

Вопросы теоретического теста № 2 по курсу «Цифровая обработка сигналов»

Осенний семестр 2014/2015 уч. г.

1. Запишите формулы прямого и обратного ДПФ.
2. Как связаны друг с другом результаты ДПФ и спектр дискретного сигнала (преобразование Фурье в дискретном времени)? Приведите соответствующую формулу.
3. Чему равен шаг частотной сетки ДПФ?
4. (В тестовом задании будут фигурировать конкретные числовые значения) Частота дискретизации сигнала равна ... Гц, размерность ДПФ $N = \dots$. Какой частоте соответствует результат вычисления ДПФ, имеющий индекс $n = \dots$ (нумерация начинается с нуля)? Привести соответствующие расчеты.
5. (В тестовом задании будут фигурировать конкретные числовые значения) Частота дискретизации сигнала равна ... Гц, размерность ДПФ $N = \dots$. Какой (с каким номером n) элемент ДПФ соответствует частоте ... Гц? (Нумерация элементов ДПФ начинается с нуля.) Привести соответствующие расчеты.
6. В чем заключается основная идея алгоритма быстрого преобразования Фурье с прореживанием по времени?
7. Что такое «бабочка» в алгоритмах БПФ? Изобразите ее структурную схему.
8. Что такое бит-реверсная адресация? Где и с какой целью она применяется?
9. Как зависит число математических операций, требуемое для вычисления ДПФ *по прямой формуле*, от длины преобразуемого сигнала? Привести соответствующую формулу.
10. Как зависит число математических операций, требуемое для вычисления *быстрого* преобразования Фурье, от длины преобразуемого сигнала? Привести соответствующую формулу, считая, что длина сигнала равна степени двойки.
11. Охарактеризуйте изменения в результатах ДПФ, происходящие при дополнении преобразуемого сигнала нулями.
12. Изобразите схему системы, реализующей алгоритм Герцеля. Для чего он применяется? В каких случаях его целесообразно использовать?
13. Каким образом можно вычислить линейную свертку с помощью круговой свертки? Для чего используется такой способ ее вычисления?
14. Опишите процедуру фильтрации в частотной области методом *перекрывтия с суммированием* (overlap-add).
15. Опишите процедуру фильтрации в частотной области методом *перекрывтия с накоплением* (overlap-save).
16. Что такое растекание спектра? Каковы причины этого явления?
17. Для чего используются весовые функции (окна) при спектральном анализе? Охарактеризуйте изменения результатов вычисления спектра в результате применения окон.
18. Каков типичный набор исходных данных при проектировании фильтра нижних частот?
19. Опишите процедуру синтеза дискретного фильтра по аналоговому прототипу методом билинейного z -преобразования.
20. Приведите формулу, описывающую трансформацию частотной оси при билинейном z -преобразовании.
21. У какого фильтра нижних частот крутизна спада АЧХ больше — у аналогового прототипа или у дискретного фильтра, синтезированного по этому прототипу методом билинейного z -преобразования? Ответ обосновать.
22. На *каких* частотах дискретный фильтр, синтезированный методом билинейного z -преобразования, имеет такой же комплексный коэффициент передачи, как аналоговый прототип при частоте, стремящейся к бесконечности?

23. На *каких* частотах дискретный фильтр, синтезированный методом билинейного z -преобразования, имеет такой же комплексный коэффициент передачи, как аналоговый прототип при частоте, равной нулю?
24. Накладывает ли метод инвариантной импульсной характеристики какие-либо ограничения на тип АЧХ синтезируемых фильтров? Если да, то какие именно?
25. Как связаны между собой *импульсные* характеристики аналогового прототипа и полученного на его основе дискретного фильтра при использовании метода инвариантной импульсной характеристики? Приведите соответствующую формулу.
26. Как связаны между собой *частотные* характеристики аналогового прототипа и полученного на его основе дискретного фильтра при использовании метода инвариантной импульсной характеристики? Приведите соответствующую формулу.
27. Можно ли при синтезе фильтра методом инвариантной импульсной характеристики заранее гарантировать выполнение конкретных требований к АЧХ фильтра (допустимые отклонения в заданных полосах и т. п.)? Почему?
28. В каких целях используются весовые функции при прямом оптимальном синтезе дискретных фильтров?
29. Запишите формулу для целевой функции, используемой при прямом синтезе дискретных фильтров по заданной АЧХ в случае $p = 2$. Какой характерной чертой обладают частотные характеристики нерекурсивных фильтров, синтезированных данным методом?
30. Запишите формулу для целевой функции, используемой при прямом синтезе дискретных фильтров по заданной АЧХ в случае $p = \infty$. Какой характерной чертой обладают частотные характеристики нерекурсивных фильтров, синтезированных данным методом?
31. Опишите процедуру прямого синтеза нерекурсивного дискретного фильтра оконным методом.
32. Опишите искажения идеализированной АЧХ, происходящие при синтезе нерекурсивных дискретных фильтров оконным методом.
33. Как рассчитать импульсную характеристику идеализированного фильтра по его частотной характеристике? Приведите соответствующую формулу.
34. Как рассчитать импульсную характеристику идеализированного фильтра во временной области? Опишите соответствующую последовательность действий.
35. Приведите формулу для импульсной характеристики идеального фильтра нижних частот, изобразите АЧХ и ФЧХ данного фильтра.
36. Приведите формулу для импульсной характеристики идеального дифференцирующего фильтра, изобразите АЧХ и ФЧХ данного фильтра.
37. Перечислите основные эффекты, связанные с конечной разрядностью представления чисел в цифровых системах обработки сигналов.
38. Каковы достоинства и недостатки форматов представления чисел с *фиксированной* запятой?
39. Каковы достоинства и недостатки форматов представления чисел с *плавающей* запятой?
40. (*В тестовом задании будут фигурировать конкретные числовые значения*) Формат с фиксированной запятой $a.b$ использует a двоичных разрядов для представления целой части (включая знак; для представления отрицательных чисел используется дополнительный код) и b двоичных разрядов для представления дробной части. Какое *максимальное* по модулю *положительное* число может быть представлено в этом формате? Как выглядит его двоичное представление в этом формате?
41. (*В тестовом задании будут фигурировать конкретные числовые значения*) Формат с фиксированной запятой $a.b$ использует a двоичных разрядов для представления целой части (включая знак; для представления отрицательных чисел используется дополнительный код) и b двоичных разрядов для представления дробной части. Какое *минимальное* по модулю *ненулевое отрицательное* число может быть представлено в этом формате? Как выглядит его двоичное представление в этом формате?

42. При использовании каких форматов (с фиксированной или плавающей запятой) эффекты конечной точности представления чисел сказываются сильнее? Почему?
43. Какие предположения о статистических свойствах шума квантования обычно используются для его аналитического описания? При каких условиях они хорошо выполняются на практике?
44. Для каких фильтров — рекурсивных или нерекурсивных — ошибки квантования коэффициентов сказываются сильнее? Почему?
45. Что такое масштабирование коэффициентов цифровых фильтров? С какой целью оно применяется? Покажите на примере фильтра второго порядка, как при масштабировании коэффициентов модифицируется структурная схема фильтра.
46. Почему реализация фильтра в виде каскада секций второго порядка уменьшает погрешности представления коэффициентов фильтра в формате с фиксированной запятой?
47. При каких арифметических операциях возникают ошибки округления результата при использовании форматов с фиксированной запятой?
48. При каких арифметических операциях возникают ошибки округления результата при использовании форматов с плавающей запятой?
49. Как выглядит модель цифрового фильтра с учетом собственных шумов округления при использовании форматов с фиксированной запятой? Приведите пример в виде структурной схемы произвольного фильтра и поясните, в какие точки схемы вводятся шумовые сигналы.
50. Что такое предельные циклы? Опишите их типы и причины их возникновения.
51. Как осуществляется интерполяция дискретного сигнала (повышение частоты дискретизации в целое число раз)? Приведите соответствующую структурную схему.
52. Как осуществляется прореживание дискретного сигнала (понижение частоты дискретизации в целое число раз)? Приведите соответствующую структурную схему.
53. Чему должны быть равны частота среза и коэффициент передачи в полосе пропускания для фильтра нижних частот, используемого в схеме *прореживания*?
54. Чему должны быть равны частота среза и коэффициент передачи в полосе пропускания для фильтра нижних частот, используемого в схеме *интерполяции*?
55. К каким последствиям может привести удаление ФНЧ из схемы прореживания?
56. Почему при реализации интерполяции и прореживания обычно используются нерекурсивные фильтры?
57. Как осуществляется передискретизация сигнала (изменение частоты дискретизации с рациональным коэффициентом)? Приведите соответствующую структурную схему.
58. За счет чего можно уменьшить число необходимых вычислительных операций при выполнении интерполяции?
59. За счет чего можно уменьшить число необходимых вычислительных операций при выполнении прореживания?
60. Для чего при реализации интерполяции и прореживания применяют многокаскадные структуры?

① Прямое и обратное ДПФ.

$$\hat{x}(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) \exp(-j \frac{2\pi n k}{N})$$

$$x(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \hat{x}(n) \exp(j \frac{2\pi n k}{N})$$

② ДПФ и спектр дискретного сигнала. ДПФ представляет собой спектр сигнала, дискретизированный по частоте.

$$\hat{x}(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) \exp(-j \frac{2\pi n}{N} k), \quad \hat{x}(\omega) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k) \exp(-j \omega k)$$

$$\hat{x}(n) = \hat{x}(\omega) \Big|_{\omega = \frac{2\pi n}{N}}$$

③ Макс частотой сигнала ДПФ равен $\frac{f_s}{N}$.

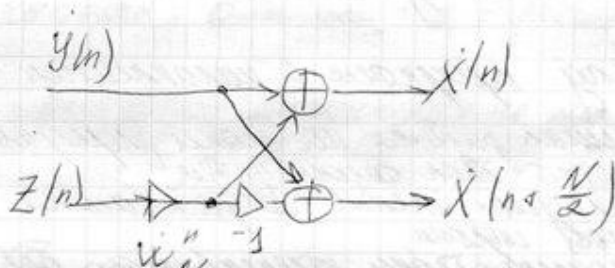
$$\textcircled{4} \quad f_g = f_g' f_g, \quad N = N', \quad n = n'$$

$$f = \frac{1}{N} \cdot f_g.$$

$$\textcircled{5} \quad f_g, N; \quad n = \frac{N f}{f_g}$$

⑥ —

⑦ "Бабочка"



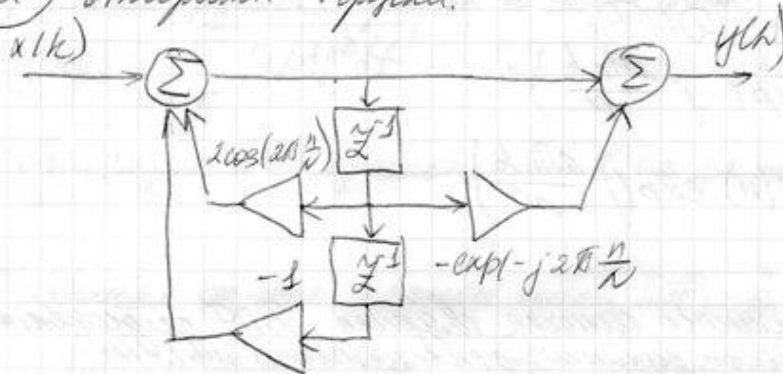
⑧ —

⑨ Расчет ДПФ по прямым формулам требует $\sim N^2$ комп. умножений и сложений (квадратичная зависимость).

⑩ Расчет быстрого преобразования Фурье требует при $N=2^n$ число операций: $\sim N \log_2 N$

⑪ Если добавить к конкретному набору отсчетов некоторый коэффициент, спектр Ф-ции дискретного сигнала не изменится, но ДПФ даст большее число точек отсчетов, соответствующих, если такое равнозначит в интервале от нуля до f_g .

12. Алгоритм Гиршала.



При обработке входного сигнала это означает число отсчетов

13. Можно представить импульсную свёртку с помощью круговой путём доопределения обрабатываемых последовательностей нулями Д.О. Если можем задать кон-во импульсов, соответствующие количеству отсчетов для равной длительности, и ввести эдгг алгоритм БПФ. Это даёт то что по сравнению число отсчетов по сравнению с введённой свёрткой становится меньше

14. Метод прерывания с усреднением:

- 1) вх. сигнал разбив-ся на непрерывающиеся блоки;
- 2) каждый блок фиксируется, в результате его длина ф-са не $N-1$ отсчетов (т.к. длина каждого из пар-ков
- 3) вх. блоки свёрт-ся, при этом прерывание $N-1$ отсчетов прерывающее и усреднение.

15. Метод прерывания с накоплением:

- 1) вх. сигнал разбив-ся на блоки, прерывающиеся на $N-1$ отсчетов;
- 2) каждый блок фиксируется;
- 3) у выходных блоков производится "накоп" по $N-1$ отсчетов с каждого отсчета;
- 4) выходные блоки прерывающиеся по прерыванию

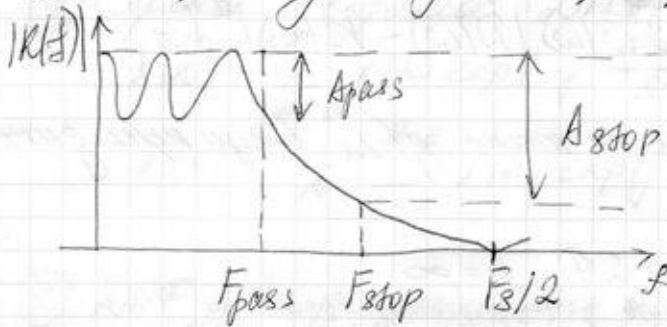
16. При ДПФ предполагается, что каждый отсчёт сигнала является периодическим введением в начало во времени. При этом, если увеличение начальной и конечной отсчётов сигнала взаимно равно, при период повторения на отсчётах сигнала будут скачки, из-за которых сигнал сигнала равен - это не-рациональное свёртка.

17. Для уменьшения разброса сигнала сигнал дум-ся не снад. к краям введённого ф-са (окно) $w(k)$.

$$X_w(k) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) w(k) e^{-j2\pi \frac{N}{k}}$$

В результате у нас боковые линии ждв ДПФ-функций за счёт разбросанных таблица

18) Выбор исходных данных при проектир. ФНЧ:



F_{pass} - граница полосы проп.
 F_{stop} - граница полосы затв.
 F_s - частота дискретизации
 A_{stop} - требуемое подавл. сигнала
 A_{pass} - уровень помехи проп.

19) —

20) Трансформации частотной оси при билин. z -преобр.
 $\omega_a = \frac{2}{T} \lg \left(\frac{\omega_d T}{2} \right)$

21) У ДФ круче спада АЧХ ближе, т.к. по мере увеличения функции билин. Частотная карта ДФ все сильнее отклоняется от идеальной.

22) ДФ имеет только те комплексные коэф. передачи, как АП при частоте $\rightarrow \infty$, на частотах: $\pm \frac{\omega_d}{2}, \pm \frac{\omega_d}{2} \pm \omega_d n$

23) ДФ имеет только те комплексные коэф. передачи, как АП на частоте 0, на частотах: 0 и ∞ . $0, \omega_d, 2\omega_d, \dots, n\omega_d$

24) Между инв. или хар-ки налагается ограничение не так как АЧХ симм. фильтров: КП ДФ должен быть максим на частотах, приближающихся частоте билин. завис. (критерий для ФНЧ и полосовых)

25) Инв.-е хар-ки АП и ДФ имеют инвар. инв. хар-ки
 $h_d(k) = T h_a(kT)$

26) Част.-е хар-ки АП и ДФ имеют инвар. инв. хар-ки:
 $K_d(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} K_a \left(\frac{\omega}{T} - \frac{2\pi n}{T} \right)$

27) —

28) Всплеск фазы при краем. оптимальном спроект. ДФ не имеет
 - формирующие периодич. зен
 - периодич. деление спектра между полосами.

(29) Цепная функция, гранич. между ДФ, $p=2$
 $\|x\|_2 = \sqrt{\int_T |x(t)|^2 dt}$, $L_p = \int_0^\infty \omega(\omega) |D(\omega) - K(\omega)|^2 d\omega$

Дурисаури АЧХ неравномерны и на ампл. ув.м. волны приходится

(30) Цепная Ф-ция, гранич. между ДФ, $p=\infty$
 $\|x\|_\infty = \max_{t \in T} |x(t)|$, $L_p = \int_0^\infty \omega(\omega) |D(\omega) - K(\omega)|^\infty d\omega$

Дает фемпори с равномерными пульсациями АЧХ.

(31) Оценки метод-процедуры анализа:

1. Выбирается идеальная частотная хар-ка (присущ-я) $K_0(\omega)$.
2. Впр-е пр. Ф. дает бемон или хар-ку идеал. филтре $h_0(k)$.
3. Идея хар-ке, присущ-я в конечном предельном не склад. к краю спек: $k_0(k) = h_0(k) \omega(k)$, $k = k_1, k_2$.
4. Спектр получает приращение N -порода филтре
 $h(k) = k_0(k_1 k_2)$, $k = 0 \dots N$

(32) Искажение идеал. АЧХ, оценки метод
 - неавто-е преобразование между непрерывным временем и
 задерживание.
 - искаж-е пульсаций в полосах пропускания
 - искаж-е фазовых моментов в полосах задерживания

(33) ИХ, идеал. филтре по ЧХ $h(k) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} K(\omega) e^{j\omega k} d\omega$

(34) ИХ идеал. филтре во время задержки

ошибка или $\delta(k) \rightarrow$ воист-е аналоговое смещение $\delta(k) = \frac{\sin \frac{\pi k}{T}}{\frac{\pi k}{T}} \rightarrow$
 \rightarrow Фигура аналог. сигнала \rightarrow дигитализация

(35) ИХ ФНЧ
 $h(k) = \frac{\omega_0}{\pi} \frac{\sin(\omega_0 k)}{\omega_0 k}$

ω_0 - частота среза



(36) Нд. диф. функ.

$$h(k) = \begin{cases} 0, & k=0 \\ (1-1)^k/k!, & k \neq 0 \end{cases}$$

(37) ЗФФ, входящие с количеством разрядности предельных чисел:

- шир. квантов., возм. при АЦП;
- шир. квант. хар-к, при квантов. коэф. цифр. фильтров
- перекрывающиеся разряды в прецеденте вычисл.
- вычисл. разрядность разрядности вычисл.

(38) Формы с фикс. значения

- " σ ": равномерность ряда чисел, простота реализации;
- " $-$ ": малая динамическая диаграмма

(39) Формы с плавающей запятой:

- " σ ": точность динам. диаграмм;
- " $-$ ": неравномерный ряд чисел, сложность реализации

(40) а. в.
равномерность по модулю полож. число $2^{a-1} - 2^{-b}$
двоичное $0 \underbrace{111 \dots 1}_b$

(41) а. в.
малая по модулю отрицат. число -2^{a-1}
двоичное $1 \underbrace{000 \dots 0}_b$

(42) —

(43) Функциональные в стат-ках в-вах шума квантования:

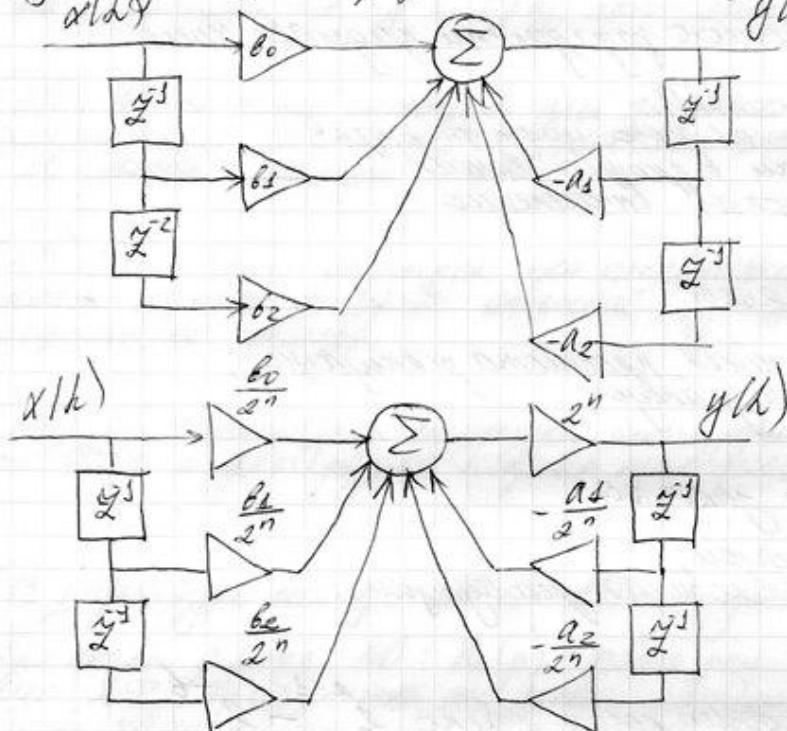
- равномерность шум. процесс
- равномерность разл-е вращивания $\in [-\frac{\Delta}{2}, +\frac{\Delta}{2}]$, $D = \frac{\Delta^2}{12}$
- отсчеты шума некоррелированы друг с другом, СПМ равномерна,
- (интервал делится шум)
- шум квантования стат. независим от полезного сигнала.

Функциональные хорошо воспроизводятся, они всегда имеют погрешность в разл. форм. квантования

(44) Для рекурсивных фильтров нелинейности квантования коэф. скач-ся вверх, т.к. коэф. отрицателен, нелинейность всегда с ИХ и ЧХ.

45) При масштабировании цифр фильтров все его коэф. делится на одну и ту же константу, и на нее же умножатся результаты вычисления сигнала.

Это прим-е, если макс-я некоторая коэф. фильтров выходящая за пределы диапазона, представляемого в вычислительной форме $y(k)$

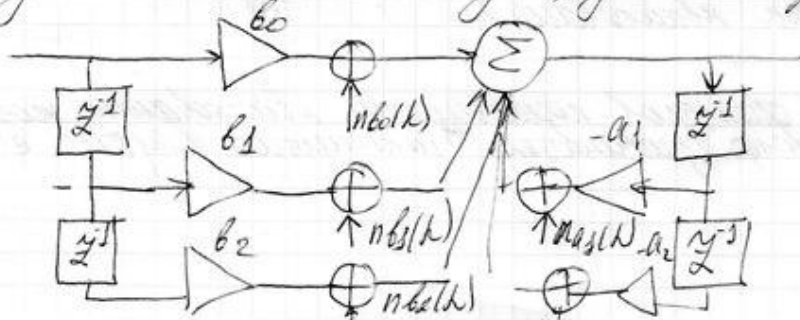


46) Реализация фильтра в виде секции 2-го порядка имеет коэф. представляемые коэф. фильтра в формате с фикс. значением, т.е. в каждом отдельном блоке секции 2-го порядка разное абсолютное значение коэф. скажем значительно меньше, чем у фильтра в целом, следовательно, если при разном на секции вычислений типичными друг к другу парк цифров и манисов

47) Ошибки округления при ум. форматом с фикс. значением вычисляются при операциях умножения.

48) Ошибки округления при ум. форматом с плав. значением вычисляются при операциях умножения и сложения.

49) В 2-м учета ошибок округления в формуле секции фильтра вводится погрешность вычисления, добавляемая к результату умножения



50) Прегнати цилан проявляе в нулоичивом поведени утовичивого фидра

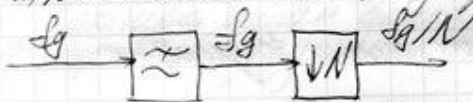
Цилан нулого ур-ня: свб. коно. занурае, ко не доходить до нуля.
Причина - свбидна одружениа прот. регуловател

18. Високого ур-ня: нула. вериллауриа при рабате перемешениа
поти одружениа (високого) еиде на високе. Могуа присува. о. коно.
с тонекоо аиде. Причина - немоа одружениа при перемешениа

51) Иноуноуауи:
1) повисениа часота дирижуауи (висава нула)
2) вдиениа нулочаотва часота еиде с повисениа ФНЧ



52) Прегнатиа:
1) индидуауа коноа часота с повисениа ФНЧ
2) повисениа часота дирижуауи (вдиа коноа)



53) ФНЧ в еиде прегнатиа:
часота еиде на тоне $Sg/(2N)$ - оо повиса часота Нависа.
кп в пп: $\Delta 10dB$

54) ФНЧ в еиде индидуауи:
часота еиде на тоне $Sg/2$ - оо повиса часота Нависа
кп в пп: N

55) Уаеениа ФНЧ у еиде прегнатиа можаа приваа к появе-
нию коноаа часота

56) Нуруауиа фидра немоа т.к. можаа нуруаа еиде индидуауи ФНЧ
Прегнатиа: можаа висаваа тоне нулаа висаваа еиде, „жаваниа“
в пз висаваа еидеа нуруауи по п. нулаа → висавааа п. нулааа еидеа
ниа чааа аидеауиауиа еидеауиа

Иноуноуауи: в пз в коноаа можааа нуруауиаа индидуауи еидеауиа
нулаа на коноауиаа нуруауиа → можааа индидуауиаа висаваааа с еидеауиа
нуруауиа еидеауиаа Sg еидеауиаа п. нулааа еидеауиаа чааауиа
нуруауиа еидеауиаа

58)

59. Предикторные:



Вид. пишется как S_d в Ряз, но не пишется в & ряз

52. Чи-а чино спирачките при избухналуре можно ја счѐт
инкорпорирање, вклучување с пулевети смесени, чѐт постојат
6 15 букети 6 каадрѐ мѐр.

(59) Чи-а чин-а спирається на пропримивши може вачиснае
только пашае вачиснае спира, "являющая" в 13 стисне
перунае не пашае

60) Многоканальная структура инспекции, чтобы получить сведения
ФНЧ и для разных типовых преступлений, дана у разных фельдшеров

(19) Трансформация образа ДА по КП методом Билиш 2-модуль.

Для анализа функции КН: $K_N(p)$ - удобно рациональная

Две ДФ: $H_0(Z)$ - так же широко-размещаемая

Число част. латки бина свод. плоское рав-во - значение переменной
должно быть минимально по сравнению со св. свод. в 2-м случае со-
ответственно ф. число такого типа свод. свод. свод. свод. свод.

$$P = \frac{2}{T} \frac{2-1}{2+1} = \frac{2}{T} \frac{1-2^{-1}}{1+2^{-1}}; \quad K_g(\omega) = K_a \left(\frac{2}{T} \frac{1-1/\omega T}{1+1/\omega T} \right)$$

Визуально не уст. АП даст уст. ДР

⑧ Бит-реверсивная аддитивная шифр для 2ⁿ-точечного ДНФ

(24) Net.

(42) Эрудит кичителю точности представлений чисел сла-ся
ильно в форме с трие мовыи ну-р юич. Дале улого
дизайнои и трие мовы. Точность представлений посто-янно
и не мов. мовыи мовыи величии.