atomok száma
 x - a gáztarget effektív hossza, $[cm]$
 R - a gázállandó
 T - a gáz hőmérséklete K^o -ban

A targetvastagságot gyakorlati egységekben kifejezve, az alábbi összefüggést kapjuk:

$$\bar{\pi} = \frac{273 L m p x}{760 / 273 + t^{\circ}} \quad |2/|$$

Itt L - a Loschmidt-féle szám
 p - a gáznyomás, Hgmm-ben
 t° - a gázhőmérséklet C° -ban

A targetvastagság dimenziója $\text{atom} \cdot \text{cm}^{-2}$ illetve $\text{molekula} \cdot \text{cm}^{-2}$ egységekben adódik a gáz minőségétől függően. A targetvastagság kifejezésében szereplő m értéke kétatomos gázmolekulák esetén $m=2$, míg az összes többi esetben $m=1$. A gáztarget effektív hosszán a gáztarget azon bemenő és kimenő pontjai közötti távolságot értjük, ahol a gáznyomás a gáztarget nyomásának felével egyenlő.

Az /1/ egyenletrendszer az

$$N^{+} + N^{0} + N^{-} = N = \text{const.}$$

és a

$$\frac{dN^{+}}{d\bar{\pi}} + \frac{dN^{0}}{d\bar{\pi}} + \frac{dN^{-}}{d\bar{\pi}} = 0$$

Kiegészítő feltételek, valamint az

$$[N^{+}]_{\bar{\pi}=0} = N_0^{+}, [N^{0}]_{\bar{\pi}=0} = N_0^{0} \text{ és } [N^{-}]_{\bar{\pi}=0} = N_0^{-}$$

kezdeti feltételek segítségével könnyen megoldható.

A megoldások az

$$N^{+} = a_0 + a_1 e^{-\lambda_1 \bar{\pi}} + a_2 e^{-\lambda_2 \bar{\pi}}$$

$$N^{0} = b_0 + b_1 e^{-\lambda_1 \bar{\pi}} + b_2 e^{-\lambda_2 \bar{\pi}}$$

$$N^{-} = c_0 + c_1 e^{-\lambda_1 \bar{\pi}} + c_2 e^{-\lambda_2 \bar{\pi}}$$

és

alakban fejezhetők ki. Itt λ_1 és λ_2 a karakterisztikus egyenlet gyökei, míg $a_0, a_1, a_2, b_0, \dots$ együtthatók a $\bar{\pi}$ targetvastagságtól független, a különböző hatáskeresztmetszeteket tartalmazó mennyiségek. Ezekre nézve fennáll, hogy:

$$a_0 + b_0 + c_0 = N,$$

$$a_1 + b_1 + c_1 = a_2 + b_2 + c_2 = 0$$

és

$$\sum_{i=0}^2 a_i = N_0^{+}, \sum_{i=0}^2 b_i = N_0^{0} \text{ és } \sum_{i=0}^2 c_i = N_0^{-}$$

Igen kicsiny targetvastagságot tételezve fel, a /4/ egyenletek exponenciális tagjai sorba fejthetők, s a négyzetesnél magasabb hatványokat elhagyhatjuk.

Igy az egyes komponensek értékeire, az /5/ összefüggések felhasználásával, rendezés után a gáztargeten áthaladt ionnyaláb egyes komponenseire az alábbi kifejezések nyerhetők:

$$\begin{aligned} N^+ &= N_0^+ - /a, \lambda_1 + a_2 \lambda_2 / \pi + \frac{1}{2} / a, \lambda_1^2 + a_2 \lambda_2^2 / \pi^2, \\ N^0 &= N_0^0 - /b, \lambda_1 + b_2 \lambda_2 / \pi + \frac{1}{2} / b, \lambda_1^2 + b_2 \lambda_2^2 / \pi^2, \\ N^- &= N_0^- - /c, \lambda_1 + c_2 \lambda_2 / \pi + \frac{1}{2} / c, \lambda_1^2 + c_2 \lambda_2^2 / \pi^2. \end{aligned} \quad | 6 |$$

Az /1/ egyenletrendszerből levezetett /6/ végeredmények nem túl nagy, tet-szőleges targetvastagság érték mellett érvényesek. Ebből kifolyólag eredmé-nyeink a $\pi \rightarrow 0$ esetet is tartalmazzák. Ekkor a gáztargeten áthaladó elsődle-ges ionok legfeljebb csak egyszer ütköznek a gáztargetet alkotó gázmolekulák-kal, s így módon az ütközés során nyert új töltésüket a gáztargeten áthalad-va, mindvégig megtartják. Esetünkben az elsődleges /ütközés előtti/ ionnya-lábot H^- -ionok képezték, amelyek a gáztargeten való áthaladás után poziti-v töltésüvé váltak, vagy elvesztették töltésüket, esetleg negatívak marad-tak. E három lehetséges eset közül minket az első két eset érdekelt, amelye-ket az előbb említett körülmények mellett az alábbi összefüggések fejeznek ki:

$$\begin{aligned} dN^+ &= G_{-11} N^- d\pi \\ \text{és} \quad dN^0 &= G_{-10} N^- d\pi, \\ \text{vagyis} \quad N^+ &= G_{-11} \int N^- d\pi \\ \text{és} \quad N^0 &= G_{-10} \int N^- d\pi \end{aligned} \quad | 7 |$$

A targeten áthaladt nyaláb negatív töltésű komponensének értékét a /6/ e-gyenletből a /7/ kifejezésekbe helyettesítve N^+ és N^0 értékek kiszámitha-tók. Ezek birtokában, és az $N^+ = I^+ / \rho l$, $N^0 = H^0 / \rho l$, valamint $N^- = I^- / \rho l$ jelölésekkel könnyen belátható, hogy

$$\begin{aligned} \frac{I^+ / \rho l}{I^- / \rho l} &= G_{-11} \pi + \Omega \pi^2 \\ \text{és} \quad \frac{H^0 / \rho l}{I^- / \rho l} &= G_{-10} \pi + \Omega' \pi^2 \end{aligned} \quad | 8 |$$

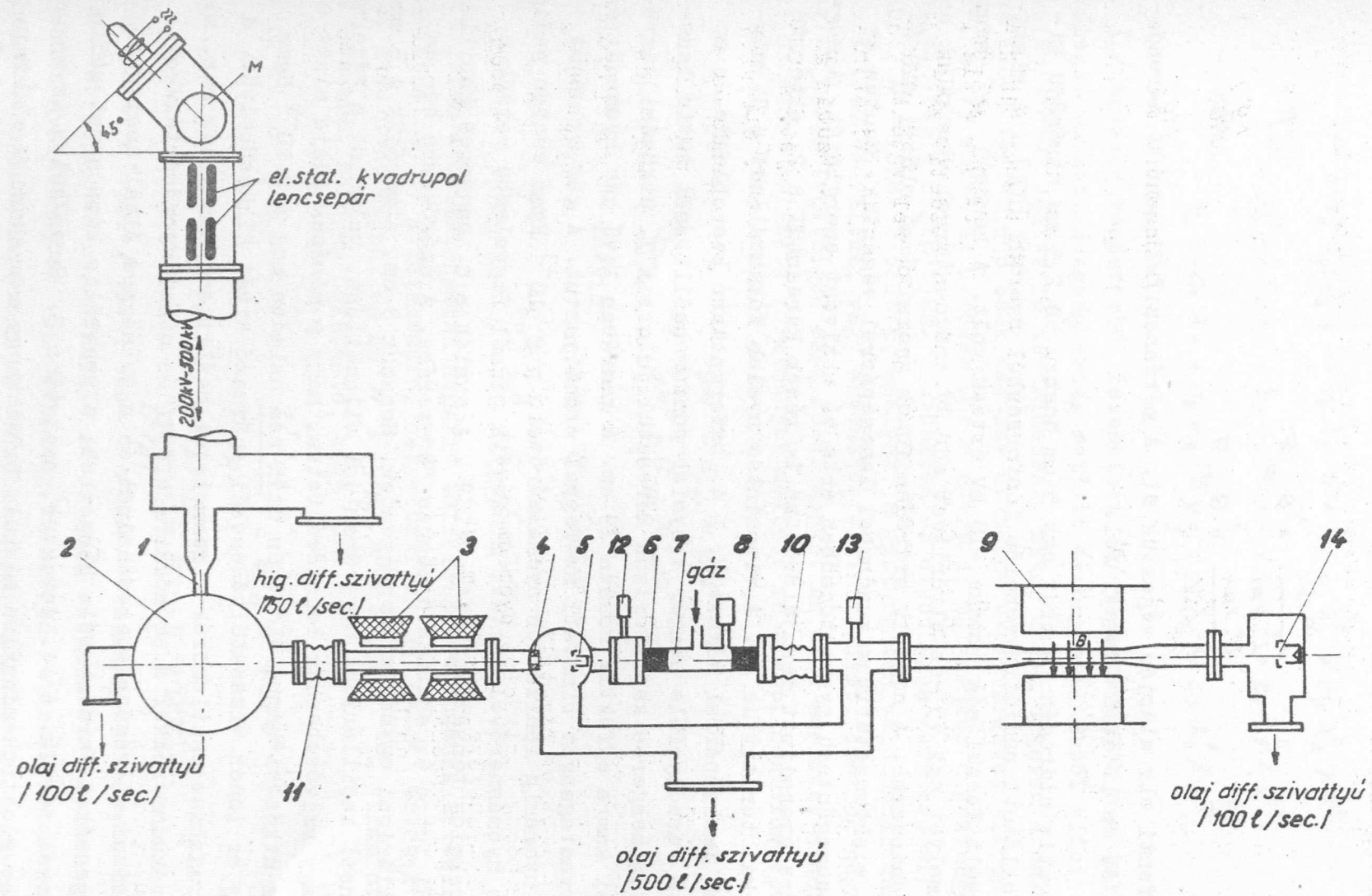
ahol tehát $I^+ / \rho l$, $I^- / \rho l$ és $H^0 / \rho l$ rendre a pozitív, a negatív töl-tésű H^- -ionok és a neutrális H -atomok száma a "p"-nyomású gáztargeten áthaladt nyalábban, Ω és Ω' pedig különböző hatáskeresztmetszeteket tar-talmazó mennyiségek. Amint az előzőekben már említettük, a keresett hatás-keresztmetszetek értékeinek kiszámításához szükséges adatokat igen kis gáz-nyomáson /max. $5 \cdot 10^{-4}$ Hgmm/ végeztük. Ez esetben - mint már más szerző is

rámutatott [12] - a /8/ összefüggésekben elegendő a lineáris tagot figyelembe venni, ugyanis a π^2 -t tartalmazó tag a szóban forgó kis nyomásértéknél 3-4 nagyságrenddel kisebb a lineárisnál. Végül is tehát a H^- -ion egy és két elektron elvesztési hatáskeresztmetszetei az alábbi összefüggésekből számíthatók ki:

$$\begin{aligned} \frac{H^0 / \rho l}{I^- / \rho l} &= G_{-10} \pi && 191 \\ \text{és} &&& \\ \frac{I^+ / \rho l}{I^- / \rho l} &= G_{-11} \pi && 1101 \end{aligned}$$

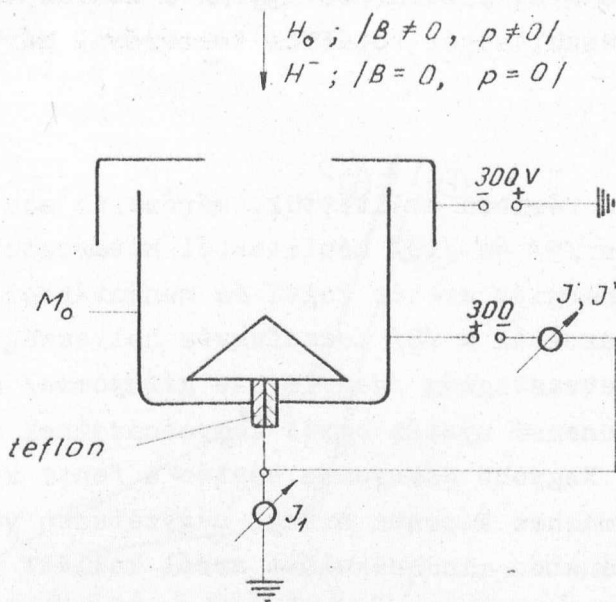
A méréseket a fenti elv alapján végeztük el. A méréshez felhasznált berendezés elvi vázlatát az 1. ábra tünteti fel.

A negatív hidrogén ionokat egy 5 cm hosszú és 2,5 mm átmérőjű kiszívócsuccsal ellátott rádiófrekvenciás ionforrásból nyertük [13]. A kiszívócsucstra kapcsolt feszültség értéke -10 kV értékű volt. A kezdeti H^- -áram 3-5 μA volt, amelyet egy 45°-os eltérítést adó M -mágnestérrel vezettünk az előfókuszáló rendszerbe. A negatív hidrogén ionok gyorsítócső előtti előfókuszálását egy elektrosztatikus kvadrupol lencsepárral végeztük. Ezután az ionnyaláb egy homogénterű gyorsítócsőben érte el a kívánt energiáját. A megfelelő energiára gyorsított ionnyalábot az 1. résen keresztül a 2. eltérítő mágnessel 90°-kal térítettük el. A vízszintes nyaláb fókuszálását a 3. mágneses kvadrupol lencsepárral végeztük. A 4. beforgatható kvarcblende és az 5. beforgatható Faraday-féle henger a nyaláb pontos beállítását tette lehetővé, amely a 6. hengeres kapillárison keresztül jutott a 7. ütközési kamrába. Az ütközési kamra effektív hossza 29 cm. A kamrában levő gáz nyomását és ezzel a targetvastagságot bimetall szeleppel szabályoztuk. A gáz nyomását $p = 10^{-3}$ Hgmm nyomásig ionizációs nyomásmérővel, $p \geq 10^{-3}$ Hgmm esetén pedig termokeresztéses nyomásmérővel mértük, mindegyik gáznál figyelembe vettük a megfelelő korrekciós tényezőket [14], [15]. A nyaláb a 8. hengeres kapillárison keresztül jut a 9. analizáló mágnes "B"-terébe. A szórókamra be- és kimeneti kapillárisai egymással megegyezőek. Hosszuk 3 cm, átmérőjük 4,5 mm. A be- és kimeneti kapillárisok nagy áramlási ellenállása, valamint a végeken alkalmazott nagy szívósebesség lehetővé tette, hogy a mérések ideje alatt a nyomásérték az ütközési kamra előtt és után nem haladta meg a $2 \cdot 10^{-5}$ Hgmm értéket, s így az ionok visszatöltődéséből származó hibát kiküszöböltük. A 10. és a 11. rugalmas csatlakozók a geometriai beállítást könnyítik meg, míg a 12. és 13. vákuummérőkkel a szórókamra előtti és utáni nyomásértékeket tudtuk ellenőrizni. A gáztargeten áthaladt és a 9. mágnes által analizált töltött komponenseket Faraday-féle hengerrel, a neutrális komponenst pedig a 14. detektorral mértük. A 14. detektor, amelyet a 2. ábrán külön is megadtunk, szekunder elektronemisszió alapul, s minthogy a szekunder elektronemissziós áram nem függ a részecske töltésétől, csak az energiájától [16], ezért ismert intenzitású negatív hidrogénnyalábbal kalibráltuk. A kalibrációt



1. ábra

A M^- -ion elektron elvesztési hatáskeresztmetszeteinek mérésére szolgáló berendezés vázlata



2. ábra

A semleges töltésű hidrogén atomok mérésére alkalmazott detektor vázlatos rajza

minden mérés előtt és után elvégeztük és az eltérés általában nem haladta meg a 10 %-ot.

Az ábra alapján

$$H^{\circ} = \frac{I'}{K|E|} \quad / 111 /$$

ahol I' - a H° neutrális hidrogén atomok által keltett szekunder elektronemissziós áram; $|B \neq 0, p \neq 0|$

$K|E|$ - az energiától függő szekunderemissziós együttható, amelyet az alábbi összefüggés szerint állapítottuk meg:

$$K|E| = \frac{I}{I_1} \quad / 112 /$$

ahol I_1 - a negatív H^{-} ionok árama; $|B = 0, p = 0|$

I - a H^{-} ionok által keltett szekunder elektronemissziós áram értéke.

Az ütközési kamrába belépő negatív ionáram általában $0,4 - 0,8 \mu A$ közötti érték volt, azonban intenzitása igen lassan ingadozott.

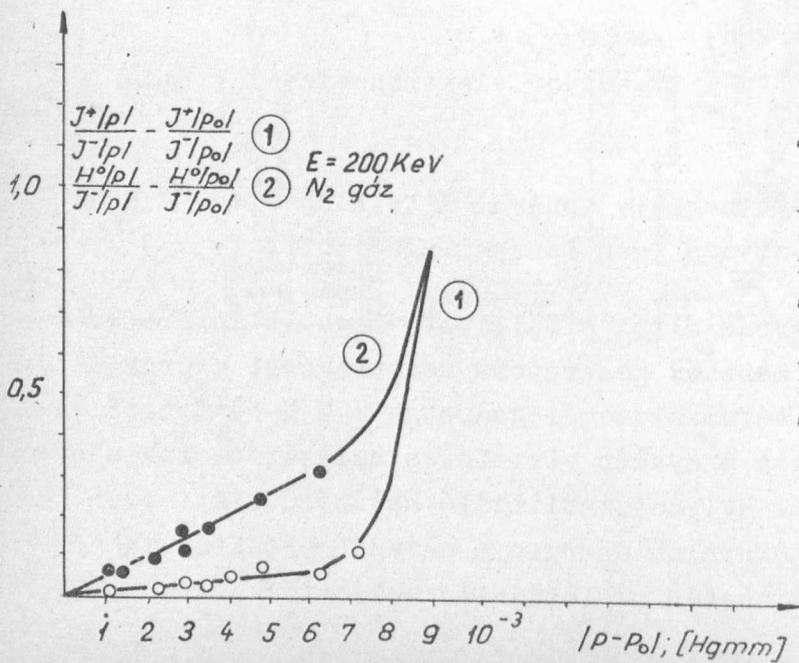
A rádiófrekvenciás ionforrás által előállított negatív ionokat a Gyorsító Laboratórium "K-600"-as kaszkád generátora segítségével gyorsítottuk a kívánt energiaértékre. A gyorsítófeszültség ingadozása ± 2 %-ra tehető, amely gyakorlatilag nem befolyásolta a nyaláb vízszintes helyzetét, tekintettel a mágneses kvadrupól lencsepár helyzetstabilizáló hatására. Ily módon tehát az ütközési kamrán áthaladó ionnyaláb energiája a fenti értékben ingadozott. Nagyobb feszültség-ingadozás esetén az ionnyaláb helyzetét a kvadrupól

lencsepár már nem tudta stabilizálni, és így az a kamrán nem is haladt keresztül. A generátor feszültségét rotációs termérővel mértük.

Mérési eredmények

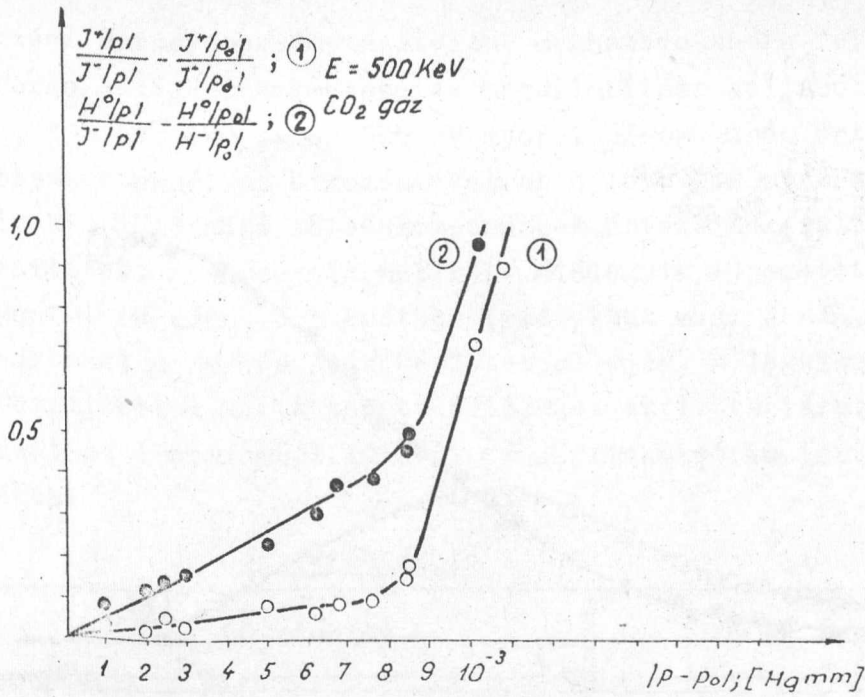
Amint az előző részben említettük, méréseink alapján a keresett hatás keresztmetszeteket a /9/ és /10/ képletekből határoztuk meg. Kisebb, 40 keV-ig terjedő ionenergiák esetén Fogel és munkatársai az idézett munkáikban mérésekkel is igazolták a /8/ összefüggés helyességét. Nevezetesen azt, hogy igen kicsiny targetvastagság /vagyis kis gáznyomás/ mellett a gáztargeten áthaladt háromkomponensű nyaláb egyes komponenseinek viszonya lineárisan függ a gáz nyomásától. Nagyobb gáznyomás esetén a fenti képleteknek megfelelően a komponensek egymáshoz képesti aránya négyzetesen változott a gáznyomás függvényében. Esetünkben mindenképp arról kellett meggyőződni, hogy az előbbieknél lényegesen nagyobb ionenergiák esetén milyen targetvastagságig terjed a lineáris szakasz. Vizsgálataink azt mutatták, hogy a 200 keV - 500 keV ionenergia-tartományban is érvényesek a /8/ összefüggések. Nevezetesen az ütközési kamrában levő gáz kisebb nyomásértékeinél az $\frac{I^+/p}{I^-/p}$ viszony lineáris függvénye a gáznyomásnak, míg nagyobb nyomásértékeknél ez a függőség eltér a lineáristól. Az a targetvastagság érték, amelynél a lineáristól való eltérés észlelhető, a vizsgált energiatartományban az energia változásával csak igen kis mértékben változik. CO₂ target esetén ez az érték $5,5 \cdot 10^{14}$ molekula \cdot cm⁻², N₂ target esetén pedig $11,5 \cdot 10^{14}$ atom \cdot cm⁻² körül mozog. A méréseink alapján hasonló megállapítást tehetünk a $\frac{H^0/p}{I^-/p}$ viszony változását illetően is. Példaképpen a 3. és 4. ábrán közöljük az

$\frac{I^+/p}{I^-/p} - \frac{I^+/p_0}{I^-/p_0}$ valamint a $\frac{H^0/p}{I^-/p} - \frac{H^0/p_0}{I^-/p_0}$ áramviszonyok különbségeinek változását



3. ábra

A pozitív töltésű hidrogén ionok és a neutrális hidrogén atomok relatív értékének változása a gáztargeten áthaladt nyalábnál, az ütközési kamrában levő gáznyomás függvényében, 200 keV ionenergia és nitrogén gáztarget esetén.

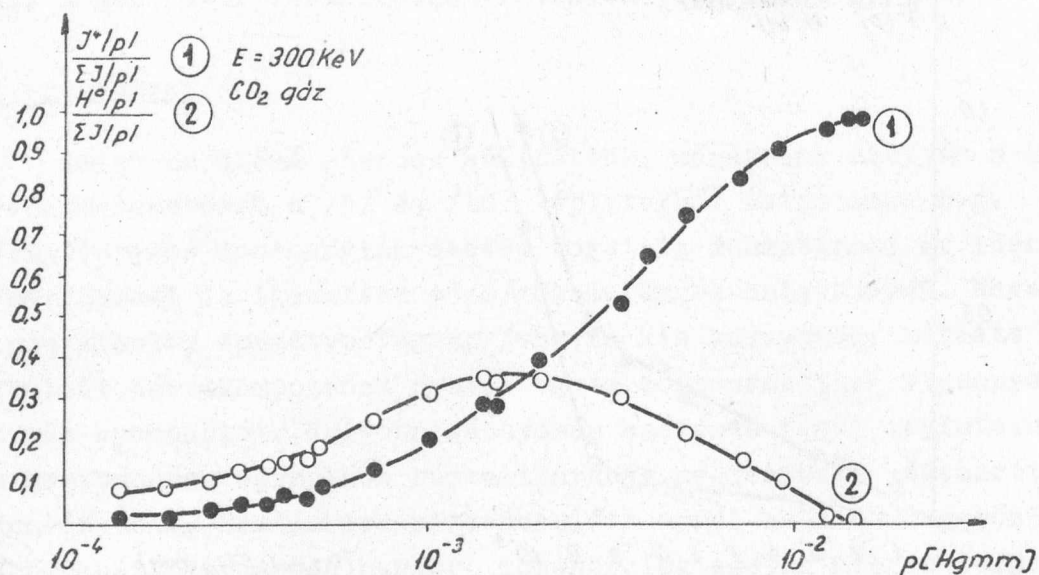


4. ábra

A pozitív töltésű hidrogén ionok és a neutrális hidrogén atomok relatív értékeinek változása a gáztargeten áthaladt nyalábban, az ütközési kamrában levő gáznyomás függvényében, 500 keV ionenergia és széndioxid target esetén.

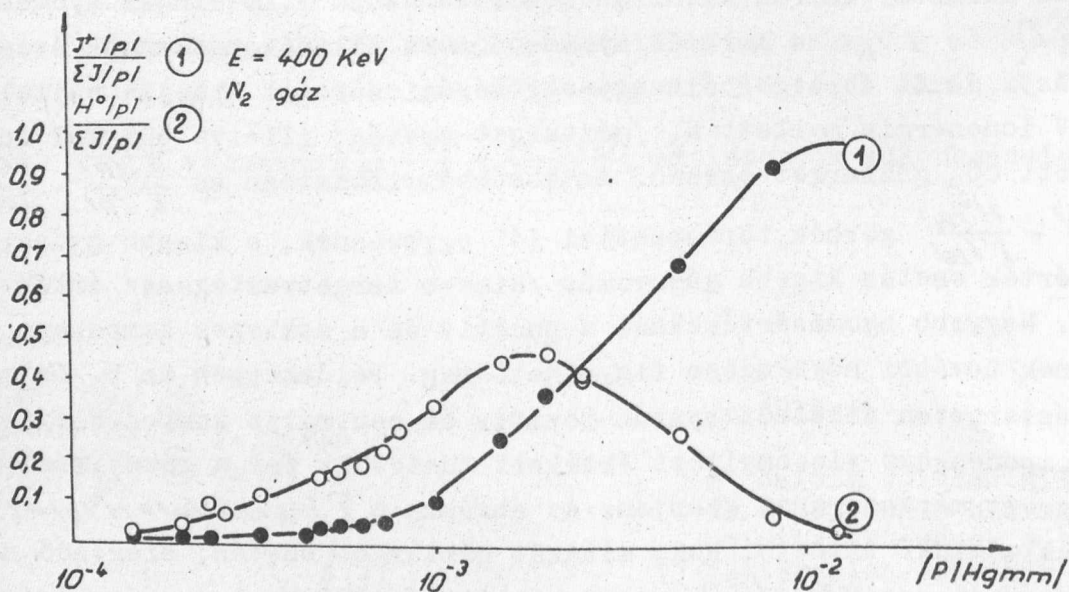
a $p - p_0$ nyomáskülönbség függvényében. /Itt p_0 az ütközési kamrában levő maradék gáz nyomása, amelynek értéke általában $1,5 \cdot 10^{-5}$ Hgmm körüli érték volt. Ez esetben az ütközési kamrán kívül az ioncsatornában $3 \cdot 10^{-6}$ Hgmm nyomás volt. I^+/pI , H^0/pI és I^-/pI a maradék nyomáson mért töltéskomponensek értékeit jelentik. / A 3. és 4. ábra görbéit egy-egy mérési sorozat alapján rajzoltuk meg, 200 keV ionenergia mellett N_2 gáztarget esetén, illetve 500 keV ionenergia mellett CO_2 gáztarget esetén. Az ábrákból láthatóan az $\frac{I^+/pI}{I^-/pI} - \frac{I^+/p_0I}{I^-/p_0I}$ és a $\frac{H^0/pI}{I^-/pI} - \frac{H^0/p_0I}{I^-/p_0I}$ görbék töréspontjai jól egybeesnek, s kisebb gyorsítófeszültség érték esetén kisebb gáznyomás /kiseb targetvastagság/ érték felé tolódnak el. Nagyobb nyomásértékeknél a pozitív és a semleges komponens relatív értékeinek további növekedése figyelhető meg. Példaképpen az 5. és a 6. ábrákon a gáztargeten áthaladt nyaláb pozitív és neutrális komponenseinek az összes komponenshez viszonyított értékeit tüntettük fel a gáznyomás függvényében, egy-egy méréssorozat alapján. Az ábrákon a $\sum I/pI = I^+/pI + H^0/pI + I^-/pI$ jelölést alkalmaztuk. Látható, hogy mindkét gáztarget esetén, elegendő nagy targetvastagságnál, az $I^+/pI / \sum I/pI$ relatív érték közel egységnyivé válik, míg ugyanezen a nyomáson a $H^0/pI / \sum I/pI$ közel zérus értékű, vagyis a töltéscicserélődés hatásfoka megközelíti a 100 %-ot.

Az elmondottak alapján kitűnik, hogy az ütközési kamrában levő gáz megfelelően kis nyomásértékeinél a vizsgált energiatartományban a /9/ és /10/ összefüggések a H^- -ion keresett G_{-11} és G_{-10} , két- és egyelektron elveszté-



5. ábra

A pozitív töltésű és a neutrális komponenseknek az összes többi komponenshez viszonyított értékének változása a gáztargeten áthaladt nyalámban, az ütközési kamrában levő gáznyomás függvényében. $E = 300 \text{ keV}$, széndioxid target.



6. ábra

A pozitív töltésű és a neutrális komponenseknek az összes többi komponenshez viszonyított értékének változása a gáztargeten áthaladt nyalámban, az ütközési kamrában levő gáznyomás függvényében. $E = 400 \text{ keV}$, nitrogén target.

si effektív ütközési hatáskeresztmetszeteinek meghatározására felhasználhatóak. A szóban forgó hatáskeresztmetszetek megállapítása céljából méréseket végeztünk 200 keV, 300 keV, 400 keV és 500 keV gyorsítófeszültség értékeknél. Mindegyik feszültségértéknél az ütközési kamrában levő gáz nyomásának függvényében vizsgáltuk a különböző töltéskomponensek értékeinek változását, általában 10-20 beállított nyomásérték mellett. Mindegyik sorozatot, a mérési eredmények szórásától függően, 3-5 esetben ismételtük meg. A G_{-10} és G_{-11} hatáskeresztmetszeteket a /9/ és /10/ képletek alapján, a legkisebb négyzetek módszerével számítottuk ki. A kapott értékeket az 1. táblázatban tüntettük fel. A táblázat az irodalomból idézett G_{-10} értékeket is tartalmazza CO_2 target esetében.

I. táblázat

E [keV]	CO_2 target			N_2 target	
	G_{-10}		G_{-11}	G_{-10}	G_{-11}
	[6], [8] szerint	saját mérés	saját mérés	saját mérés	saját mérés
200	-	147,1 \pm 5,5	75,9 \pm 7,3	37,8 \pm 2,8	14,7 \pm 2,5
300	-	-	45,6 \pm 5,1	28,7 \pm 2,4	10,4 \pm 1,4
400	82,5	94,2 \pm 6,4	25,8 \pm 2,4	25,5 \pm 1,1	7,1 \pm 0,9
500	74,0	82,4 \pm 6,3	23,5 \pm 2,5	24,0 \pm 1,1	5,9 \pm 1,1

A táblázatban a G_{ij} hatáskeresztmetszetek értékeit $10^{-17} \text{ cm}^2/CO_2$ molekula, illetve $10^{-17} \text{ cm}^2/N$ atom egységekben adtuk meg. A táblázatból látható, hogy a negatív hidrogén-ion elektron elvesztési hatáskeresztmetszetei az energia növelésével az adott energiatartományban eléggé lassan, monoton csökkennek. Értékük sokszorosa a hasonló energián H_2 gáztargetben mért elektron elvesztési hatáskeresztmetszeteknek [9].

A fentiek összefoglalásaként elmondhatjuk, hogy a H^- -ion elektron elvesztési hatáskeresztmetszeteinek kiszámítására alkalmazott /9/ és /10/ összefüggések, a gáztarget vastagságának megfelelő értéke mellett, a 200 keV-500 keV energiatartományban is alkalmazhatók, és segítségükkel a G_{-10} és G_{-11} elektron elvesztési hatáskeresztmetszet értékek számolhatók. Az említett energiatartományban a széndioxid target esetén a kapott G_{-10} hatáskeresztmetszet értékek jól megegyeznek a más szerzők által, eltérő módszerrel mért hatáskeresztmetszet értékekkel.

Végezetül ezuton mondok köszönetet a Gyorsító Laboratórium kollektivájának a műszaki problémák megoldásában nyújtott segítségért, közvetlen munkatársaim - Meszter Erika laboráns és Földiák Iván műszerész - áldozatkész munkájáért, valamint Keve Kinga laboránsnak a numerikus számítások elvégzéséért.

I r o d a l o m

- [1] Stier, P.M., Barnett, C.F.: Phys. Rev. 103, 896 /1956/
- [2] Фогель Я.М. - Анкудинов В.А. - Слабоспицкий Р.Ф.: ЖЭТФ 32, 453, /1957/
- [3] Hasted, J.B.: Proc. Roy. Soc. A212, 235 /1952/
- [4] Stedeford, J.B.H.: Proc. Roy. Soc. A227, 466 /1955/
- [5] Whittier, A.C.: Canad. Journ. Phys. 32, 275 /1954/
- [6] Rose, P.H., Connor, R.J., Bastide, R.P.: Bull. Am. Phys. Soc. /II/
3, 40 /1958/
- [7] Димов Г.К. - Дудников В.Г.: ЖТФ 36, 1239 /1966/
- [8] Allison, S.K.: Rev. Mod. Phys. 30, 1137 /1958/
- [9] Atomic and Molecular Processes. Edited by Bates, D.R.
/Academic Press N.Y.-London, 1962/
- [10] Фогель Я.М. - Митин Р.В.: ЖЭТФ, 30, 450 /1956/
- [11] Фогель Я.М. - Крупник Л.И. - Анкудинов В.А.: ЖТФ 26, 1208 /1956/
- [12] Фогель Я.М.: УФН 71, 243 //1960/
- [13] Gombos P., Roósz J., Vályi L.: KFKI Közl. 14, 325 /1966/
- [14] Хавкин Л.П.: ЖТФ 25, 726 /1955/
- [15] Ardenne, M.: Tabellen der Elektronenphysik, Ionenphysik und Übermikroskopie /Berlin, 1956/
- [16] Тельковский В.Г.: ДАН СССР 108, 444 /1956/

Érkezett: 1966. nov. 2.

KFKI Közl. 15.évf. 1.szám, 1967.

EGYSZERŰ ALACSONYHÁTTÉRŰ BÉTA-SZÁMLÁLÓ

Irta: Fehér István és Kroó Erik^{*/}

Összefoglalás

GOM ND-117 szcintillációs mérőfejhez 0,5 mm vastag plasztik szcintillátorból és 10 mm vastag plexi fényvezető csanakakupból álló 25 mm \varnothing -jú béta-detektort készítettünk. A mérőfejet GOM NK-108-as energiaszelektív számlálóval üzemeltettük. Az összeállítás jó árnyékolás mellett $\approx 0,3$ MeV maximális energiájú bétarészecskéket az energiától függően 18 %- 50 % hatásfokkal, ~ 5 imp./perc háttér mellett detektálja. Rámutatunk az általunk összeállított egyszerű alacsonyhátterű számláló alkalmazási területeire.

Bevezetés

A radioaktív nyomjelzéses technikában és általában kis aktivitások mérésénél nagyérzékenységű és alacsonyhátterű számlálóra van szükség. A kimutatási határ $/K_h/$, ha 95 % megbízhatóságot követelünk meg:

$$K_h = \frac{2,4}{S} \sqrt{\frac{B}{t}}$$

ahol S a berendezés érzékenysége /beütésszám/perc/ μ Ci /, B a háttér intenzitása /beütésszám/perc/, t a mérésre fordított idő. A kimutatási határra vonatkozó készülék-jóságot a $\frac{S}{\sqrt{B}}$ viszony jellemzi. Szilárd béta-sugárzó izotópokat többnyire GM csővel szokás detektálni, ezekkel kis háttér csak antikoincidencia árnyékolással érhető el. Itt az érzékeny térfogatnak az ablaktól való relative nagy távolsága akadályozza meg az érzékenység növelését. /Érzékenység: ≤ 15 %/.

Célul tüztük ki egy nagyérzékenységű és alacsonyhátterű berendezés elkészítését. Szempontunk volt az is, hogy GOM gyártmányu, könnyen beszerezhető eszközök egyszerű kiegészítésével építsük meg a számlálót. Ez a "vékonyplasztik elv" alapján valósítható meg legegyszerűbben. Ilyen összeállítást több szerző [1], [2] alkalmazott, és segítségével 20-50 % hatásfok mellett 0,5 beütés/perc háttér érték el. A berendezés működésének lényege

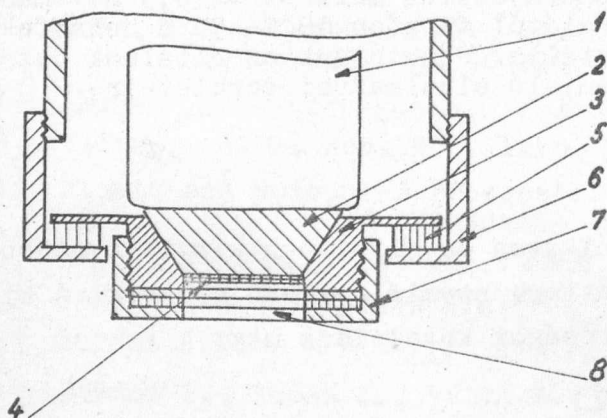
^{*}/ Vizsgázókérdési Tudományos Kutató Intézet

az, hogy ha csökkentjük a szcintillációs mérőfejben lévő plastik-szcintillátor vastagságát, a háttérsugárzásnak a plastikban való energiavesztesége gyorsabban csökken, mint valamilyen részecskesugárzásé /pl. béta-sugárzás/.

A vékonyplastik szcintillátor a béta részecskékre nézve $\frac{dE}{dx}$ detektorként működik. Ha a plastik foszfor vastagságával az energiaveszteséget úgy állítjuk be, hogy a keletkezett jelek amplitudója a termikus zajtól éppen elkülönüljön, akkor a béta-részecskék még nagy hatásokkal megmérhetők, a háttérsugárzás viszont a vékony rétegben csak nagyon kevés detektálható felvillanást vált ki.

A készülék leírása

A készülék mérete és külső formája teljesen megegyezik a szabvány GOM szcintillációs fejjel /1. ábra/. A plexi fényvezető csomakap kisebbik



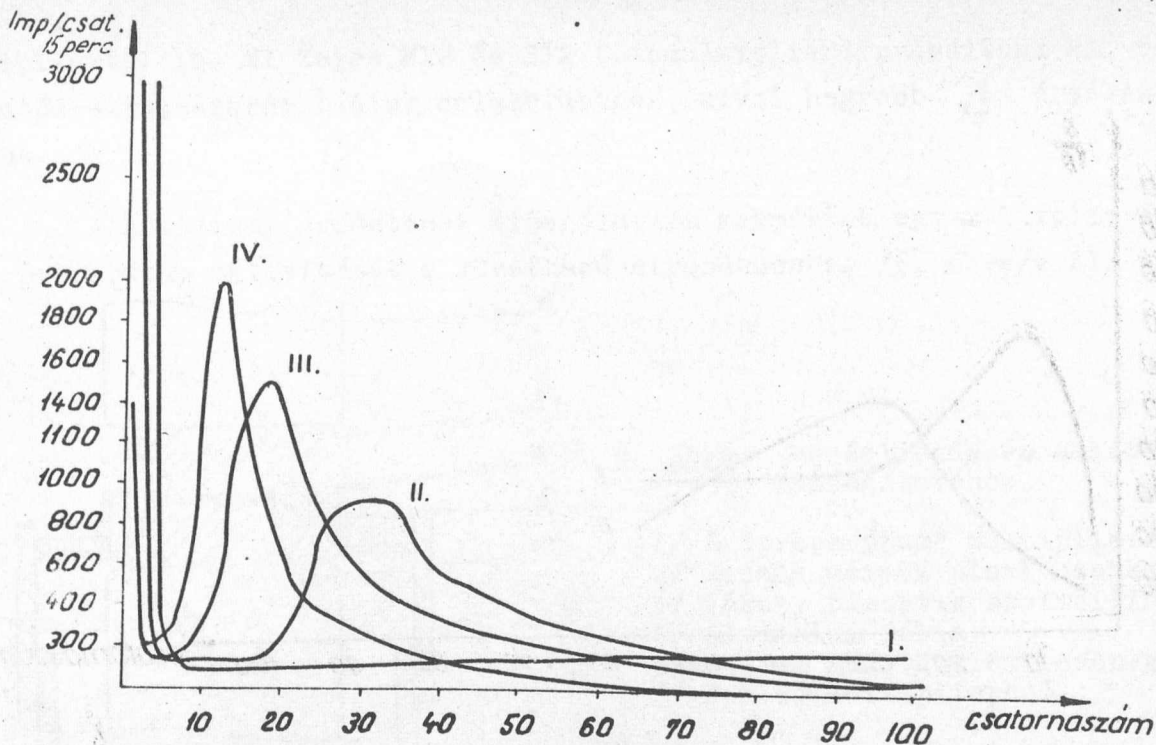
1. ábra. A mérőfej kiképzése

- 1/ Fotomultiplier /S12 FS35/
- 2/ Plexi fényvezető csomakap
- 3/ Alumínium korong /a fényvezető tokja/
- 4/ Vékony plastik szcintillátor
- 5/ Gumi alátét
- 6/ Szorító hollandi
- 7/ Zárókupak
- 8/ Alumínium fólia /fényzáró/

fedőlapjára szilikonolajjal van felragasztva a vékony plastik. A csomakap nagyobbik fedőlapja nem fedi el teljesen a fotomultipliert, mert a fotokatód széle rossz hatásokkal működik. A plastik felületét $1,5 \text{ mg/cm}^2$ -es alumíniumfóliával vontuk be, a jó fényzárás érdekében a szorító hollandi és az alatta levő gumikorong közé is alumíniumfóliát tettünk, így a 3 mg/cm^2 alumínium árnyékolás egyben ablak a béta-részecskék részére. Az árnyékoló tér a KFKI egésztest-számlálójának vasszobája volt. A beméréshez 100 csatornás analizátort /Raduga/, a mérésekhez NK-108-as energiaszelektív számlálót használtunk.

Mérési eredmények

Felvettük különböző vastagságu plastikfoszforral egy UX_2 preparátum $5 \cdot 10^{-3} \mu \text{Ci } \text{U}_3\text{O}_8$ spektrumát /2. ábra/. A teljes abszorpciót biztosító 5 mm vastag szcintillátor-réteggel nyert kisenergiájú spektrumhoz viszonyítva jól látható, hogy a vékony detektorok valóban $\frac{dE}{dx}$ spektrumot mutatnak és a csúcs a vastagság csökkentésével egyre inkább megközelíti a fotomultipl-

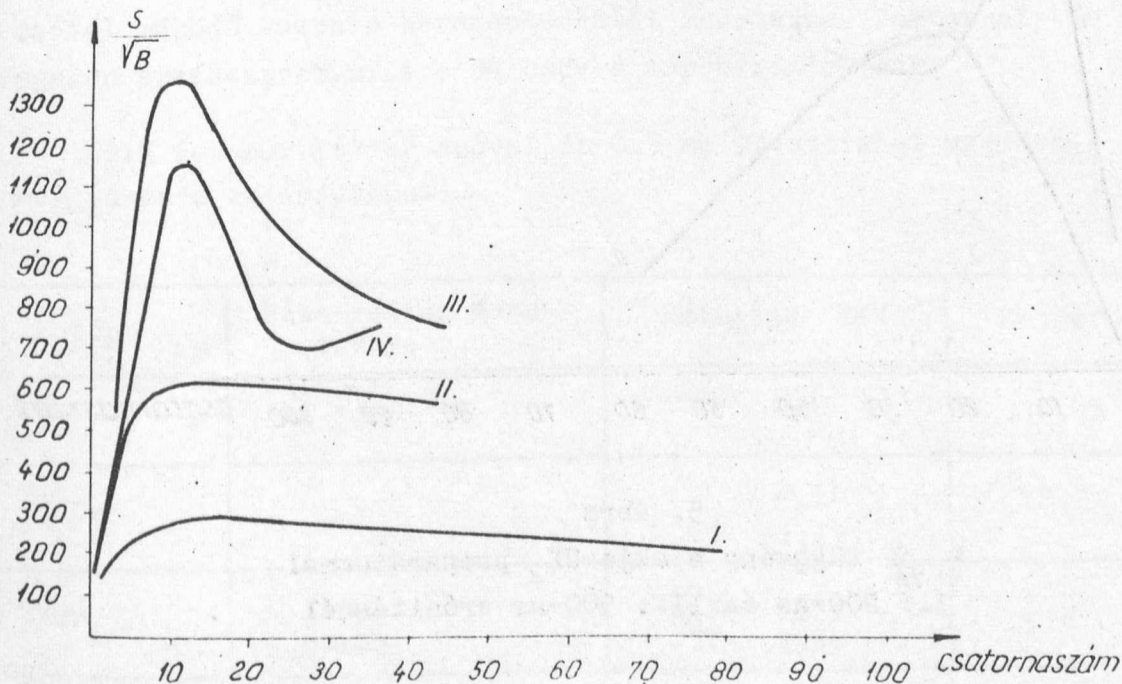


2. ábra

UX₂ béta-spektrumok különböző vastagságu plastik foszforokkal felvéve
I.: 5 mm, II.: 1 mm, III.: 0,5 mm, IV.: 0,3 mm.

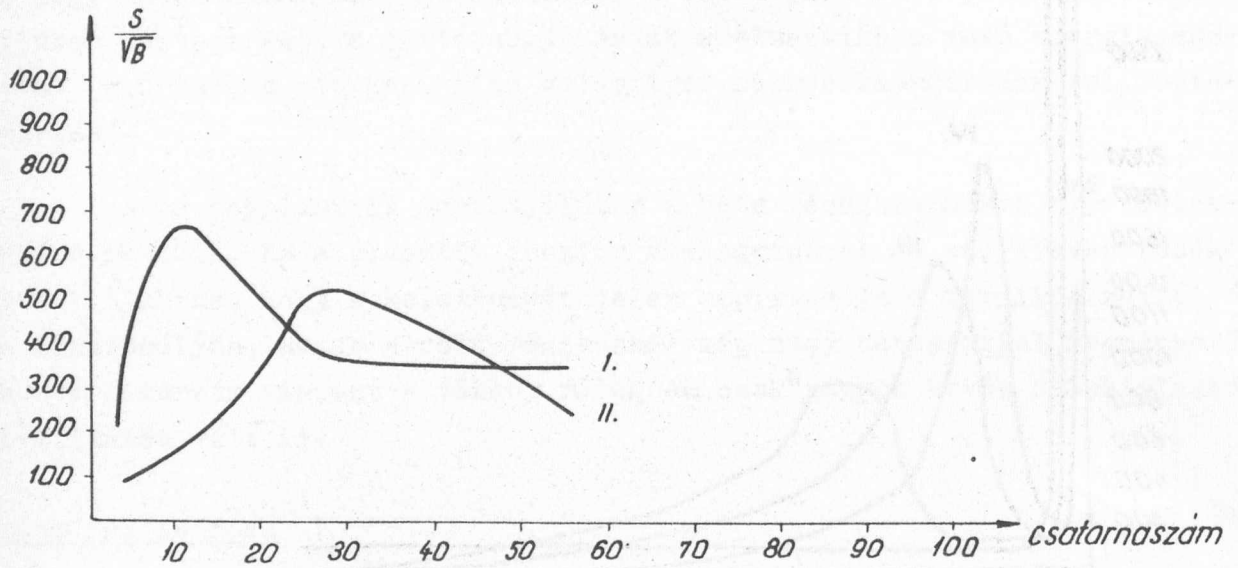
lier termikus zajából származó nagy számlálási sebesség tartományát.

Adott beállításban /plasztik vastagság, integrális diszkriminációs szint, erősítés, nagyfeszültség/ a spektrum különböző pontjaiban ábrázoltuk a $\frac{S}{\sqrt{B}}$ függvényt /3., 4., 5. ábra/. A görbék alapján - adott feltételeknél -



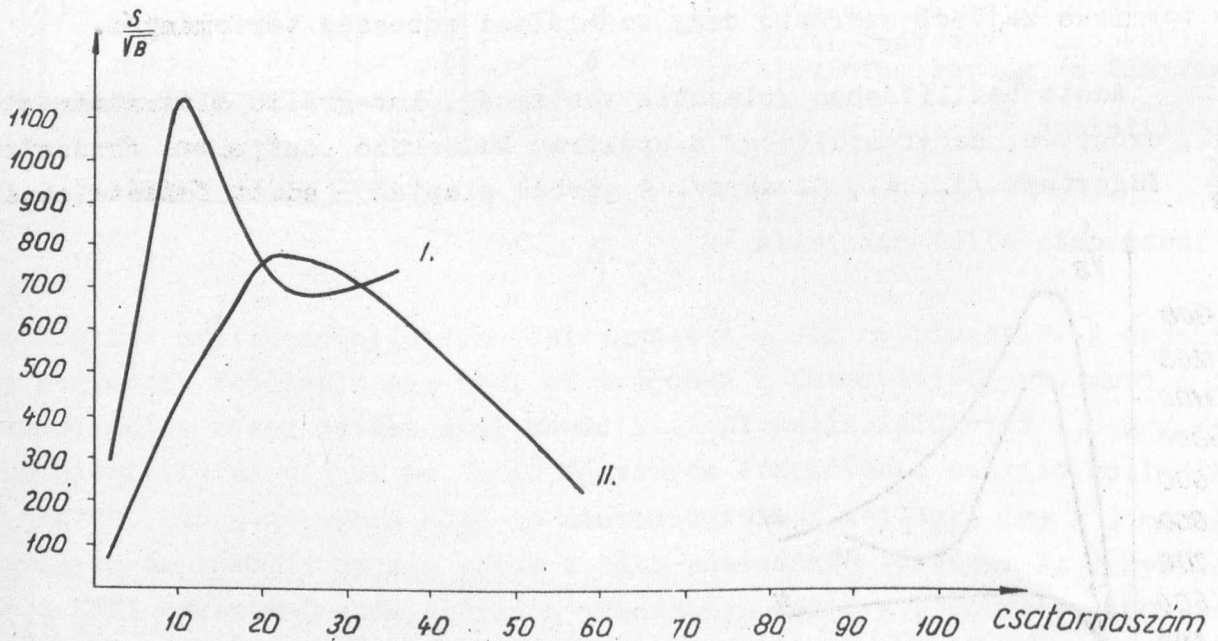
3. ábra

A $\frac{S}{\sqrt{B}}$ függvény alakja különböző vastagságu plastikfoszforoknál
I.: 5 mm, II.: 1 mm, III.: 0,5 mm, IV.: 0,3 mm.



4. ábra

A $\frac{S}{\sqrt{B}}$ függvény alakja UX_2 preparátummal
 I.: 1200 V-nál és II.: 1300 V-nál



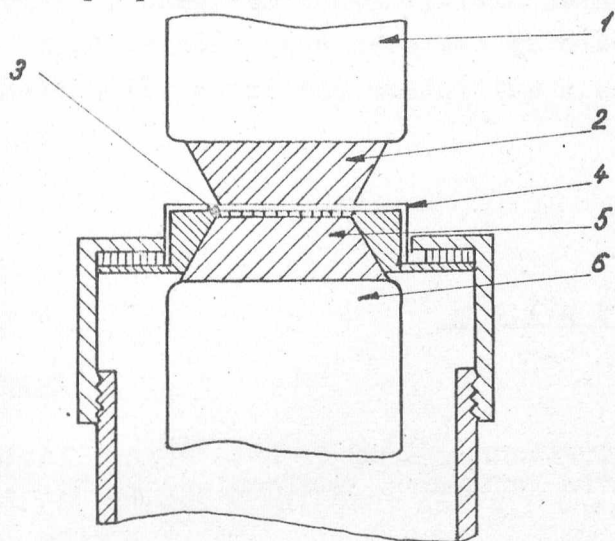
5. ábra

A $\frac{S}{\sqrt{B}}$ függvény alakja UX_2 preparátummal
 I.: 200-as és II.: 500-as erősítésnél

a 0,5 mm-es pasztik a legjobb, így a továbbiakban ezzel az összeállítással dolgoztunk. Itt kell megjegyezni, hogy a görbék alakja függ az alkalmazott

multiplierertől is. Mi Zeiss M12 és S12 fotomultiplierert próbáltunk ki, és az S katód alkalmazását láttuk célszerűbbnek, mivel nagyobb $\frac{S}{\sqrt{B}}$ értékek adódtak.

A háttérzaj eredetének vizsgálatára megmértük egy multipliercső, mint preparátum aktivitását a következő elrendezésben /6. ábra/. S12-vel



6. ábra. Mérőelrendezés a háttérzaj vizsgálatához

- 1/ A "preparátum" multipliercső
- 2/ Azonos méretű plexi csonkakapok
- 3/ Vékony plastik szcintillátor
- 4/ Alumínium fólia
- 5/ Azonos méretű plexi csonkakapok
- 6/ A mérő multipliercső

az M12-re 0,7 c.p.m., viszont M12-vel S12-re < 0,1 c.p.m. adódott. Ennek két oka lehet, vagy az M12-nek magasabb a káliumtartalma, vagy az S12 nagyobb hatásfokkal mér, mint az M12. Ebből az adatból minden esetre látszik, hogy a háttér / ~ 5 c.p.m./ elsősorban a termikus zajból, és nem a multiplier káliumtartalmából adódik. Alacsony zajú válogatott /pl. EMI S tip./ multiplierrel természetesen jóval kisebb háttér is elérhető. Az általunk összeállított egyszerű berendezés kimutatási határa az irodalomban közölt, EMI csővel működő hasonló berendezésektől kb. hármas faktorial tér el, de lényegesen érzékenyebb, mint a GM csöves mérőberendezések.

S12 fotomultiplier csővel és 0,5 mm plasztikkal megmértük különböző energiákra a hatásfokokat:

Izotóp	Béta-részek %-os aránya	Energiák MeV	Hatásfok %
^{14}C	100	0,15	0,05
^{137}Cs	92 8	0,51 1,17	18,2
$^{90}\text{Sr}/\text{Y}/$	100 100	^{90}Sr 0,55 ^{90}Y 2,26	55

Eredmények, alkalmazási lehetőségek

A berendezés célszerűen alkalmazható általában a kis aktivitások méréstechnikájában, mint pl. ^{32}P , ^{90}Sr stb. mérésére az orvosi, vagy biológiai kutatásban, mezőgazdaságban nyomjelzős kísérleteknél, sugárvédelmi vizsgálatoknál, természetes vizek, növények aktivitásának mérésénél, exkré- tumok analizisénél stb. Jól árnyékolt mérőfej esetében nagy előnye, hogy nem kell hozzá különleges elektronika, s a multiplier esetleges válogatásá- val még jobb eredmények is elérhetők.

I r o d a l o m

- [1] H.Harley, Joh, A.Hallden, Naomi, M.Fisenne, Isabel: Beta Scintillation Counting with Thin Plastic Phosphors. Nucleonics, 20 No.1. /1962/
- [2] Jaworowski, Zbigniew: A Low-Background Beta Scintillation Counting Nukleonika. 8, No. 10 /1963/

LEGUJABB HAZAI DIFFUZIÓS SZIVATTYUK

Irta: Péter István és Szulyovszky Andor

Összefoglalás

Ismertetjük a KFKI és az Egyesült Izzó Gépgyára által kifejlesztett olajdiffúziós szivattyuk műszaki adatait, összehasonlítva néhány - hasonló teljesítményű - külföldi szivattyu adataival.

Intézetünk és az EIVRT közötti együttműködés többek között célul tűzte ki egy korszerű olajdiffúziós szivattyusorozat kifejlesztését.

A sorozatból eddig az NA 70, NA 160, és NA 200 névleges átmérőjű, illetve 125 lit/sec., 500 lit/sec., 1000 lit/sec. névleges szivóteljesítményű szivattyu készült el.

A tervezés fő irányelve volt hazai anyagokból a hazai gyártástechnológiai lehetőségeket figyelembevéve olyan szivattyut kialakítani, mely a geometriai méretek, a szivósebesség, az elérhető végvákuum és az elővákuum állékonyság szempontjából egy szinten van a vezető világcégek hasonló típusú és nagyságú szivattyuinak katalógusadataival.

A prototípusokat az EIVRT Gépgyára gyártotta le.

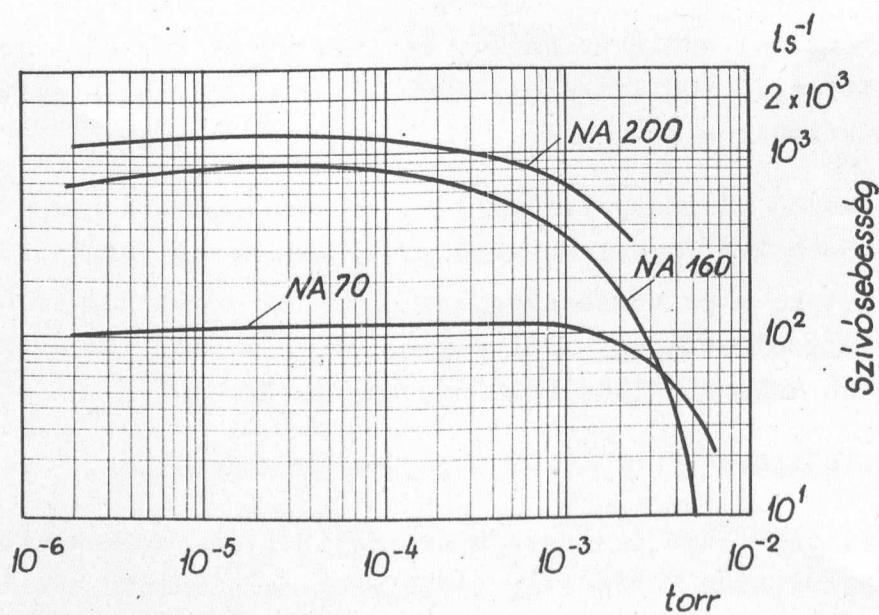
A szivattyu háza nem rozsdásodó acélból, a fuvókák alumíniumból készültek. A szivattyuk fűtőtestei ideiglenes megoldásban házilag készültek. A szivattyuk sorozatgyártásakor ezeket a terv szerint az ELEKTERMAX gyártja.

A szivattyuk leggyártott prototípusainál elérhető végvákuum és szivósebesség értékét intézetünk Szerkesztési és Kísérleti Osztálya mérte be. A szivósebesség mérése az ugynevezett "állandó nyomásmódszer"-rel történt. A mérés eredményét a következő táblázatok és diagrammok foglalják össze.

A táblázatokban és diagrammokban összehasonlításként használt szivósebességértékek katalógus adatok, a meghatározásukhoz használt mérésmód-

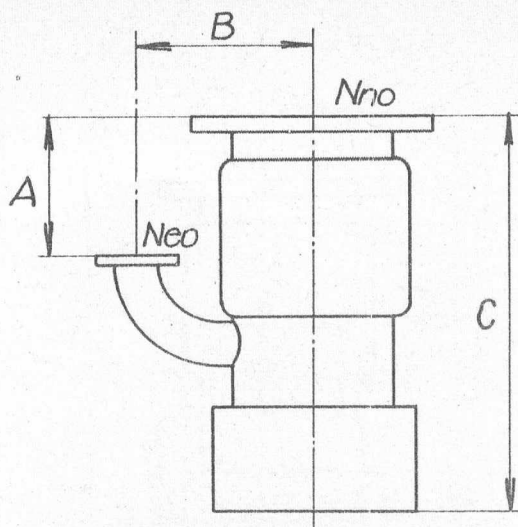
szerek nem ismeretesek, az egyes mérőeszközökkel nyert értékek azonban nem különböznek egymástól olyan mértékben, hogy nagyságrendi összehasonlításra ne lennének alkalmasak.

Szivattyú átmérő mm	Szivósebesség $l \times 10^{-5}$ torrnál $l s^{-1}$	Végvákuum kifagyasztva torr	Végvákuum kifagy. nélkül torr	Elővákuum állékonyság torr
NA 70	125	5×10^{-7}	10^{-6}	2×10^{-1}
NA 160	780	$< 2 \times 10^{-7}$	4×10^{-7}	2×10^{-1}
NA 200	1500	$1,8 \times 10^{-7}$	2×10^{-7}	2×10^{-1}



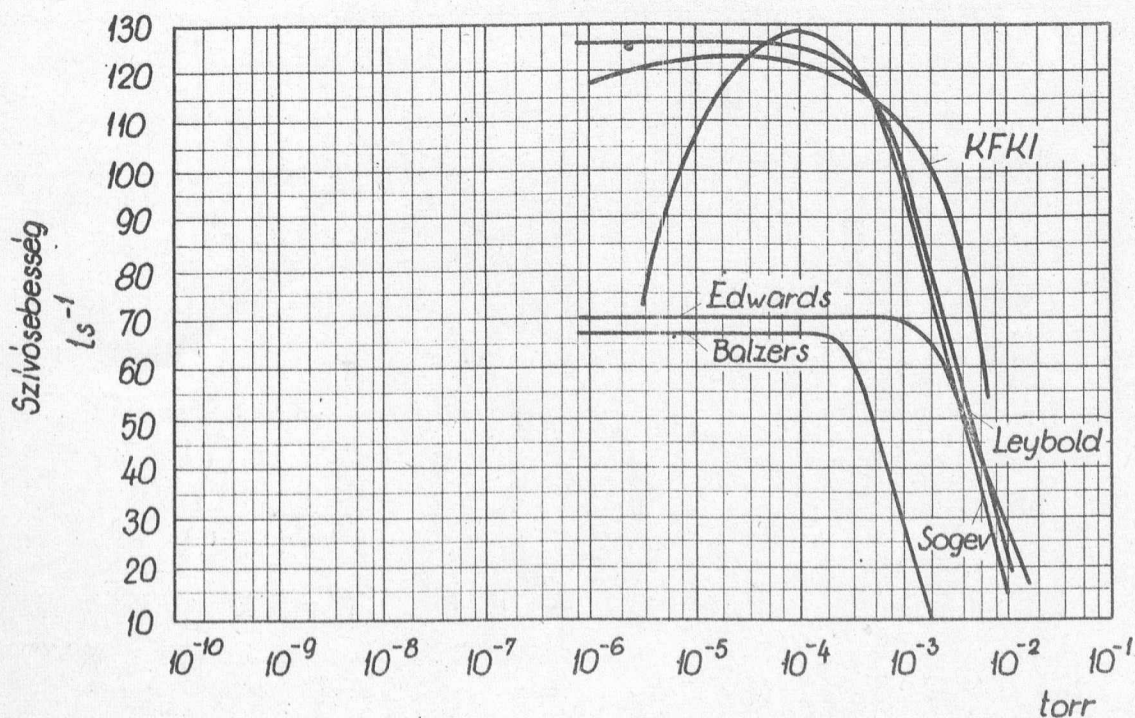
1. ábra

A B50, B46, B47, illetve az NA 70, NA 160 és NA 200 diffúziós szivattyúk jellemzői és szivósebességük változása a nyomásfüggvényében



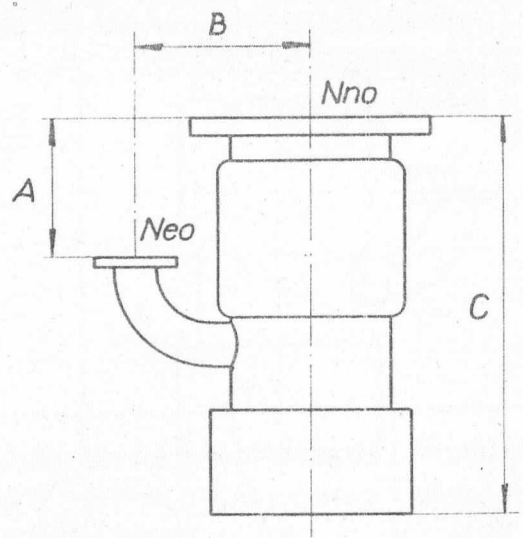
Nno = belső átmérő nagyvákuum oldalon
 Neo = belső átmérő elővákuum oldalon

Tipus	Nno mm	Neo mm	A mm	B mm	C mm	Vég vákuum torr	Elővk. átlékony- ság torr	Szivóseb. 10^{-5} $l s^{-1}$	Ho- tényező mérő szám	Fokozat szám	Olaj minő- ség
Balzars DIFF 170	95	27	78	120	255	5×10^{-7}	$1,2 \times 10^{-1}$	170	2,4	3	Balz.Oil 71
Leybold DO-121	65	20	110	100	258	5×10^{-7}	2×10^{-1}	130	3,92	3	DC 704
Edwards F 203	50				416	5×10^{-7}	$3,5 \times 10^{-1}$	70-80	3,65		
Sogev D80.H410	80	20	130	150	340	10^{-6}	2×10^{-1}	120	2,4	3	DC 704
KFKI-IZZÓ B50	70	20	111	100	255	5×10^{-7}	2×10^{-1}	125	3,24	3	DC 704



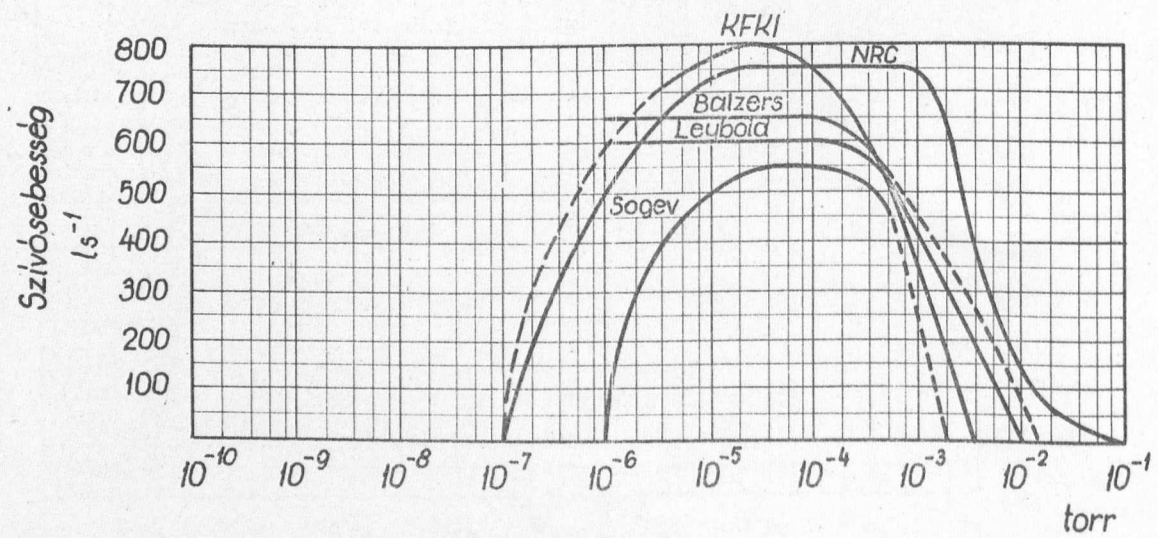
2. ábra

A B50 jelű diffúziós szivattyú és hasonló méretű külföldi gyártású szivattyúk jellemzőinek összehasonlítása és szivósebességüknek változása a nyomás függvényében



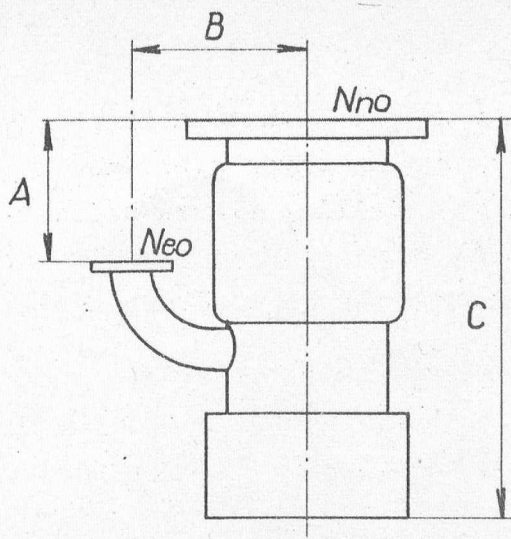
Nno = belső átmérő nagyvákuum oldalon
Neo = belső átmérő elővákuum oldalon

Tipus	Nno mm	Neo mm	A mm	B mm	C mm	Vég vákuum torr	Elővák. állékony ság torr	Szivóseb. 10^{-5} ls^{-1}	Ho tényező mérőszám	Fokozat szám	Olaj minőség
Balzers DIFF 650	138	36	125	160	354	$< 5 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-1}$	650	4,35	3	Balz. Oil 71
Leybold D0-501	150	32	160	140	380	10^{-7}	2×10^{-1}	600	3,4	3	DC 704
Sogev D150. H310	150	32	187	190	413	$< 10^{-6}$	5×10^{-1}	500	2,85	3+1	DC 704
Edwards F 603					511	$< 5 \times 10^{-7}$	3×10^{-1}	600		3	
NRC HS4-750	133	33	141	187	406	3×10^{-7}	$4,5 \times 10^{-1}$	750	5,4	3+1	DC 704
KFKI-IZZÓ B46	160	40	180	165	390	$< 2 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-1}$	750	4,0	3	DC 704



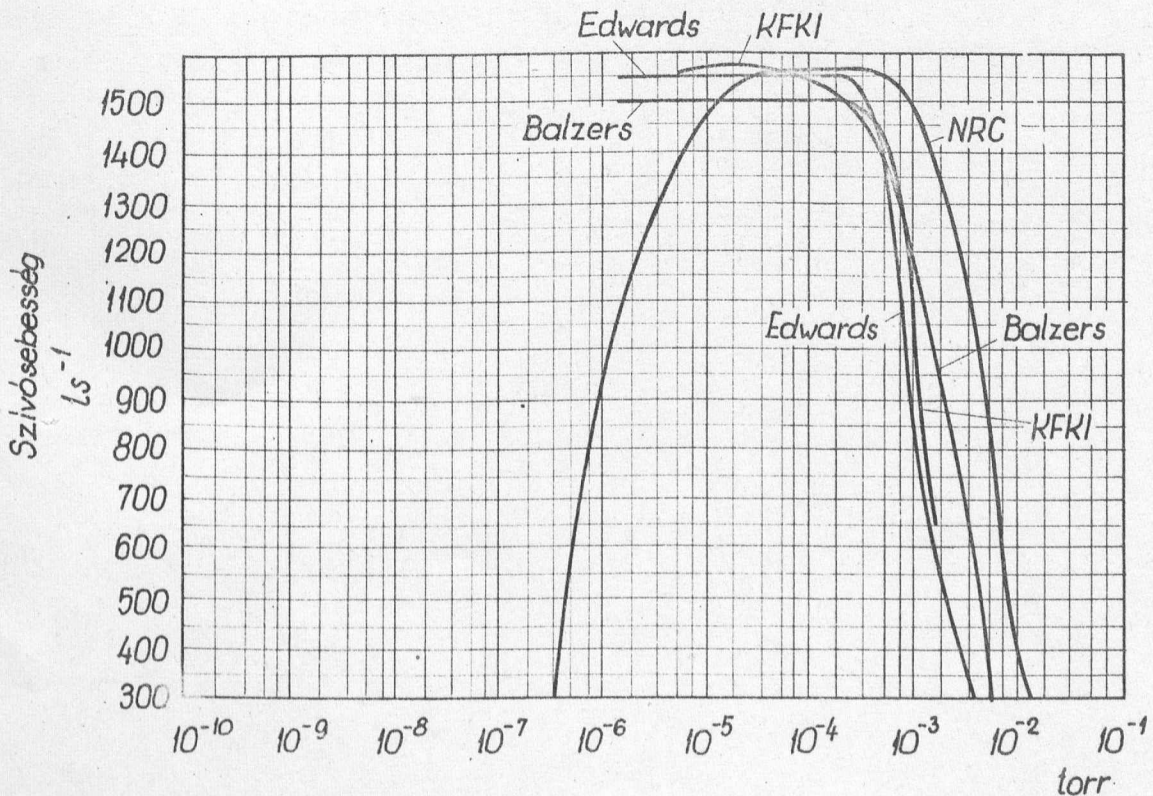
3. ábra

A B46 jelű diffúziós szivattyú és hasonló méretű külföldi gyártású szivattyú jellemzőinek összehasonlítása és szivósebességüknek változása a nyomás függvényében



Nno = belső átmérő nagyvákuum oldalon
 Neo = belső átmérő elővákuum oldalon

Típus	Nno mm	Neo mm	A mm	B mm	C mm	Vég vákuum torr	Elővák. átlékony-ság torr	Szívóseb. 10^{-5} l s^{-1}	Ho tényező mérő szám	Fokozat szám	Olaj minőség
Balzers DIFF 1500	205	52	195	215	455	5×10^{-7}	$1,2 \times 10^{-1}$	1400	4,45	3	Balz.Oil 71
Leybold DO 2001	250	50	300	250	545	10^{-7}	2×10^{-1}	2000	4,1	3	DC 704
NRC H56 - 1500	180	50	153	254	470	3×10^{-7}	6×10^{-1}	1550	6,1	3+1	DC 704
Edwards	225				641	5×10^{-7}	5×10^{-1}	1500		3	
KFKI-IZZÓ B47	200	70	188	240	486	10^{-7}	$1,5 \times 10^{-1}$	1500	4,8	3	DC 704



4. ábra

A B47 jelű diffúziós szivattyú és hasonló méretű külföldi gyártású szivattyúk jellemzőinek összehasonlítása és szívósebességüknek változása a nyomás függ-

Mint ahogy a diagrammokból látható, a kisebb nyomások tartományában a szivattyu mért szivósebessége az egyes gyártóművek megadása szerint csökken /a szivósebesség görbéje lehajlik/ míg mások szerint a szivóteljesítmény értéke állandó marad /a szivósebesség görbéje vízszintes egyenesként halad/. Ez a szivósebesség értékelésének különbözőségéből ered.

A szivattyuval effektíve szállított mennyiség, a mérésnél beadagolt és mért térfogatu gáz mennyiségéből és a szivattyu belsejében a felületek gázleadásával képződő és a tömitetlenségeken átszivárgó gázmennyiségéből áll.

Az utóbbi két tétel térfogata a mérőgáz térfogatához viszonyítva a nagynyomásoknál $/10^{-4} - 10^{-5}/$ nagyon kicsi és elhanyagolható, ezért a szivósebesség számítása a

$$S = \frac{Q}{p} \quad / 1 /$$

kifejezés szerint történik, ahol Q a mérésnél beadagolt gázmennyiség, p a nyomás, melyen a mérés történik.

A kisnyomásoknál a belső gázképződés a mérőgáz térfogatához viszonyítva már jelentős lesz, s a szivósebesség meghatározására a

$$S = \frac{Q}{p - p_0} \quad / 2 /$$

kifejezés szerint történik, hol p_0 a szivattyu mérés előtti végnyomása.

Az 1. kifejezés szerint számított szivósebesség görbék a kisnyomásoknál lehajlanak, a 2. kifejezés szerint számítottak állandó értéken maradnak.

Az NA 70 szivattyut az EIVRT sorozatban gyártja, az NA 160 és NA 200 szivattyukat gyártmányként elismerte.