

ჰ. ხუნწარია

ტელეკომუნიკაციის ბაღამცემი  
სისტემები

(ღმეცვიების კონსუქტი)

თ ბ ი ლ ი ს ი

2001

## შესავალი

### 1. მრავალარხიანი ტელეკომუნიკაციის რეალიზაციის მეთოდები

#### 1.1. ფართოხოლოვანი სტანდარტული არხები

ტელეკომუნიკაციის თანამედროვე აპარატურებში, გარდა ტს-ის არხებისა, გათვალისწინებულია ტს-ის არხებთან შედარებით უფრო მაღალი გამტარუნარიანობის მქონე არხების, ანუ ფართოხოლოვანი (ჯგუფური) არხების შექმნა, რომლებიც ყალიბდება  $N$  რაოდენობის ტს არხების გაერთიანებით (ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ისეთი მრავალარხიანი სისტემისა და შესაბამისი აპარატურის აგებასთან, რომელიც აერთიანებს  $N$  ტს-ის არხს). უნდა აღინიშნოს, რომ როგორც ანალოგურ, ასევე ციფრულ მრავალარხიან სისტემებში გასაერთიანებელი ტს არხების  $N$  რაოდენობა სტანდარტიზირებულია. მაგალითად, ანალოგური მრავალარხიანი სისტემებისათვის ჯგუფურ  $v(t)$  სიგნალში გაერთიანებული საარხო  $v_i(t)$  სიგნალების (გასაერთიანებელი არხების) სტანდარტიზირებული რაოდენობებია:  $N=3$  (წინასწარჯგუფური ანალოგური არხი);  $N=12$  (პირველადი ანალოგური არხი);  $N=60$  (მეორეული ანალოგური არხი);  $N=300$  (მესამეული ანალოგური არხი) და ა.შ. გარდა ამისა, მრავალარხიან ანალოგურ სისტემებში შესაძლებელია აგრეთვე ტს-ის 1920 და 3600 არხის გაერთიანება, რის შედეგადაც ასეთი ფართოხოლოვანი არხებით შესაძლებელი ხდება მაუწყებლობისა და ტელევიზიის სიგნალების გადაცემა. საერთოევროპული სტანდარტის ციფრული მრავალარხიანი სისტემებისათვის  $N=1$  (ძირითადი ციფრული არხი),  $30$  (პირველადი ციფრული არხი);  $120$  (მეორეული ციფრული არხი);  $480$  (მესამეული ციფრული არხი);  $1920$  (მეოთხეული ციფრული არხი) და ა.შ. დიდი გამტარუნარიანობის ბოჭკოვან-ოპტიკური ხაზების გამოყენების შემთხვევაში ამჟამად შესაძლებელი გახდა უფრო მძლავრი (STM-1, STM-4, STM-16 და STM-64) ციფრული ნაკადების გადაცემა.

1.5 ცხრილში წარმოდგენილია ფართოზოლოვანი ანალოგური სტანდარტული არხების ელექტრული მახასიათებლები.

ცხრილი 1.5

პარამეტრი	არხი			
	წინასწარ- ჯგუფური	პირველადი	მეორეული	მესამეული
ეფექტურად გადასაცემა სიხშირული ზოლი, კპც	12,3...23,4	60,6...107,7	312,3...551,4	812,3...2043,7
შესასვლელი და გამო- სასვლელი წინაღობები, ომი	600	150	75	75
სიგნალის გაზომვის ნომინალური დონე შესას- ვლელი/გამოსასვლელი, დბჰი	-36/-14	-36/-23	-36/-23	-36/-23
ნარჩენი მილევა, დბ	-22	-13	-13	-13
ნარჩენი მილევის სიხშირული მახასია- თებლის დასაშვები არათანაბრობა	±0,87	±0,87	±0,87	±0,5
ბჰდ-ის დასაშვები გადახრები (მონოტო- ნური შემდგენის მიხედვით), მკვშ	40 (13...23 კპც)	10 (65...103 კპც)	5 (330...530 კპც)	0,25 (900...1900 კპც)
სიგნალის საშუალო სიმძლავრე წერტილში ნულოვანი გაზომვის დონით, მკვტ	96	348	1920	9600
აუწონავი ხელშეშლების დასაშვები სიმძლავრე 25000 კმ სიგრძის მა- გისტრალის წერტილში ნულოვანი გაზომვის დონით, მკვტ	0,8	3,16	16	80
გამტარუნარიანობა 25000 კმ სიგრძის მა- გისტრალზე, კბიტ/წმ	82	330	1650	8500

ტელეკომუნიკაციის ციფრულ სისტემებში ქსელის ტრაქტების ორგანიზაციისათვის გათვალისწინებულია სპეციალური მოწყობილობა. ჯგუფური ციფრული სიგნალი, რომელიც ფორმირდება იერარქიის ამა თუ იმ

საფეხურზე, გადაიცემა ციფრული ნაკადების დროითი გაერთიანების შემდეგი საფეხურისაკენ ან მიეწოდება სახაზო ტრაქტის მოწყობილობას. იერარქიის ორი მოსაზღვრე საფეხურის მოწყობი-ლობების შეერთების წერტილებს ქსელურ პირაპირებს უწოდებენ. იმ-პულსების ფორმა ქსელურ შეერთებებში სწორკუთხაა.

ჯგუფური ციფრული ნაკადების (და შესაბამისი არხების) პარამეტრები ITU-T-ის რეკომენდაციებითაა განსაზღვრული და ისინი პლეზიოქრონული ციფრული იერარქიის (პცი) საერთოევროპული სტანდარტის პირველადი, მეორეული, მესამეული და მეოთხეული საფეხურებისათვის წარმოდგენილია 1.6 ცხრილში.

ცხრილი 1.6

პარამეტრი	არხი			
	პირველადი	მეორეული	მესამეული	მეოთხეული
გადაცემის სიჩქარე და მისი ფარდობითი არასტაბილურობა, კბიტ/წმ	2048 ( $1\pm 5\times 10^{-6}$ )	8448 ( $1\pm 30\times 10^{-6}$ )	34368 ( $1\pm 20\times 10^{-6}$ )	139264 ( $1\pm 15\times 10^{-6}$ )
ინფორმაციული არხების რაოდენობა	30	120	480	1920
ნომინალური წინაღობა, ომი	120*	75**	75**	75**
იმპულსის ამპლიტუდა, ვ	$\pm 3$	$\pm 2,37$	$\pm 1$	1
იმპულსის ხანგრძლი-ვობა, ნწმ	244	59	14,55	7,18 ან 3,59
შემავრთბელი ხაზების მილევა, დბ	0...6	0...6	0...12	-

უნიშვნა; \* – სიმეტრიული შესასვლელი. \*\* – არასიმეტრიული შესასვლელი.

ამჟამად უკვე დანერგილი თანამედროვე ტექნოლოგია (სცი – სინქრონული ციფრული იერარქია) და ბოჭკოვან-ოპტიკური ხაზების შეუდარებლად მაღალი გამტარუნარიანობა იძლევა გაცილებით მძლავრი ციფრული ნაკადების ფორმირებისა და გადაცემის საშუალებას. სცი-ის საფეხურების (დონეების) შესაბამისი ციფრული ნაკადების სიჩქარეები და მოდულების დასახელება წარმოდგენილია 1.7 ცხრილში.

ცხრილი 1.7

დონე	მოდული	გადაცემის სიხქარე
1	<b>STM-1</b>	155,520 მგბიტი/წმ
2	<b>STM-4</b>	622,080 მგბიტი/წმ
3	<b>STM-16</b>	2488,320 მგბიტი/წმ
4	<b>STM-64</b>	9953,280 მგბიტი/წმ

- 1.1. სიბნალების (არხების) წრფივი დაყოფა
- 1.2. მრავალარხიანი ტელეკომუნიკაცია სიბნალების სიხშირული დაყოფით
- 1.3. მრავალარხიანი ტელეკომუნიკაცია სიბნალების დროითი დაყოფით

## 1.2. ზოგადი ცნობები ტელეკომუნიკაციის მრავალარხიანი გადაცემაში სისტემების აბზის მეთოდების შესახებ

როგორც ცნობილია, არხების სიხშირული დაყოფის პრინციპზე მომუშავე მრავალარხიანი გადამცემ სისტემებში (მბს-ასდ) სხვადასხვა არხების საწყის (პირველად) სიგნალებს სახაზო ტრაქტში გამოეყოფა სიხშირეთა განსაზღვრული ურთიერთგადაუფარავი ზოლები. პირველადი სიგნალების სპექტრები სახაზო ტრაქტის მათთვის განკუთვნილ სიხშირულ ზოლში გადაიტანება გადამცემ სადგურში ჩართული მოდულატორების საშუალებით. მიმდებ სადგურში არხების განცალკევება ხორციელდება საარხო ზოლური ფილტრებით (ზწ). საწყისი სიგნალების აღსადგენად კი გამოიყენება საარხო ზწ-ების გამოსასვლელზე მიერთებული დემოდულატორები.

მოდულაციისა და დემოდულაციის დროს სასარგებლო სიხშირულ შემდგენებთან ერთად წარმოიქმნება გარდაქმნის გვერდითი პროდუქტები, რომელთა უმრავლესობა ჩაიხშობა მოდულატორებისა და დემოდულატორების გამოსასვლელზე ჩართული ფილტრებით. ამრიგად, მბს-ასდ-ს აგების საფუძველია სიგნალების გარდაქმნა, რომელიც ხორციელდება არაწრფივი და პარამეტრული მოწყობილობებით და ელექტრული ფილტრების

გამოყენებით. გარდა ამისა, კავშირის სიშორის გაზრდის მიზნით გადაცემის სისტემებში გამოიყენება მაძლიერებლები (მ).

მზს აგება შესაძლებელია 3 მეთოდით; ინდივიდუალური, ჯგუფური და შერეული.

ინდივიდუალური მეთოდის შემთხვევაში თითოეული არხი შეიცავს ზემოთხამოთვლილ და სხვა დამოუკიდებელ მოწყობილობებს და ისინი დამაბოლოებელი და შუალედური აპარატურების შემადგენლობაში მეორდება იმდენჯერ, რამდენ არხზეცაა გადაცემის სისტემა გათვლილი.

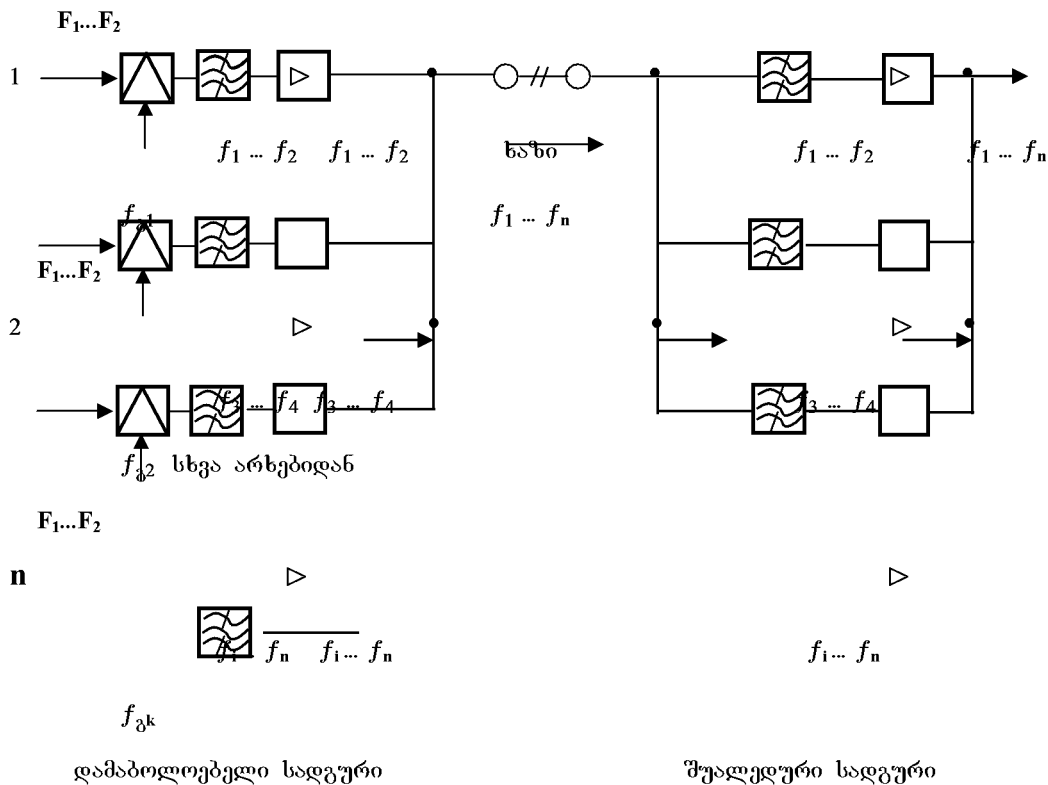
ჯგუფური მეთოდის შემთხვევაში თითოეული არხისათვის დამოუკიდებლად გამოიყენება მხოლოდ დამაბოლოებელი აპარატურის ზოგიერთი მოწყობილობა, ხოლო დამაბოლოებელი და შუალედური აპარატურების დანარჩენი მოწყობილობები ყველა არხისათვის საერთოა.

შერეული მეთოდის შემთხვევაში დამაბოლოებელი აპარატურის ყველა მოწყობილობა ინდივიდუალურია, ხოლო შუალედური აპარატურის მოწყობილობა – საერთოა (ჯგუფურია) გადამცემი სისტემის ყველა არხისათვის.

ერთმანეთს შევადაროთ მზს-ის აგების ინდივიდუალური და ჯგუფური მეთოდები. ინდივიდუალური მეთოდით აგებული მზს-ის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა წარმოდგენილია 1-ლ სურათზე, საიდანაც ჩანს რომ დამაბოლოებელ და შუალედურ სადგურებში აპარატურის სხვადასხვა მოწყობილობების (გარდამქმნელები, ფილტრები, მაძლიერებლები, გადამტანი სიხშირეების გენერატორი და სხვა) რაოდენობა ტოლია არხების იმ რაოდენობისა, რომელზედაცაა გათვლილი სისტემა. თუ გავითვალისწინებთ, რომ სახაზო ტრაქტში არხებს უჭირავთ მკაცრად განსაზღვრული სიხშირული ზოლები, ამიტომ ერთი და იმავე ტიპის მოწყობილობები სხვადასხვა არხისათვის სხვადასხვა სიხშირეზე უნდა იყოს გათვლილი. დამაბოლოებელი და შუალედური სადგურების მოწყობილობათა შემადგენლობაში ყოველი არხისათვის სხვადასხვა ტიპის ცალკეული ელემენტების გამოყენების გამო ისინი გამოირჩევიან დიდი გაბარიტებით. გარდა ამისა, თითოეული არხის მოწყობილობათა სხვადასხვატიპიურობის გამო არ იძლევა აპარატურის სტანდარტიზირების საშუალებას, რაც ართულებს მათ მასიურ წარმოებას და აძვირებს მათ. მრავალარხიანი გადამცემი სისტემების ინდივიდუალური მეთოდით აგება ზღუდავს კავშირის სიშორეს და იგი იძლევა მხოლოდ

არხების მცირე რაოდენობის შექმნის (მცირე ტევადობის მზს-ის აგების) საშუალებას. ეს გარემოება იმით აიხსნება, რომ საარხო ზოლური ფილტრები (ზფ) გამოიყენება არა მხოლოდ დამაბოლოებელ, არამედ ყველა შუალედურ სადგურშიც. ამიტომ შუალედური სადგურების რაოდენობის გაზრდასთან (რაც დაკავშირებულია კავშირის სიშორის გაზრდასთან) ერთად არხის ეფექტურად გადასაცემი სიხშირეთა ზოლი შეიზღუდება, რაც, თავის მხრივ, ზღუდავს შუალედური სადგურების რაოდენობას და, ამის შედეგად, გადაცემის სიშორეს. ასეთი სისტემების მცირეარხიანობა აიხსნება სიხშირეთა ფართო დიაპაზონში იდენტური მახასიათებლების მქონე საარხო ზფ-ის დამზადების შეუძლებლობით.

ინდივიდუალური მეთოდით აგებული სისტემების ღირსებებს შეიძლება მივაკუთვნოთ: არხების რაოდენობის თანდათანობითი გაზრდის შესაძლებლობა და შუალედურ სადგურებში არხების ნებისმიერი რაოდენობის გამოყოფის სიმარტივე.

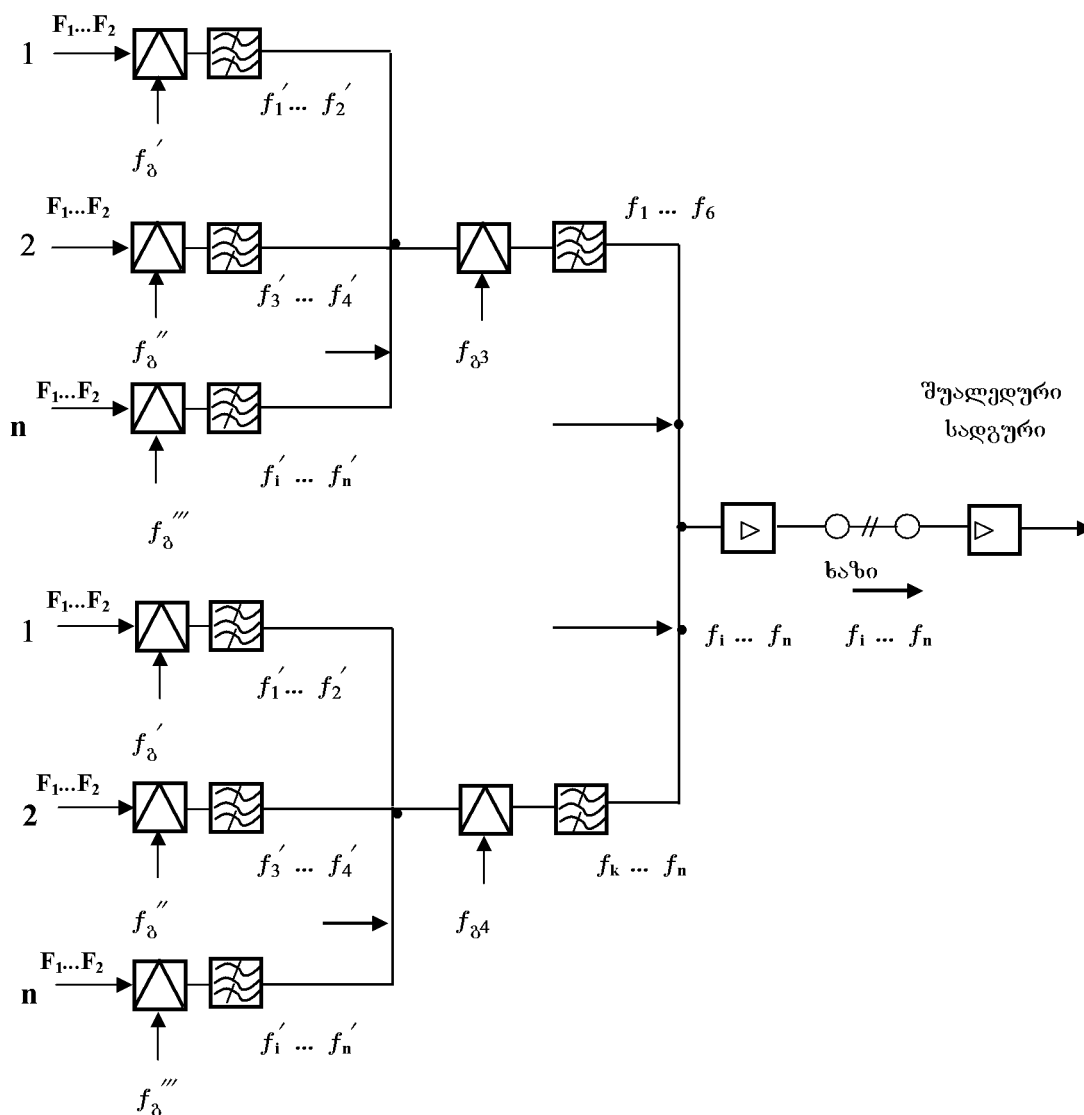


ზოლური ფილტრის პირობითი აღნიშვნა

სურ. 1. მრავალარხიანი გადამცემი სისტემის (მზს) აგების ინდივიდუალური მეთოდი

ზემოთაღნიშნული ნაკლოვანებანი პრაქტიკულად არ არსებობს გადამცემი სისტემების ჯგუფური მეთოდით აგებისას, რომელიც გამოიყენება არხების სიხშირული დაყოფის პრინციპზე მომუშავე თანამედროვე მრავალარხიანი გადამცემ სისტემებში. სისტემის აგების ჯგუფური პრინციპი წარმოდგენილია მე-2 სურათზე, საიდანაც ჩანს, რომ ამ შემთხვევაში მცირდება სხვადასხვა ტიპის საარხო ზშ-ების რაოდენობა დამაბოლოებელი მოწყობილობების შემადგენლობაში, ანუ წარმოიშვება ერთგვაროვანი მახასიათებლების მქონე ფილტრების შექმნისა და არხების რაოდენობის თვალსაზრისით პრაქტიკულად ნებისმიერი ტევადობის სისტემების აგების შესაძლებლობა.

დამაბოლოებელი სადგური



სურ. 2. მრავალარხიანი გადამცემი სისტემის (მმს) აგების ჯგუფური მეთოდი

შუალედურ სადგურებში ყველა არხის სიგნალების გაძლიერებისათვის ერთი მაძლიერებლის არსებობა არ მოითხოვს ამპლიტუდურ-სიხშირული დამახინჯებების (ასდ) ძირითადი წყაროს – საარხო ფილტრების გამოყენებას, რომლებიც ავიწროვებს არხის ეფექტურად გადასაცემ სიხშირეთა ზოლს. ამიტომ შესაძლებელია დიდი რაოდენობის შუალედური მაძლიერებლების ჩართვა, ანუ პრაქტიკულად კავშირის ნებისმიერ მანძილზე განხორციელება.

როგორც ზემოთაღნიშნულიდან ჩანს, გადამცემი სისტემების ამ მეთოდით აგებული შუალედური აპარატურა უფრო მარტივია და, შესაბამისად, იაფიცაა. გარდა ამისა, გადამცემი სისტემების აგების ჯგუფური პრინციპი იძლევა არხების ნებისმიერი რაოდენობის მქონე დამაბოლოებელი აპარატურის მნიშვნელოვანი ნაწილის სტანდარტიზირების შესაძლებლობას.

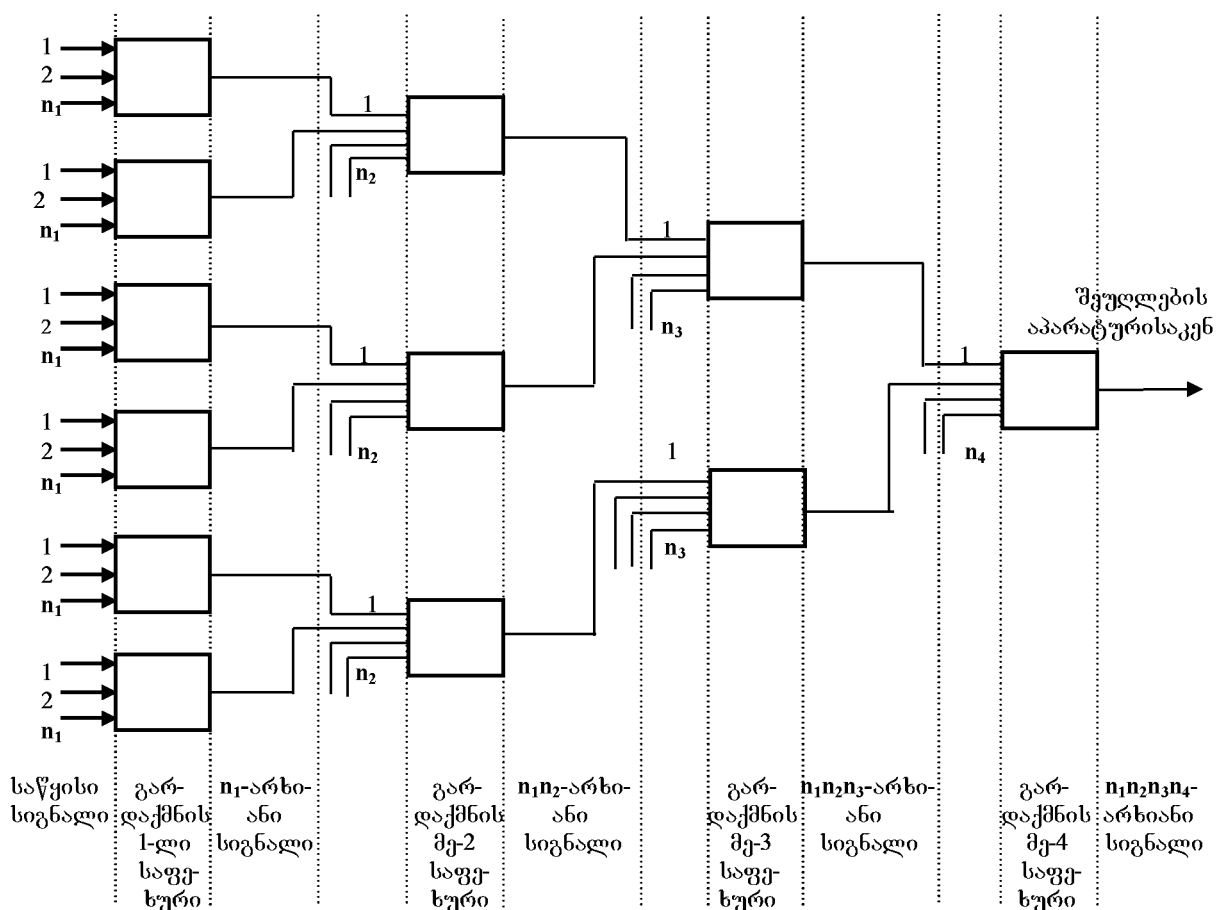
მზს-ის აგების ჯგუფური მეთოდის არსებით ნაკლს წარმოადგენს მთელი მოწყობილობის დაყენების აუცილებლობა მიუხედავად იმისა, თუ არხების რა რაოდენობაა საჭირო დროის მოცემულ მომენტში, აგრეთვე შუალედურ მაძლიერებელ პუნქტებში სპეციალური გამოყოფის აპარატურის დაყენების აუცილებლობა ამ პუნქტის დასაკავშირებლად მაგისტრალის სხვა პუნქტებთან.

მზს-ასდ-ს ჯგუფური მეთოდით აგებისას გამოიყენება სიხშირის მრავალჯერადი გარდაქმნა. პირველადი სიგნალები ხაზში გადაცემამდე რამდენიმეჯერ გარდაიქმნება სიხშირულად. მიმღებ დამაბოლოებელ სადგურში ხორციელდება ანალოგიური უკუგარდაქმნები.

მე-3 სურათზე წარმოდგენილია სიხშირის მრავალჯერადი გარდაქმნის პრინციპის ამსახველი სტრუქტურული სქემა. პირველ საფეხურზე, რომელსაც ინდივიდუალური გარდაქმნის საფეხურს უწოდებენ, ერთი და იგივე სიხშირული ზოლის მქონე  $n_1$  რაოდენობის პირველადი სიგნალი ( $c_i(t)$ ,  $i=1,2,\dots,n_1$ ) გარდაიქმნება  $n_1$  რაოდენობის საარხო  $v_i(t)$  სიგნალად, რომლებიც განლაგებულია სიხშირეთა ურთიერთგადაუკვეთავ ზოლებში და ამრიგად ქმნის  $n_1$ -არხიან ჯგუფურ  $v(t)$  სიგნალს. გარდაქმნის მე-2 და მომდევნო საფეხურები ჯგუფურია. მე-2 საფეხურზე ერთნაირი სიხშირული ზოლის მქონე  $n_2$  რაოდენობის  $n_1$ -არხიანი სიგნალი გარდაიქმნება საერთო ჯგუფურ  $n_1 n_2$ -არხიან სიგნალად, რომელშიც  $n_1$ -არხიანი შიმღგენი (კომპონენტური) სიგნალები განლაგებულია ურთიერთგადაუკვეთავ სიხშირულ ზოლებში. შემდეგ საფეხურზე  $n_1 n_2$ -არხიანი  $n_3$  რაოდენობის ერთნაირი სიხშირული

ზოლის მქონე სიგნალების ურთიერთგადაუკვეთავ სიხშირეთა ზოლებში გარდაქმნის საფუძველზე იქმნება  $n_1n_2n_3$ -არხიანი სიგნალი და ა.შ.

$n_1$ -არხიანი სიგნალების ჯგუფს არხების პირველად ჯგუფს (აპჯ) უწოდებენ. მხედველობაშია მისაღები ის გარემოება, რომ პირველადი ჯგუფი შეიძლება ფორმირდეს სიხშირის ორჯერადი გარდაქმნით. ამ შემთხვევაში პირველადი ჯგუფი აერთიანებს რამდენიმე ეგრეთ წოდებულ წინასწარ ჯგუფს ან მასში გამოიყენება ინდივიდუალური გარდაქმნის ორი საფეხური.  $n_1n_2$ -არხიანი სიგნალებისაგან შედგენილ ჯგუფს, რომელიც მიიღება  $n_2$  რაოდენობის პირველადი ჯგუფების გაერთიანებით, უწოდებენ არხების მეორეულ ჯგუფს (ამჯ).  $n_1n_2n_3$ -არხიანი სიგნალებისაგან შედგენილ ჯგუფს, რომელიც მიიღება  $n_3$  რაოდენობის მეორეული ჯგუფების გაერთიანებით, არხების მესამეული ჯგუფი (ამსჯ) ეწოდება.



სურ. 3. სიხშირის მრავალჯერადი გარდაქმნა

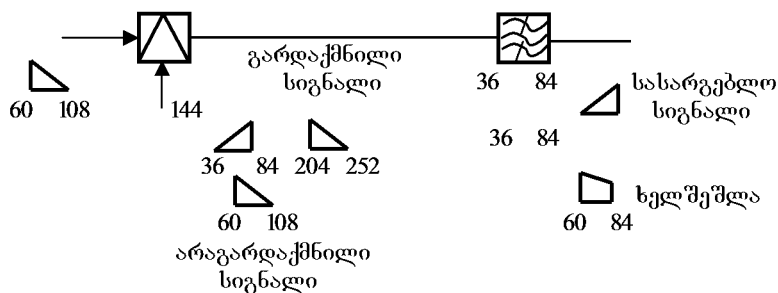
დიდი რაოდენობის არხებზე გათვლილი მბს-ების დამაბოლოებელი აპარატურის აგებისას შეიძლება გამოყენებული იყოს არხების მეოთხეული (ამთჰ) და მეხუთეული ჯგუფები (ამხჰ), რომელთაგან თითოეული იქმნება შესაბამისად მესამეული და მეოთხეული ჯგუფების გაერთიანებით.

აღნიშნული ჯგუფების მოწყობილობათა ერთობლიობა წარმოადგენს არხწარმოქმნელ აპარატურას. სხვადასხვა გადამცემ სისტემაში ეს აპარატურა შეიძლება არ შეიცავდეს ყველა ზემოთხამოთვლილ ჯგუფს. ორგანიზებული არხების რაოდენობის მიხედვით სისტემა შეიძლება შეიცავდეს ან მხოლოდ პირვალად, ან მხოლოდ პირველად და მეორეულ ჯგუფებს და ა.შ.

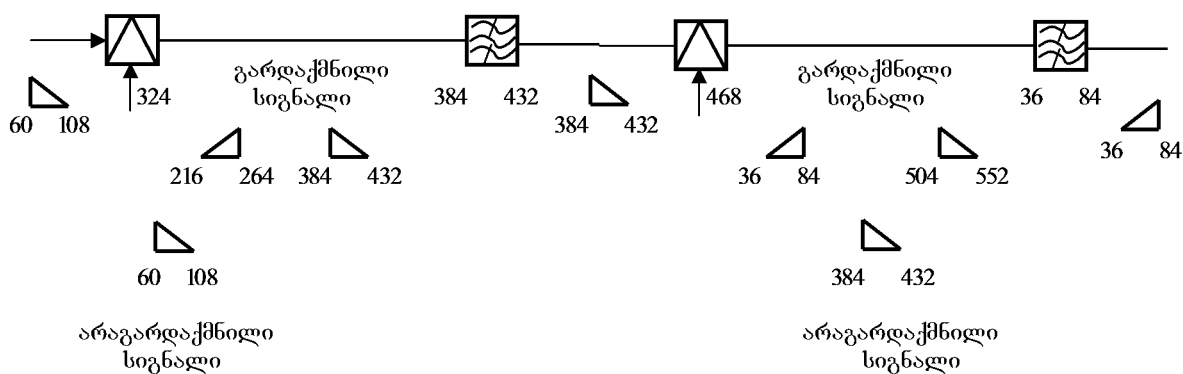
გადამცემი სისტემის სახაზო სპექტრის ფორმირებისათვის გამოიყენება კიდევ ერთი ჯგუფური გარდაქმნა, რომელსაც ტიპური ჯგუფებიდან ერთ-ერთის სიხშირეთა სპექტრი გადააქვს სიხშირეთა საჭირო ზოლში. თუმცა, თუ ტიპური გარდაქმნელი აპარატურის გამოსასვლელზე სიგნალის სპექტრი ნაწილობრივ მაინც ემთხვევა სიხშირეთა სახაზო სპექტრს, მაშინ აუცილებელია გარდაქმნის ორი საფეხურის ორგანიზება, ვინაიდან გარდაქმნის ერთი საფეხურის შემთხვევაში წარმოიქმნება მნიშვნელოვანი დამახინჯებები, რაც გამოწვეულია გარდაქმნელის გამოსასვლელზე გარდასაქმნელი სიგნალის სიხშირის გამოჩენით. ყოველივე აღნიშნული ნათელი გახდება შემდეგი მაგალითის განხილვის შედეგად:

დავუშვათ, რომ სიხშირეთა 60...108 კჰც სპექტრი უნდა გარდაიქმნას სახაზო სპექტრად, რომლის დიაპაზონია 36...84 კჰც. ჯგუფური გარდაქმნის ერთი საფეხურის გამოყენების შემთხვევაში 144 კჰც გადამტანი სიხშირით (სურ. 4ა) გარდაქმნელის არაიდეალურობის გამო მის გამოსასვლელზე, გარდა სასარგებლო გარდაქმნილი სიგნალისა (36...84 კჰც, რომელიც მოცემულ შემთხვევაში წარმოადგენს ქვედა გვერდით ზოლს), იარსებებს აგრეთვე საწყისი არაგარდაქმნილი სიგნალი (60...108 კჰც). ამრიგად, 36...84 კჰც გატარების ზოლიანი ფილტრის გამოსასვლელზე სიხშირეთა 60...84 კჰც ზოლში იარსებებს ორი სიგნალი, რაც იმას ნიშნავს, რომ იმ არხებში, რომლებსაც ხაზში უჭირავთ ეს სპექტრი, წარმოიქმნება დამახინჯებები. მათ გასაუვნებელყოფლად გამოიყენება გარდაქმნის დამატებითი საფეხური. ამ მიზნით მაგალითად შეიძლება გამოყენებულ იქნას 324 კჰც გადამტანი სიხშირე. სიხშირეთა საჭირო 36...84 კჰც ზოლი მიიღება გარდაქმნის მეორე საფეხურის გამოყენებით, რომლისთვისაც გადამტანი სიხშირეა 468 კჰც

(სურ. 4ბ). ამ შემთხვევაში გარდასახვის ორივე საფეხურზე სიგნალები გარდამქმნელების შესასვლელსა და გამოსასვლელზე მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან სიხშირული ზოლის თვალსაზრისით და მოდულატორების გამოსასვლელებზე გამოჩენილი არაგარდაქმნილი საწყისი სიგნალები ჩაიხშობა სიხშირეთა სასარგებლო გვერდითი ზოლების გამოძყოფი ფილტრებით.



ა)



ბ)

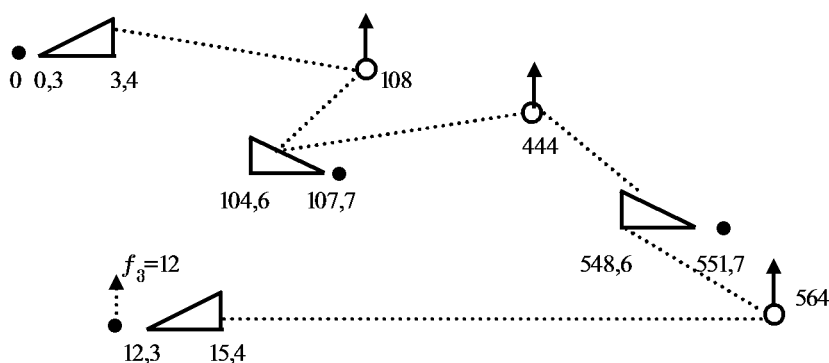
სურ. 4. სახაზო სპექტრის მიღებისათვის გარდაქმნის ორი საფეხურის აუცილებლობის ილუსტრაცია

ჯგუფური გარდაქმნის გამოყენება იძლევა პრაქტიკულად ყველა მბს-ში ტიპური გარდამქმნელი აპარატურის გამოყენების საშუალებას. ამ აპარატურის საშუალებით სტანდარტული ტს-ის არხების გარდა შეიძლება შეიქმნას ფართოზოლოვანი არხებიც, რომელთა დანიშნულებაა მაღალსიჩქარიანი გადაცემა დისკრეტული ინფორმაციისა, გახეთიების გვერდებისა და ა.შ.

მბს-ში სიხშირის მრავალჯერადი ჯგუფური გარდაქმნა უზრუნველყოფს: სიხშირეთა სახაზო ზოლში არხების განლაგებას ისეთივე შუალედებით,

როგორც პირველად ჯგუფში, სადაც მეზობელი არხების სპექტრების გამყოფი სიხშირეთა შუალედის სიგანე მინიმუმამდგა შემცირებული; გარდა ტს-ის არხებისა ფართოზოლოვანი არხების ორგანიზებას; სახაზო სპექტრების ფორმირებისათვის აუცილებელი გადამტანი სიხშირეების სხვადასხვა მნიშვნელობათა რაოდენობის შემცირებას.

სიხშირეთა სახაზო სპექტრში თითოეული არხის სპექტრის მრავალჯერადი გარდაქმნით განხორციელებული განლაგების განსაზღვრა მოსახერხებელია ეგრეთ წოდებული ვირტუალური გადამტანი სიხშირის საშუალებით. ვირტუალური გადამტანი სიხშირე ეწოდება "წარმოსახვით" გადამტან სიხშირეს, რომლითაც სიხშირეთა საწყისი ზოლი შეიძლება გადატანილიყო სახაზო სპექტრში ერთჯერადი გარდაქმნით (გარდაქმნის ყველა შუალედური საფეხურის გამოტოვებით). ვირტუალური სიხშირის ცნება შეიძლება აიხსნას მე-5 სურათის გამოყენებით.



სურ. 5. ვირტუალური სიხშირის განსაზღვრის ილუსტრაცია

**K-60** გადამცემი სისტემის პირველ არხს სახაზო სპექტრში უჭირავს სიხშირული ზოლი 12,3...15,4 კჰც, რომელიც წარმოიქმნება გარდაქმნის სამი საფეხურის შედეგად. როგორც მე-5 სურათიდან ჩანს, ვირტუალური გადამტანი  $f_3=12$  კჰც სიხშირით საწყისი სიგნალის 0,3...3,4 კჰც ზოლი სახაზო 12,3...15,4 კჰც ზოლში შეიძლება გადატანილ იქნას გარდაქმნის ერთი საფეხურით. ადვილი შესამჩნევია, რომ არხის სახაზო სპექტრში ვირტუალურ სიხშირეს უჭირავს ისეთი მდგომარეობა, რომელსაც დაიკავებდა ნულოვანი სიხშირე, თუ ის იარსებებდა საწყისი სიგნალის სპექტრში.

### 13. ჯგუფური სიბნელის წარმოქმნა მრავალარხიან ბალამცემ სისტემაში

როგორც ცნობილია, ყველა მბს-ის დამაბოლოებელი აპარატურა აიგება ტიპური გარდამქმნელი აპარატურის ბაზაზე. ამ აპარატურის აგებისას გათვალისწინებულია ITU-T-ის რეკომენდაციები, ვინაიდან მან უნდა უზრუნველყოს ტელეკომუნიკაციის როგორც ნაციონალური, ასევე საერთაშორისო ქსელის ორგანიზება. ამიტომ ტიპურ გარდამქმნელ აპარატურაში მიღებულია სტანდარტული ჯგუფების წარმოქმნის შემდეგი მექანიზმი: პირველადი ჯგუფი აერთიანებს ტს-ის 12 არხს, მეორეული ჯგუფი ფორმირდება 5 პირველადი ჯგუფის გაერთიანებით, მესამეული ჯგუფი – 5 მეორეული ჯგუფის გაერთიანებით, და მეოთხეული ჯგუფი – 5 მესამეული ჯგუფის გაერთიანებით.

თითოეული ჯგუფის სიხშირეთა ზოლი შეირჩა ისე, რომ მათი აბსოლუტური და ფარდობითი სიგანე ყოფილიყო რაც შეიძლება ვიწრო. ამ დროს მხედველობაში მიიღებოდა სასარგებლო გვერდითი ზოლების გამომყოფი ფილტრების დამზადებისა და აგრეთვე შუალედურ მაძლიერებელ პუნქტებში არხების ამ ჯგუფების გამოყოფის შესაძლებლობა.

პირველადი ჯგუფის სიხშირეთა სპექტრის აბსოლუტური სიგანე განისაზღვრება ტს-ის არხის სიხშირეთა 0,3...3,4 კჰც ზოლით. თუმცა მეზობელი არხების გადამტან სიხშირეთა შორის შეირჩა 4 კჰც-ის ტოლი ინტერვალი. მეზობელი არხების სიხშირეთა ზოლებს შორის დატოვებული 0,9 კჰც შუალედი საჭიროა გატარების ზოლიდან შეზღუდვის ზოლში (და პირიქით) გადასვლისას ფილტრების მიღევის მახასიათებლის საჭირო დახრილობის უზრუნველყოფისათვის. სხვანაირად რომ ითქვას, რეალური ფილტრების აღნიშნული მახასიათებელი არაა სწორკუთხა, ანუ გატარების ზოლში მათი მიღევა არაა ნულის ტოლი, ხოლო შეზღუდვის ზოლში – არაა უსასრულოდ დიდი. აღნიშნულიდან გამომდინარე, პირველადი 12-არხიანი ჯგუფის სპექტრის სიგანეა 48 კჰც.

პირველადი ჯგუფის სიხშირეთა ზოლი შეირჩა შემდეგი მოსაზრებებიდან გამომდინარე. ჯგუფის სიხშირეთა სპექტრის ფარდობითი სიგანე არა მარტო უნდა იყოს რაც შეიძლება ვიწრო, არამედ იგი უნდა იყოს ორზე ნაკლები. ამ შემთხვევაში სპექტრის ყველა შემდგენთა მეორე და უფრო

მაღალი ჰარმონიკები და აგრეთვე მეორე რიგის კომბინაციური სიხშირეები აღმოჩნდება ჯგუფის ზოლის გარეთ. ამ მოთხოვნების შესასრულებლად სასურველია ჯგუფის სპექტრი შეირჩეს შედარებით მაღალი სიხშირეების არეში, თუმცა ამ შემთხვევაში საჭირო იქნებოდა უფრო მაღალი სიხშირეების გადამტანები, რაც გაართულებდა საგენერატორო მოწყობილობას. ამიტომ საჭიროა ჯგუფის სპექტრის დაძვრა უფრო დაბალი სიხშირეების არეში. კომპრომისის შედეგად შეირჩა სიხშირეთა 60...10 კჰც ზოლი, რომელშიც მახასიათებელთა საკმაოდ კარგი თანაბრობა და მაღალი სტაბილურობა გააჩნია კვარცულ და მაგნიტოსტრიქციულ ფილტრებს, რომლებიც მრავალ ქვეყანაში გამოიყენება პირველადი ჯგუფის ფორმირებისას თანამდევნი (გამოყენებელი) გვერდითი ზოლის ჩახშობისათვის.

მეორეული ჯგუფის სპექტრის აბსოლუტური სიგანეა 240 კჰც, ვინაიდან იგი აერთიანებს 5 პირველად ჯგუფს. 5-დან თითოეული პირველადი ჯგუფის სიხშირეთა ზოლი ჯგუფური გარდაქმნის საფუძველზე გადაადგილდება ისეთნაირად, რომ მეორეული ჯგუფის სიხშირეთა საერთო ზოლი აღმოჩნდება 312...552 კჰც დიაპაზონში.

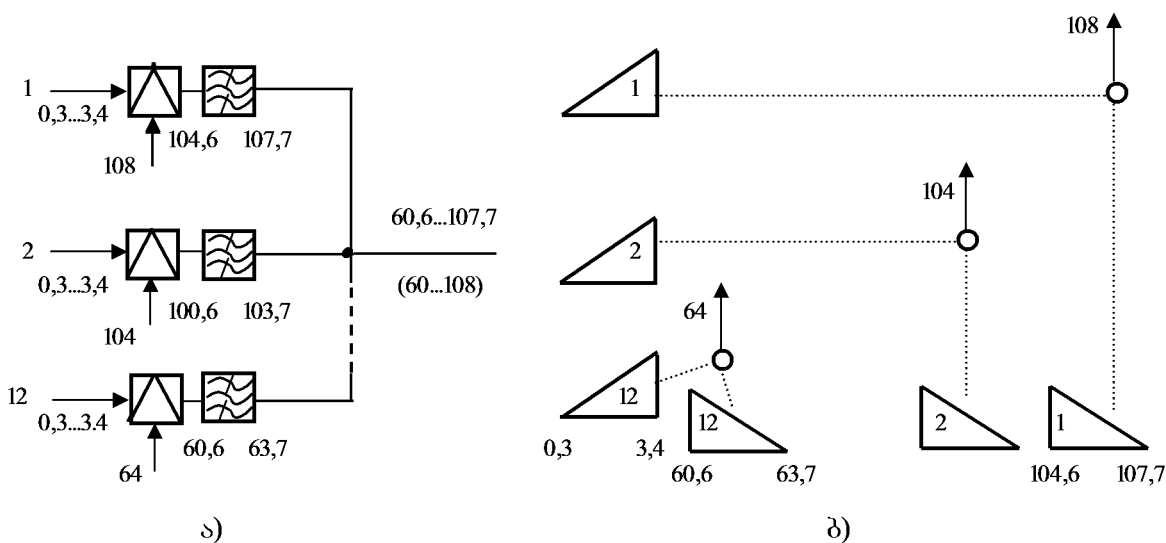
მესამეულ ჯგუფს უჭირავს 812...2044 კჰც სპექტრი და იგი ფორმირდება 5 მეორეული ჯგუფიდან მათი ჯგუფური გარდაქმნით. გარდაქმნილი 60-არხიან ჯგუფებს შორის გათვალისწინებულია 8 კჰც-ის ტოლი სიხშირული შუალედები, რომლებიც აუცილებელია შუალედურ სადგურებში 60-არხიანი ჯგუფების გამოყოფის პრობლემის უ მსუბუქებისათვის.

მეოთხეულ ჯგუფს უჭირავს სიხშირეთა 8516...12388 კჰც ზოლი და იგი ფორმირდება სამი მესამეული ჯგუფის გაერთიანებით ერთსაფეხურიანი ჯგუფური გარდაქმნის საფუძველზე. გარდაქმნილი 300-არხიან ჯგუფებს შორის სიხშირული შუალედებია 88 კჰც, რომელთა საჭიროება აიხსნება იმავე მიზნებით, რომლებიც აღინიშნა მესამეული ჯგუფისათვის.

14. არხების ჯგუფების სპექტრების ფორმირების მეთოდები

ცნობილია პირველადი ჯგუფის სპექტრის (60...108 კჰც) ფორმირების რამდენიმე ხერხი: გარდაქმნის ერთი საფეხურით; გარდაქმნის ორი ინდივიდუალური საფეხურით; ინდივიდუალური და ჯგუფური გარდაქმნების თითო-თითო საფეხურით.

გარდაქმნის ერთი საფეხურის გამოყენებით პირველადი ჯგუფის სპექტრის ფორმირებისას სიხშირულად სხვადასხვა 12 საარხო სიგნალის მიღება ხორციელდება ინდივიდუალური გარდაქმნელებით, რომელთა შესაბამისი გადამტანი სიხშირეებია 108, 104, ... ,68 და 64 კჰც. გარდაქმნის სასარგებლო (ქვედა გვერდითი) ზოლების გამოყოფა და თანამდევითი უსარგებლო პროდუქტების ჩახშობა ხორციელდება 12 ზოლური ფილტრის (ზშ) გამოყენებით (სურ. 6ა). სპექტრების გარდაქმნის სქემა წარმოდგენილია 6ბ სურათზე. ამრიგად, 12 პირველადი სიგნალი, რომელთაგან თითოეულს უჭირავს 0,3...3,4 კჰც სპექტრი, გადაიტანება სიხშირეთა 60...108 კჰც (უფრო ზუსტად 60,6...107,7 კჰც) სპექტრში.



სურ. 6. პირველადი ჯგუფის ფორმირება გარდაქმნის ერთი საფეხურის გამოყენებით:

ა) - გარდაქმნელი მოწყობილობა; ბ) - სპექტრის წარმოქმნის სქემა

მიმღებში სიხშირეთა 60...108 კჰც ზოლი საარხო ზშ-ებით ნაწილდება მიღების ინდივიდუალური გარდაქმნელების შესასვლელებზე, რომელთა გამოსასვლელებზე ინდივიდუალური ქვედა სიხშირეების ფილტრებით (ძსშ) გამოიყოფა სიხშირეთა საწყისი 0,3...3,4 კჰც ზოლები.

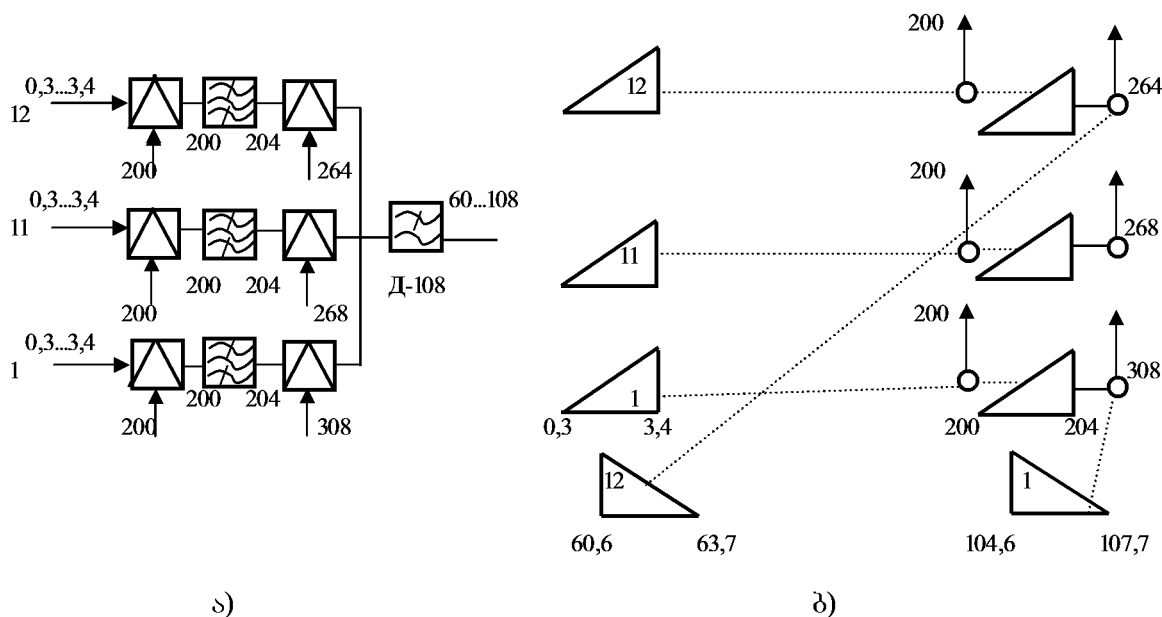
გამოყენებელი გვერდითი ზოლების ჩახშობა იმდენად საკმარისია, რომ არხებს შორის გავლენა არ არსებობს, თუ საარხო ზშ-ების მიღების მახასიათებლის დახრილობა არაა 0,07 დბ/ჰც-ზე ნაკლები. სიხშირეთა 60...108 კჰც ზოლში ასეთ დახრილობას უზრუნველყოფენ მხოლოდ კვარცული, მაგნიტოსტრიქციული ან ელექტრომექანიკური ფილტრები. ამ ფილტრების შედარებითი სიძვირე წარმოადგენს პირველადი ჯგუფის ფორმირების აღნიშნული მეთოდის ნაკლოვანებას.

გარდაქმნის ორი საფეხურის გამოყენებით პირველადი ჯგუფის ფორმირებისას პირველი გარდაქმნა (საფეხური) ხორციელდება ერთნაირი გადამტანი სიხშირის (მაგალითად 200 კჰც) გამოყენებით. გარდაქმნის შემდეგ საარხო ზშ-ები გამოყოფენ სიხშირეთა ერთსა და იმავე 200...204 კჰც (უფრო ზუსტად 200,3...203,4 კჰც) ზოლს. ამ ზოლში ფილტრის მიღების მახასიათებლის საჭირო დახრილობას უზრუნველყოფს ელექტრომექანიკური ფილტრები. გარდაქმნის მეორე საფეხური ხორციელდება თითოეულ არხში სხვადასხვა გადამტანი სიხშირის (308, 304, 300, ... და 264 კჰც) დახმარებით. ვინაიდან გარდაქმნის პირველ (წინასწარ) საფეხურზე სიგნალები გადაიტანება სიხშირეთა საკმაოდ მაღალ ზოლში, ამიტომ გარდაქმნის მეორე საფეხურის შემდეგ სასარგებლო და ჩახახშობი გვერდითი ზოლები სიხშირულად ერთმანეთის მიმართ განლაგდებიან საკმაოდ დიდ მანძილზე. ეს გარემოება იძლევა სიხშირეთა საჭირო ზოლი (60...108 კჰც) გამოიყოს ყველა არხისათვის საერთო ძსშ-ით (ძსშ-108). პირველადი ჯგუფის ფორმირების ორსაფეხურიანი ინდივიდუალური ხერხის განმახორციელებელი გარდაქმნელი მოწყობილობის სტრუქტურული და სპექტრების გარდაქმნის სქემები წარმოდგენილია შესაბამისად 7ა,ბ სურათებზე.

პირველადი ჯგუფის ფორმირების ინდივიდუალური და ჯგუფური საფეხურების ერთდროული გამოყენებისას გამოიყენება სამარხიანი წინასწარჯგუფები. პირველადი ჯგუფის ფორმირების ამ მეთოდის შესაბამისი გარდაქმნელი მოწყობილობის სტრუქტურული და სპექტრების გარდაქმნის ამსახველი სქემები წარმოდგენილია შესაბამისად 8ა და ბ სურათებზე.

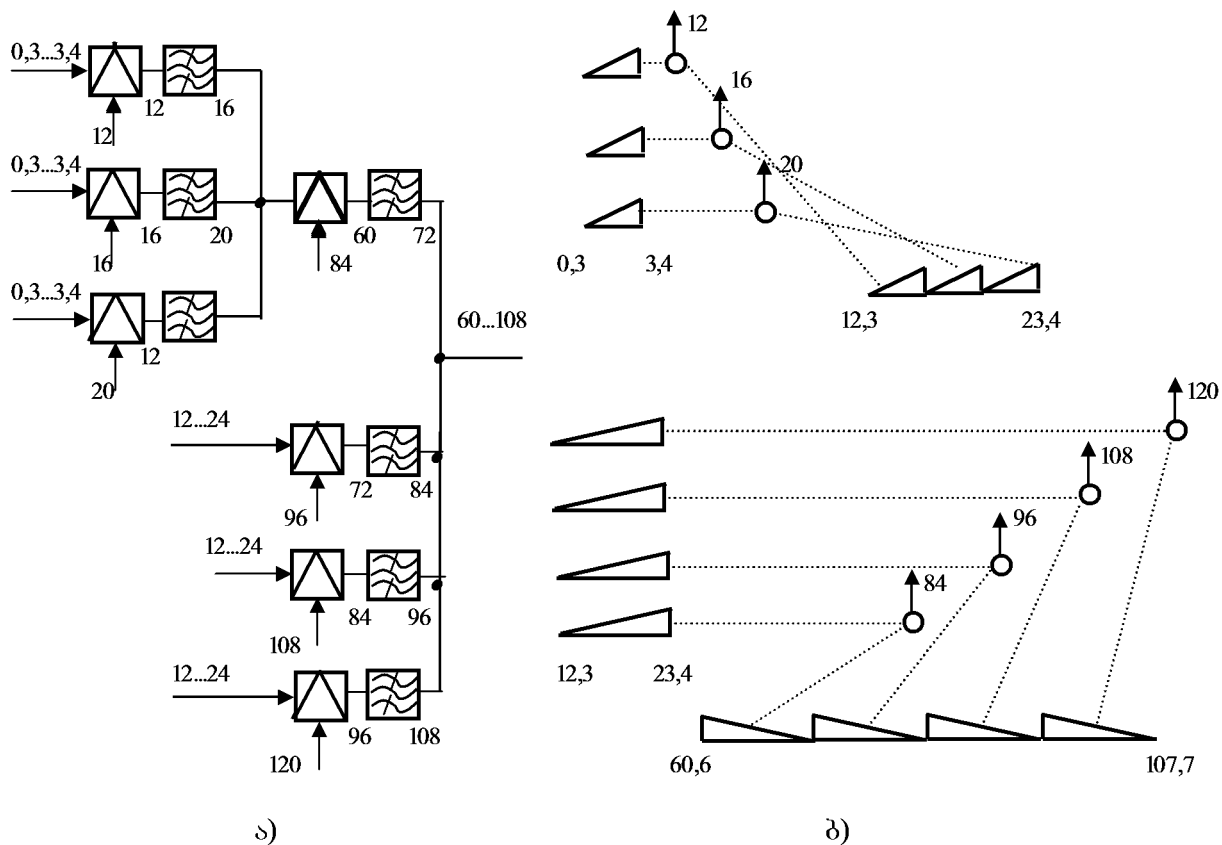
ყოველი სამარხიანი წინასწარჯგუფური სიგნალი ფორმირდება საწყისი სიგნალების ინდივიდუალური გარდაქმნით, რომლის დროსაც გადამტანი სიხშირეებია 12, 16 და 20 კჰც. სიხშირეთა სასარგებლო გვერდითი (ზედა) ზოლის გამოსაყოფად გამოიყენება ზშ-ები. ამრიგად, თითოეული სამარხიანი

ჯგუფის შესაბამისი სიხშირული ზოლია 12...24 კჰც. პირველადი ჯგუფის სიხშირეთა სპექტრის (60...108 კჰც) მისაღებად ოთხიდან თითოეული 3-არხიანი წინასწარჯგუფი მიეჭოდება შესაბამის ჯგუფურ გარდამქმნელს, რომელთა შესაბამისი გადამტანი სიხშირეებია 120, 108, 96 და 84 კჰც. გარდამქმნის შემდეგ ზშ-ები გამოყოფენ სიხშირეთა ქვედა გვერდით ზოლს.



სურ. 7. პირველადი ჯგუფის სპექტრის ფორმირება გარდამქმნის ორი ინდივიდუალური საფეხურის გამოყენებით:  
 ა – გარდამქმნელი მოწყობილობა; ბ – სპექტრის წარმოქმნის სქემა

სამარხიანი ჯგუფების შემოტანა წინასწარი გარდამქმნით იძლევა სასარგებლო გვერდითი ზოლების გამოსაყოფად LC ტიპის შედარებით იაფი საარხო ფილტრების გამოყენების შესაძლებლობას. სიხშირეთა 12...24 კჰც დიაპაზონში ეს ფილტრები მათი შედარებით მცირე გაბარიტული ზომების პირობებში უზრუნველყოფს მიღევის მახასიათებლის საჭირო დახრილობას. ჯგუფური ზშ-ების მოვალეობას ასევე ასრულებს LC ტიპის ფილტრები. აქ ამ ფილტრების გამოყენება შესაძლებელია იმიტომ, რომ ამ შემთხვევაში შემსუბუქებულია მოთხოვნები ფილტრების მიღევის მახასიათებლის დახრილობის მიმართ სიხშირეთა სასარგებლო და ჩასახშობ გვერდით ზოლებს შორის მნიშვნელოვანი სიხშირული შუალედის გამო.



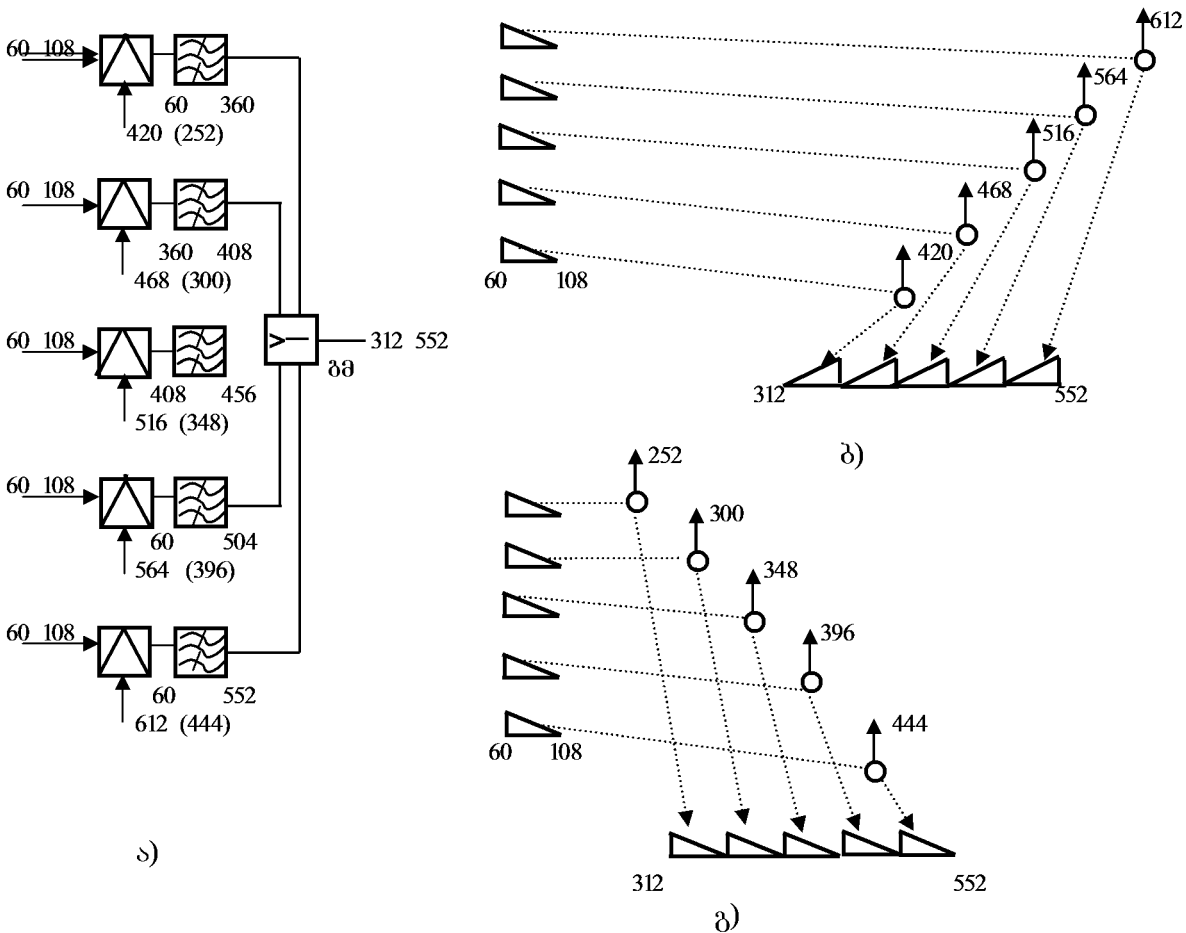
სურ. 8. პირველადი ჯგუფის სპექტრის ფორმირება ინდივიდუალური და ჯგუფური საფეხურების გამოყენებით:  
 ა - გარდაქმნული მოწყობილობა; ბ - სპექტრის წარმოქმნის სქემა

პირველადი ჯგუფის სპექტრის ფორმირების ყოველ მეთოდს გააჩნია თავისი ღირსებები და ნაკლოვანებები. გარდაქმნის ორი საფეხური იწვევს ხელშეშლების გაზრდას დამახინჯებებს არხებში. ეს გარემოება იწვევს აგრეთვე ჯგუფის მოწყობილობის ელემენტების რაოდენობის გაზრდას და, შესაბამისად, მის სიძვირეს. თუმცა გარდაქმნის ორი საფეხურის შემთხვევაში შეიძლება გამოყენებულ იქნას ან ერთი და იმავე ტიპის საარხო ფილტრები, რის გამოც ასევე ერთი და იმავე ტიპისაა არხების მახასიათებლები, იაფია წარმოება და მარტივია მოწყობილობის ექსპლუატაცია, ან დამზადების თვალსაზრისით მარტივი და იაფი მხოლოდ 3 სხვადასხვა ტიპის საარხო ფილტრი. გარდაქმნის ერთი საფეხურის შემთხვევაში საჭიროა შედარებით ძვირი და მაღალი ამორჩევითობის მქონე 12 სხვადასხვა საარხო ფილტრი.

პირველადი ჯგუფის სპექტრის ფორმირების მეთოდის შერჩევა განისაზღვრება მრავალი ფაქტორით, რომელთა შორის უპირველეს ყოვლისა

უნდა აღინიშნოს ჯგუფის მოწყობილობის ცალკეული კვანძების დამზადების ტექნოლოგია და ღირებულება.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მეორეული ჯგუფი ფორმირდება 5 პირველადი ჯგუფისაგან ჯგუფური გარდაქმნის ერთი საფეხურის გამოყენებით (სურ. 9ა).

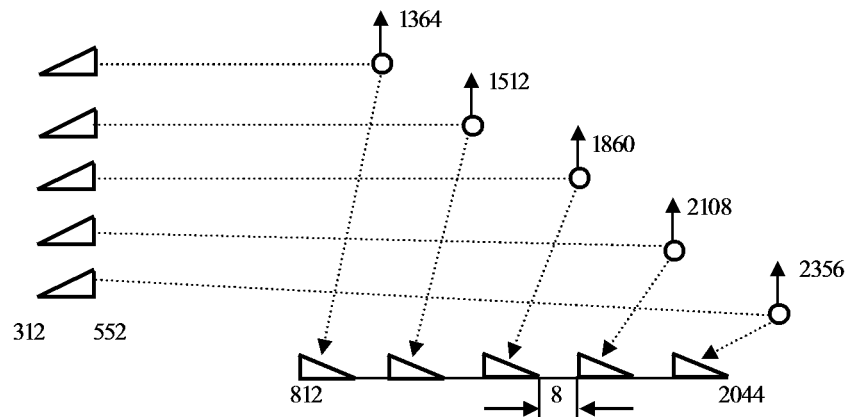


სურ. 9. მეორეული ჯგუფის სპექტრის ფორმირება:  
 ა - გარდაქმნელი მოწყობილობა; ბ - ძირითადი სპექტრის წარმოქმნის სქემა;  
 გ - ინვერსიული სპექტრის წარმოქმნის სქემა

განსახილველ შემთხვევაში შეიძლება ფორმირდეს ან ძირითადი ან ინვერსიული სპექტრი, რაც დამოკიდებულია გადამტანი სიხშირეების შერჩეულ მნიშვნელობებზე. მეორეული ჯგუფის ძირითადი სპექტრის ფორმირებაში მონაწილეობს გადამტანი სიხშირეები, რომელთა მნიშვნელობებია 420, 468, 516, 564 და 612 კჰც, ხოლო ინვერსიული სპექტრის ფორმირებისათვის გამოიყენება გადამტანი სიხშირეები 252, 300, 348, 396 და 444 კჰც (სურ. 9, ბ და გ). სიხშირეთა სასარგებლო გვერდითი ზოლები (ძირითადი სპექტრის ფორმირებისას - ქვედა, ხოლო ინვერსიული სპექტრის ფორმირებისას - ზედა)

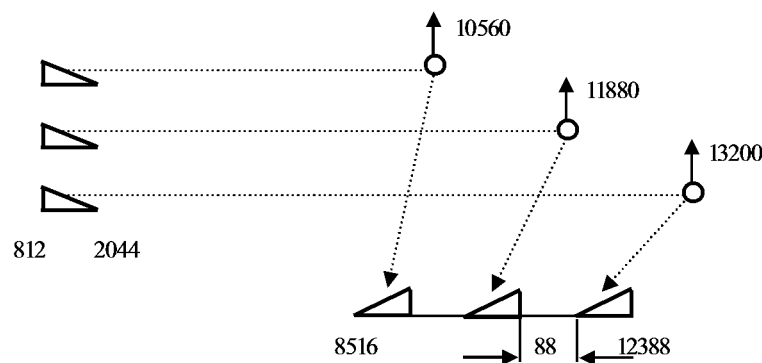
გამოიყოს **LC** ელემენტებზე შესრულებული ზმ-ებით. ამ ფილტრების მცირე ამორჩევითობა ჩახშობის ზოლში შეესაბამება მათი წინააღობის ნელ ცვლილებას, რის გამოც მათ პარალელურ შეერთებას ახორციელებენ განმხოლოების მოწყობილობის (ბმ) საშუალებით (სურ. 9ა).

მესამეული ჯგუფის სპექტრი (812...2044 კჰც) ფორმირდება 5 მეორეული ჯგუფის ძირითადი სპექტრის ერთსაფეხურიანი ჯგუფური გარდაქმნის საფუძველზე (სურ. 10). გადამტანი სიხშირეები ისეა შერჩეული, რომ მეორეული ჯგუფის გარდაქმნილ სპექტრებს შორის დარჩეს 8 კჰც-ის ტოლი სიხშირული შუალედი. გარდაქმნის შემდეგ სიხშირეთა გვერდითი ზოლები გამოიყოს **LC** ელემენტებზე აგებული ზმ-ებით.



სურ. 10. მესამეული ჯგუფის სპექტრის ფორმირება

მეოთხეული ჯგუფის სპექტრი (8516...12388 კჰც) წარმოიქმნება 3 მესამეული ჯგუფის ერთსაფეხურიანი ჯგუფური გარდაქმნით. შესაბამისი გადამტანი სიხშირეებია 10560, 11880 და 13200 კჰც (სურ. 11). სასარგებლო გვერდითი ზოლები გამოიყოს **LC** ელემენტებზე აგებული ზმ-ებით.



სურ. 11. მეოთხეული ჯგუფის სპექტრის ფორმირება

## 15. არხების სიხშირული დაყოფის პრინციპზე მომუშავე მრავალარხიანი მრავალარხიანი გადამცემი სისტემების სახაზო სექტორები

არხების სიხშირული დაყოფის პრინციპზე მომუშავე მრავალარხიანი გადამცემი სისტემების (მზს-ასლ) სახაზო სექტორის სასაზღვრო სიხშირეების შერჩევისას აუცილებელია მიმართველი გარემოს ტიპის გათვალისწინება. ასე მაგალითად, მიმართველი გარემოს როლში კოაქსიალური კაბელის გამოყენებისას სახაზო სექტორის ქვედა ზღვრულ სიხშირეს არჩევენ გარე ხელშეშლებისაგან მაღალი დაცულობის უზრუნველყოფის პირობიდან გამომდინარე, ხოლო ზედა ზღვრული სიხშირე კი განისაზღვრება მზს-ის მიერ ორგანიზებული ტს-ის არხების რაოდენობით. თუმცა მაძლიერებლების რეალიზაციის შემსუბუქებისათვის ცდილობენ სახაზო სექტორის ფარდობითი ზოლის შემცირებას. ამიტომ დიდი რაოდენობის არხების შემთხვევაში ქვედა ზღვრული სიხშირის შერჩევა უწევთ გაცილებით უფრო მაღლა იმ სიხშირესთან შედარებით, რომელზედაც უკვე იწყება კოაქსიალური კაბელის გარე მილის მაკრანებელი ზემოქმედება, რომელიც განპირობებულია ზედაპირული ეფექტით. შესაბამისად იზრდება სახაზო სექტორის ზედა ზღვრული სიხშირე. ამასთანავე საჭიროა იმის გათვალისწინება, რომ ზედა ზღვრული სიხშირე განსაზღვრავს მზს-ის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს. კერძოდ, რაც უფრო მაღალია ზედა ზღვრული სიხშირე, მით უფრო ნაკლებია გაძლიერების უბნის სიგრძე.

## 1.6. მრავალარხიანი გადამცემი სისტემები არხების სიხშირული განცალკევებით

### 1.6.1. არხწარმოქმნის სტანდარტული აპარატურა

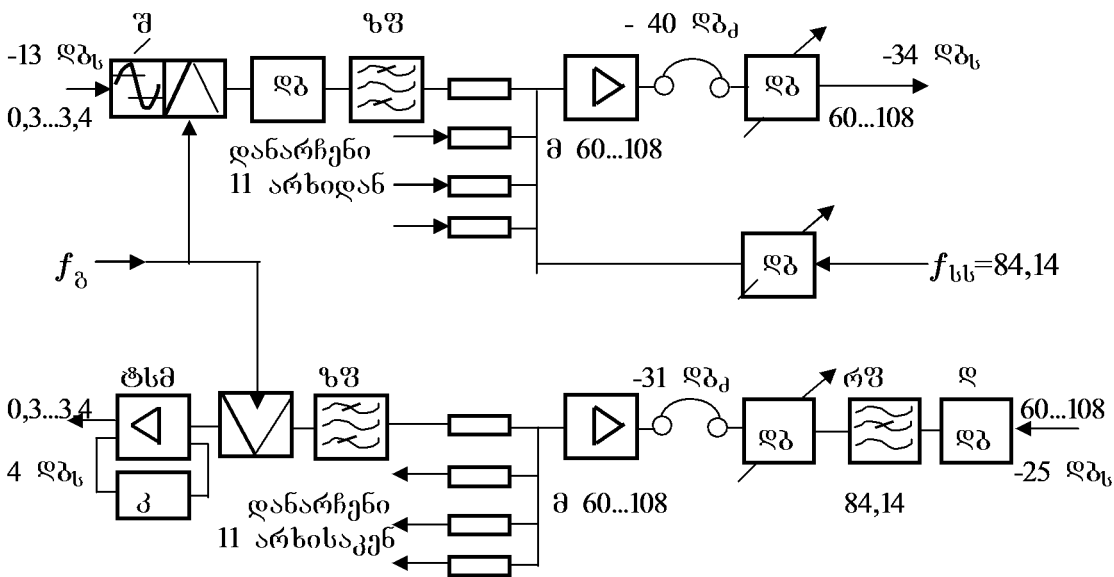
არხების სიხშირული განცალკევების პრინციპზე აგებული ტელეკომუნიკაციის ყველა გადამცემი სისტემისათვის არხწარმოქმნის აპარატურა ტიპიურია, რაც იძლევა მათი დამზადებისა და ექსპლუატაციის გამარტივებისა და გაიაფების საშუალებას. ამ აპარატურას აგრეთვე არხების მაფორმირებელ მოწყობილობას უწოდებენ.

შიგასასადგურო მონტაჟისა და კომუტაციის გამარტივების მიზნით არხწარმოქმნის აპარატურას განალაგებენ შემდეგ დგარებზე: ინდივიდუალური გარდაქმნების დგარი (**Стойка индивидуальных преобразователей – СИП**); პირველადი გარდაქმნელების დგარი (**Стойка первичных преобразователей – СПП**); მეორადი გარდაქმნელების დგარი (**Стойка вторичных преобразователей – СВП**) და სხვა. დგარების კონსტრუქცია ბლოკურია, რაც ტიპიურია გადამცემი სისტემებისათვის.

ინდივიდუალური გარდაქმნების დგარი **СИП–300** შეიცავს მოწყობილობას, რომლის დანიშნულებაცაა ტონალური სიხშირის (ტს) 300 არხის შესაბამისი საწყისი სიგნალების (0,3...3,4 კჰც) 25 პირველადი ჯგუფის სპექტრში (60...108 კჰც) გარდაქმნა გადამცემში და უკუგარდაქმნა მიმღებში. **СИП–300**-ის ერთ-ერთი არხის მოწყობილობის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა წარმოდგენილია 1-ლ სურათზე. ჯგუფის სხვა არხების მოწყობილობა ანალოგიურია. ისინი ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან მხოლოდ გადამტანი სიხშირეების მნიშვნელობებითა და საარხო ფილტრების გატარების ზოლით.

პირველადი ჯგუფის სპექტრი (60...108 კჰც) ფორმირდება ერთსაფეხურიანი ინდივიდუალური გარდაქმნით. გარდაქმნელები აგებულია გაძლიერების რეჟიმში მომუშავე ტრანზისტორებზე. გამოიყენება ბალანსური სქემები. სასარგებლო ქვედა გვერდითი ზოლი გამოიყოფა ელექტრომექანიკური ზოლური ფილტრით (ზფ). ამ ფილტრების პარალელური შეერთება ხორციელდება განმხოლოების მოწყობილობის (მაძლიერებლის მცირეშესასვლელიანი წინაღობასთან (3 ომზე ნაკლები) მიმდევრობით მიერთებული 150-ომიანი რეზისტორების) საშუალებით. ასეთი სახის მიერთება

გამორიცხავს პარალელურად შეერთებული ფილტრების გამოსასვლელი წინაღობების ურთიერთგავლენას.



სურ. 1. CIP-300-ის ერთ-ერთი არხის მოწყობილობის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა

პირველადი ჯგუფის დონის ავტომატური რეგულატორის (დარ) მუშაობისათვის მაძლიერებლის შესასვლელს მიეწოდება 84,14 კჰც-იანი საკონტროლო სიხშირის (სს) დენი. დიდი ძაბვების შემზღუდველი (შ) გადაცემის ტრაქტში ჩართულია ჯგუფური მოწყობილობების შესაძლო გადატვირთვის უვნებელსაყოფად. დამაგრებლებები (დ) კი უზრუნველყოფს გაზომვის დონეების საჭირო მნიშვნელობებს.

მიღების ტრაქტის შესასვლელზე ჩართული რეექტორული ფილტრი (რვ) ახშობს 84,14 კჰც საკონტროლო სიხშირის (სს) დენს. ტონალური სიხშირის მაძლიერებელი (ტსმ) მიღების ტრაქტის გამოსასვლელზე უზრუნველყოფს გაზომვის დონის ნომინალურ მნიშვნელობას, ხოლო აუცილებლობის შემთხვევაში – კორექტორის (კ) საშუალებით ტს არხის ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლის (ასმ-АЧХ) კორექციას. მიღების ტრაქტის დანარჩენი ელემენტების დანიშნულება ანალოგიურია გადაცემის ტრაქტის შესაბამისი ელემენტების დანიშნულებისა.

გადაცემის ტრაქტის შესასვლელზე და მიღების ტრაქტის გამოსასვლელზე გაზომვის დონეებია  $-13$  და  $+4 \text{ dB}_v$  შესაბამისად, ხოლო

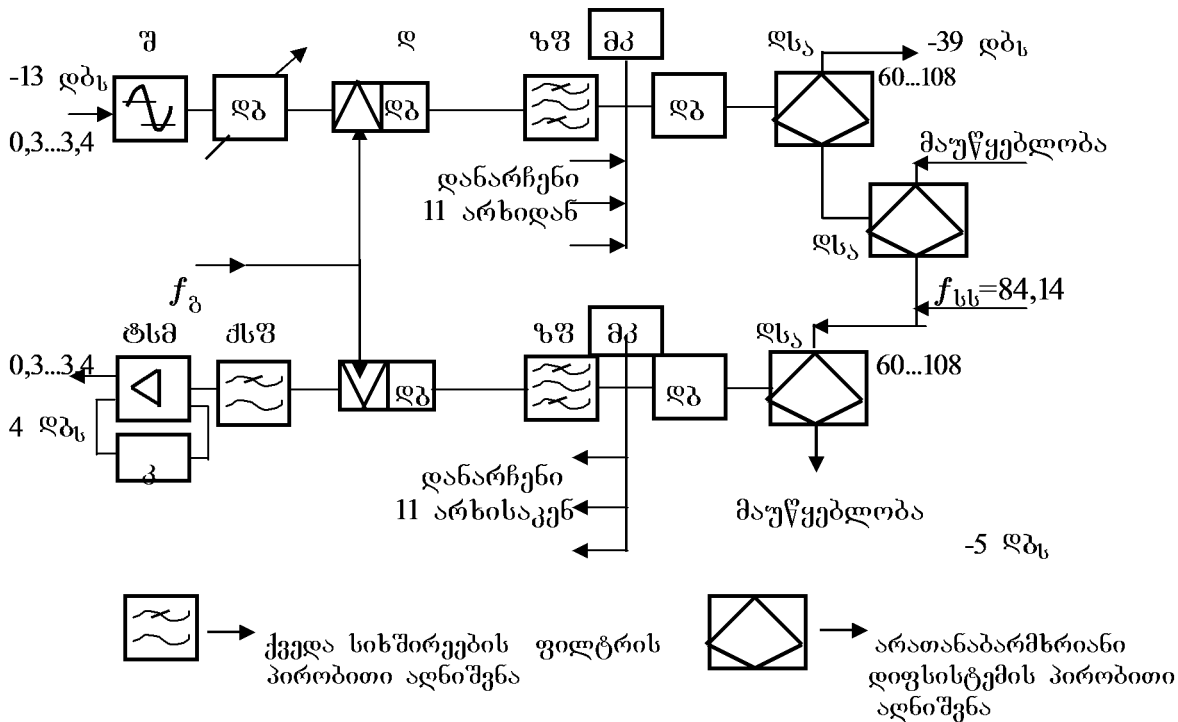
გადაცემის ტრაქტის გამოსასვლელზე და მიღების ტრაქტის შესასვლელზე – შესაბამისად –34 და –25 დბ,0.

მაუწყებლობის არხის ორგანიზების მიზნით **СИП-300**-ში უზრუნველყოფილია სამი ან ორი ტს-ის არხის გაერთიანების შესაძლებლობა. ურთიერთქმედების სიგნალების დენები გადაიცემა 2100 კვ სიხშირეზე.

მრეწველობა უშვებს შემდეგი ტიპის დგარებს: **СИП-300, СИП-ГО-252, СИП-ГО-252-ГЗ, СИП-144, СИП-ГО-120** და **СИП-ГО-120-ГЗ**. **СИП-ГО-252** დგარზე აყენებენ 21 პირველადი ჯგუფის ფორმირებისა და საგენერატორო მოწყობილობებს. საგენერატორო მოწყობილობა საჭირო გადამტანი სიხშირეებით უზრუნველყოფს მოცემულ და 4 **СИП-300** დგარებს. თუ ამ დგარზე მოთავსებულია აგრეთვე მიმწოდებელი გენერატორი (მბ), მაშინ დგარის დასახელებას ემატება **ГЗ (Генератор задающий – მიმწოდებელი გენერატორი)**.

**СИП-144, СИП-ГО-120** და **СИП-ГО-120-ГЗ** ტიპების დგარები არასრული კომპლექტაციისაა და ისინი გამოიყენება შედარებით მცირე რაოდენობის არხების ორგანიზებისათვის. ამ მიზნით გამოიყენება აგრეთვე ადრე აგებული დგარი **СИП-60**, რომელიც შეიცავს 5 პირველადი ჯგუფის სპექტრების ფორმირების მოწყობილობას. **СИП-60**-ის ერთ-ერთი არხის მოწყობილობის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა წარმოდგენილია მე-2 სურათზე.

პირველადი ჯგუფის სიხშირეთა სპექტრი ფორმირდება გარდაქმნის ერთი საფეხურის საშუალებით. **СИП-300**-გან განსხვავებით აქ გამოიყენება სიხშირის პასიური ბალანსური გარდაქმნელები და მაგნიტოსტრიქციული ზოლური ფილტრები (ზფ). პარალელურად ჩართული ზფ-ის შესასვლელი წინააღობების რეაქტიული შემდგენების კომპენსაცია ხდება მაკორექტირებელი კონტურებით (მკ), რომელთა რეზონანსული სიხშირეებია 54,5 და 120,3 კვც. გადაცემის ტრაქტში ტონალური სიხშირისა (ტს) და მაუწყებლობის სიგნალების შეყვანა ხორციელდება არათანაბარმხრიანი დიფერენციალური სისტემების (ღსკ) საშუალებით.



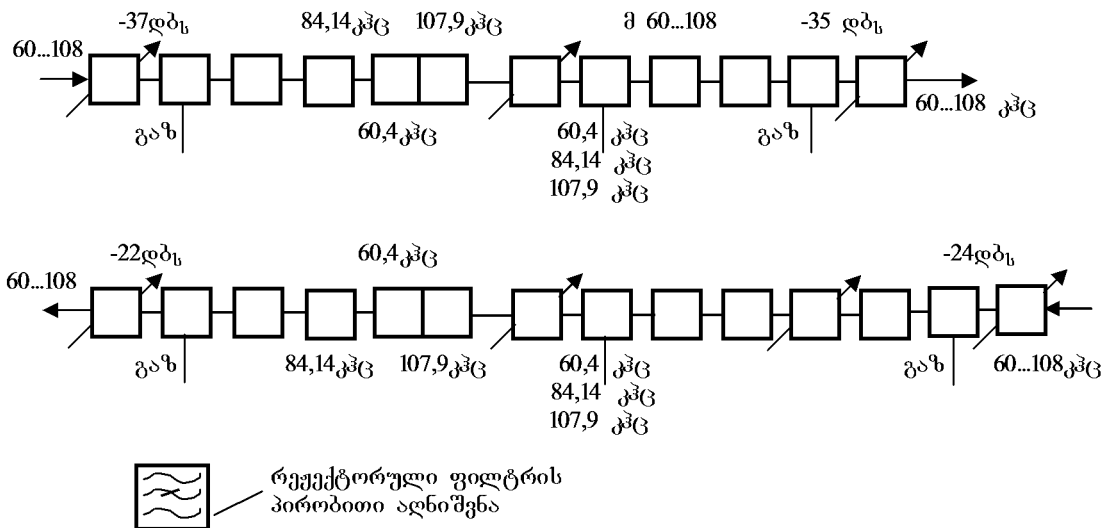
სურ. 2. СИП-60-ის ერთ-ერთი არხის მოწყობილობის გამარტივებული სტრუქტურული სქემა

პირველადი ჯგუფების ტრაქტების წარმოქმნის კომპლექტი (КОТ-ПГ – **Комплект образования трактов первичных групп**) იძლევა პირველადი ქსელური ტრაქტის შექმნის საშუალებას, რომლის ნომინალური ზოლია 60...108 კჰც. КОТ-ПГ-ში გათვალისწინებულია 84,14 (84,08) კჰც საკონტროლო სიხშირის (სს) დენისა და ქსელური კონტროლის სიხშირეების (60,4 და 107,9 კჰც) დენების შეყვანისა და ჩახშობის და აგრეთვე ქსელური ტრაქტის ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლის (ახმ-АЧХ) კორექციის შესაძლებლობა.

КОТ-ПГ-ს გამარტივებული სტრუქტურული სქემა წარმოდგენილია მე-3 სურათზე. გადაცემის ტრაქტში საკონტროლო (სს) და ქსელური კონტროლის სიხშირეთა შეყვანა და მიმღებ ტრაქტში მათი განაწილება არათანაბარმხრიანი დიფსისტემების (დოშკ) საშუალებით. გაზომვის ლს-ები იძლევა სს-ის დონის კონტროლისა და სპეციალურად შეყვანილი სიხშირეთა მეშვეობით ტრაქტის ელექტრული მახასიათებლების შემოწმების საშუალებას კავშირის დარღვევის გარეშე.

რეჟექტორული ფილტრები (რფ) ხელს უშლის გადაცემის ტრაქტში საკონტროლო და გაზომვის სიხშირეთა მოხვედრას. დამაგრძელებლები (ღ)

უზრუნველყოფს გაზომვის დონეების საჭირო მნიშვნელობებს და ტრაქტის წინა და მომდევნო ელემენტების შეთანხმებულ ჩართვას. ლოკალური მოქმედების ცვლადი კორექტორი დანიშნულებაა ამპლიტუდურ-სიხშირული მახასიათებლის კორექცია. მიღების ტრაქტის მადლიერებელი აკომპენსირებს კორექტორის მიზეზით გამოწვეულ მიღევას. **КОТ-III** თავსდება პირველადი ჯგუფების ტრაქტების წარმოქმნის დგარზე.

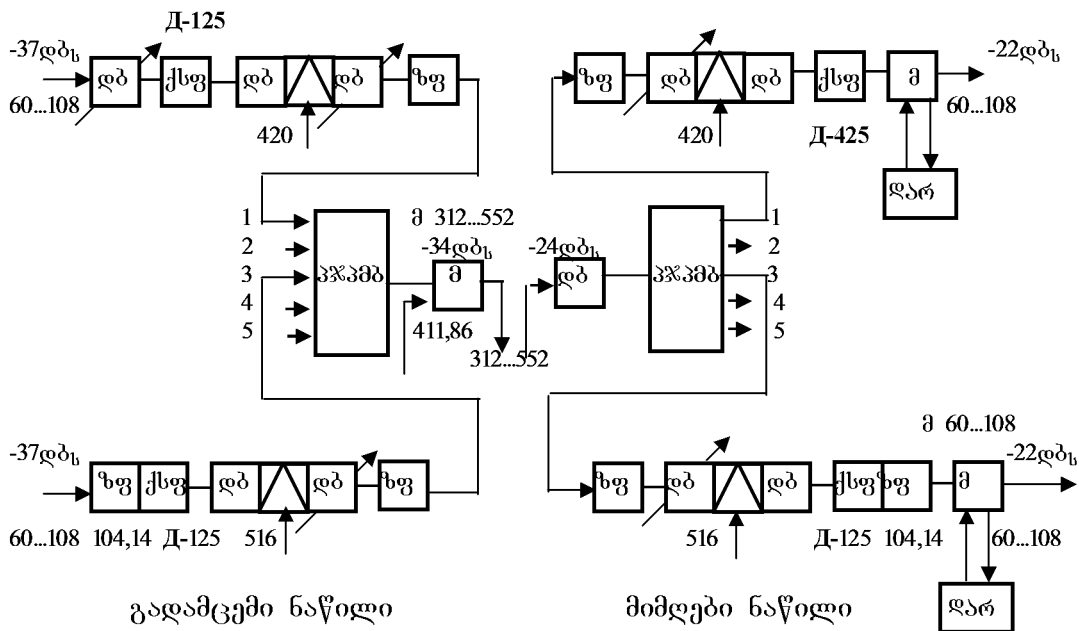


სურ. 3. პირველადი ჯგუფების ტრაქტების წარმოქმნის კომპლექტის (КОТ-III) გამარტივებული სტრუქტურული სქემა

პირველადი ჯგუფების გარდაქმნის კომპლექტი იძლევა გადაცემის ტრაქტში 5 პირველადი ჯგუფისაგან ძირითადი მეორეული ჯგუფის (312...552 კჰც) წარმოქმნის, ხოლო მიღების ტრაქტში – უკუგარდაქმნის საშუალებას. კომპლექტები თავსდება პირველადი გარდაქმნის დგარზე (**СПП – стойка первичного преобразования**).

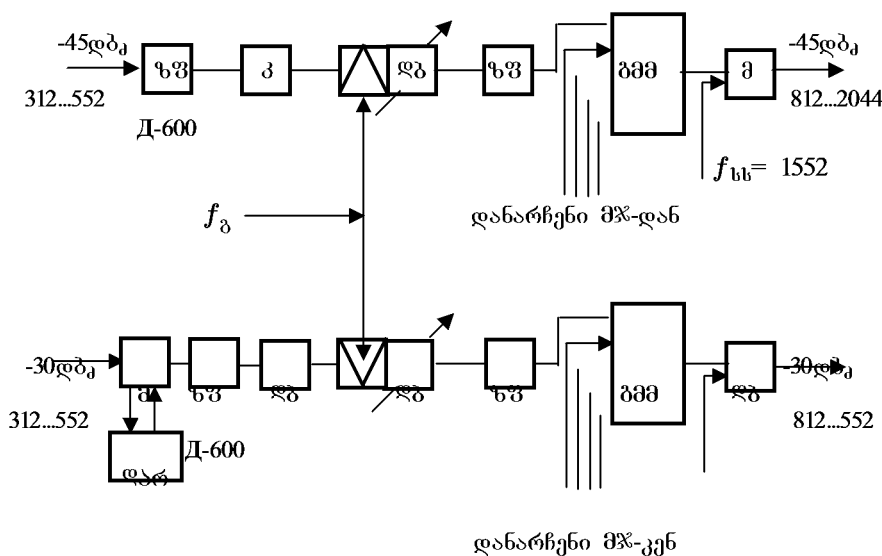
მე-4 სურათზე ნაჩვენებია მეორეული ჯგუფის (მჯ) წარმოქმნელი მე-3 და დანარჩენი ოთხიდან ერთ-ერთი პირველადი ჯგუფის (პჯ) მოწყობილობის სტრუქტურული სქემები, ვინაიდან შედგენილობის თვალსაზრისით ოთხიდან თითოეული ჯგუფის მოწყობილობა იდენტურია. გადაცემისა და მიღების ტრაქტების მესამეული ჯგუფის მოწყობილობაში ჩართულია რეექტორული ფილტრები (რფ-104,14 კჰც). გადაცემის ტრაქტში რფ უნებელებლოფს სს-ის (411,86 კჰც) დენზე ინდივიდუალური გარდამქმნელი მოწყობილობის შესაძლო

ხელშეშლების გააღწენას, ხოლო მიღების ტრაქტის რწ უზრუნველყოფს ტს-ის არხების დაცვას სს-ის გარდაქმნის პროდუქტების ხელშეშლებისაგან.

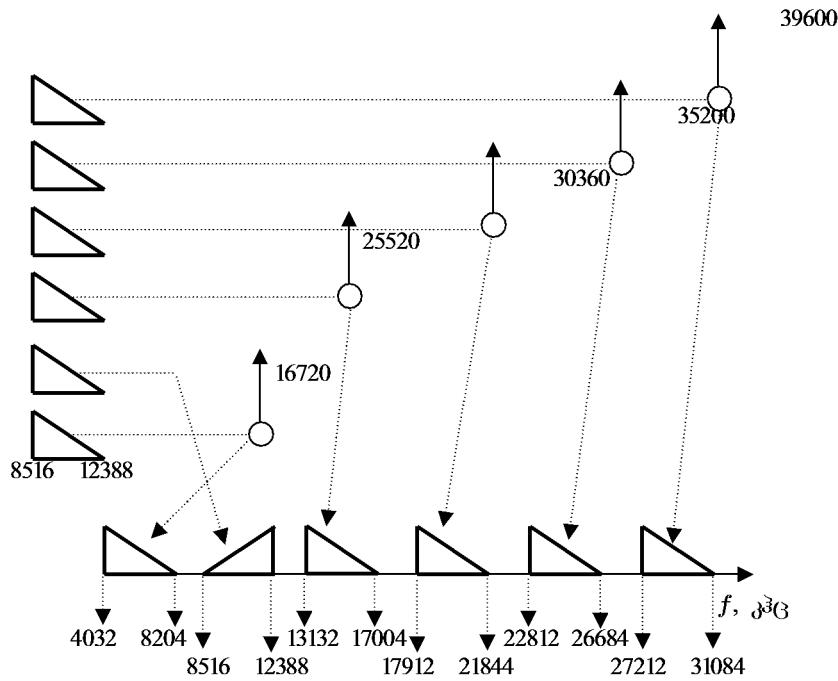


სურ. 4. მეორეული ჯგუფის წარმოქმნელი მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა

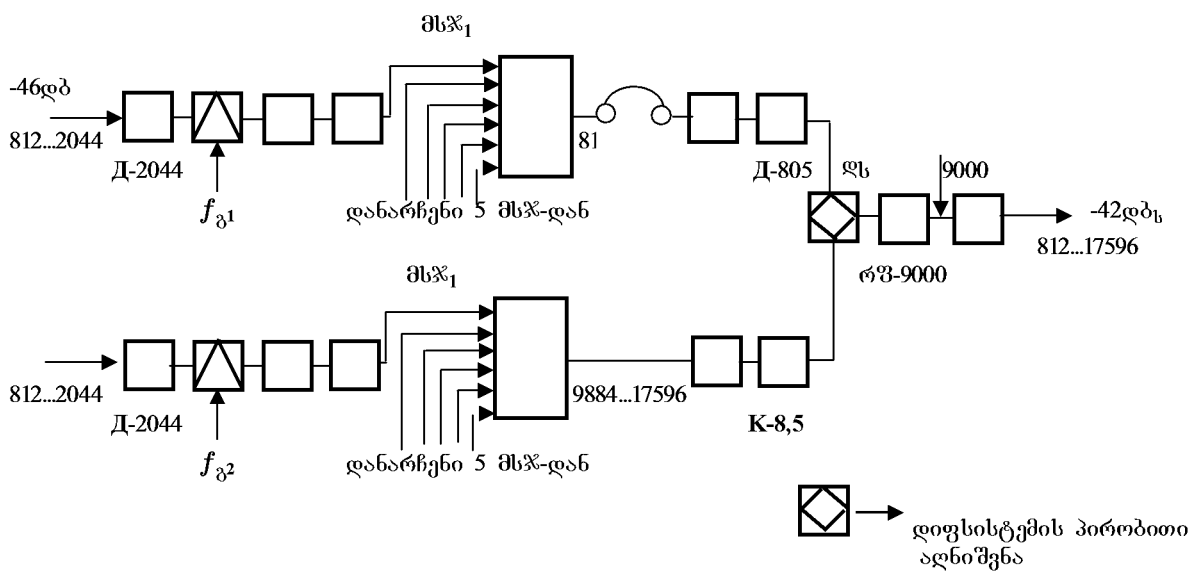
გადაცემის ტრაქტში ჩართული **Д-125** ფილტრი ეწინააღმდეგება გარდაქმნის გვერდითი პროდუქტების შეღწევას, ხოლო მიღების ტრაქტში ჩართული ახშობს სიხშირეთა გამოუყენებელ ზედა გვერდით ზოლს, გადამტანი რხევის სიხშირეთა ნარჩენებს და იმ სიხშირეებს, რომლებიც გარდაქმნის გარეშე აღმოჩნდება გარდაქმნელის გამოსასვლელზე.



სურ. 5. ერთ-ერთი მეორეული ჯგუფის გადამცემი და მიმღები გარდამქმნელი მოწყობილობის სტრუქტურული სქემა



სურ. 6. K-5400 სისტემის სახაზო სპექტრის წარმოქმნის სქემა





ლიტერატურა

1. ITU-T Recommendations. Series G.700, G.800, G.900.
2. Гитлиц М.В., Лев А.Ю. Теоретические основы многоканальной связи. – М.: Радио и связь, 1985. – 248 с.
3. Многоканальные системы передачи: Учебник для вузов/ Н. Н. Баева, В. Н. Гордиенко, С. А. Курицын и др. – М.: Радио и связь, 1997. – 560 с.
4. Системы и сети передачи информации: Учебное пособие для вузов/ М. В. Гаранин, В. И. Журавлёв, С. В. Кунегин. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.
5. ჯ. ხუნწარია, ვ. აბულაძე. მრავალარხიანი ელექტროკავშირგაბმულობა. – თბილისი, სტშ, 1994. – 100 გვ.
6. ჯ. ხუნწარია, ვ. აბულაძე. ტელეკომუნიკაციის მრავალარხიანი ციფრული სისტემები. – თბილისი, სტუ, 1998. – 82 გვ.
7. ჯ. ხუნწარია, ვ. აბულაძე. ტელეკომუნიკაციის სისტემები. ნ.1. ლექციების კონსპექტი. – თბილისი, სტშ, 2001. – 121 გვ.
8. Баева Н.Н. Многоканальная электросвязь и РРЛ. – М.: Радио и связь, 1988. – 312 с.
9. Зингеренко А.М., Баева Н.Н., Тверецкий М.С. Системы многоканальной связи. – М.: Связь, 1980. – 440 с.
10. ვ. ნანობაშვილი, ვ. ნანობაშვილი. ტელეკომუნიკაციის მიმმართველი სისტემები: ელექტრულ კაბელებზე აგებული ტელეკომუნიკაციის ხაზები. – თბილისი, 2002, 143 გვ.
11. ვ. ნანობაშვილი, ვ. ნანობაშვილი. ტელეკომუნიკაციის მიმმართველი სისტემები: ტელეკომუნიკაციის ბოჭკოვან-ოპტიკური ხაზები. – თბილისი, 2002, 122 გვ.

ლიტერატურა

1. ITU-T Recommendations. Series G.700, G.800, G.900.
2. Гитлиц М.В., Лев А.Ю. Теоретические основы многоканальной связи/ М.: Радио и связь, 1985.
3. Многоканальные системы передачи: Учебник для вузов/ Н. Н. Баева, В. Н. Гордиенко, С. А. Курицын и др. – М.: Радио и связь, 1996.
4. Системы и сети передачи информации: Учебное пособие для вузов/ М. В. Гаранин, В. И. Журавлёв, С. В. Кунегин. – М.: Радио и связь, 2001.
5. ჯ. ხუნწარია, ვ. აბულაძე. მრავალარხიანი ელექტროკავშირგაბმულობა/ თბილისი, სტშ, 1994.

6. Зингеренко А.М., Баева Н.Н., Тверецкий М.С. Системы многоканальной связи. – М.: Связь, 1980. – 440 с.

7. ვ. ნანობაშვილი, ვ. ნანობაშვილი. ტელეკომუნიკაციის მიმართველი სისტემები: ელექტრულ კაბელებზე აგებული ტელეკომუნიკაციის ხაზები. – თბილისი, 2002, 143 გვ.

8. ვ. ნანობაშვილი, ვ. ნანობაშვილი. ტელეკომუნიკაციის მიმართველი სისტემები: ტელეკომუნიკაციის ბოჭკოვან-ოპტიკური ხაზები. – თბილისი, 2002, 122 გვ.