

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ ПО ИПО

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ по ГОСТ Р 52070-2003 для ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ПОВЫ- ШЕНИЯ ЕЁ НАДЕЖНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕГО ВРЕМЕНИ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЯ ВЕРСИЯ 5

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработать алгоритмы защиты сети по ГОСТ Р 52070-2003 (MILSTD 1553B) широко применяемой в аэрокосмических приложениях по всему миру. Эти алгоритмы размещаются в ПО контроллера (центральной системной ЦВМ сети), учитывают исходное дублирование всех элементов сети, включая ЛПИ, и обеспечивают автоматическое восстановление работоспособности сети, при нештатных ситуациях: отказа ОУ абонента сети, «генерации» помехи, блокирующей работу сети с шинной топологией, «занятости» абонента; ситуации «сбоя» ОУ абонента.

В свою очередь алгоритм защиты от «генерации» должен: обнаруживать наличие «генерации», обнаруживать «генератор» помехи, отключать-блокировать «генератор помехи», определять время выполнения всех этих операций.

Работоспособность разработанных алгоритмов должна быть подтверждена на детерминированной модели сети, которая также должна быть представлена (эту модель возможно записать и исполнить в виде формул расчёта времени исполнения операций при парировании каждой неисправности из перечня).

Наличие возможности продолжения работы сети при возникновении случайных неисправностей и отказов приводит к тому, что время передачи сообщений имеет случайную составляющую из-за неизбежных повторов передачи сообщений. Требуется определить характеристики распределения времени передачи сообщений в сети, которые важны для выбора периода дискретизации ЦСУ, путем статистического моделирования работы сети при наличии неисправностей.

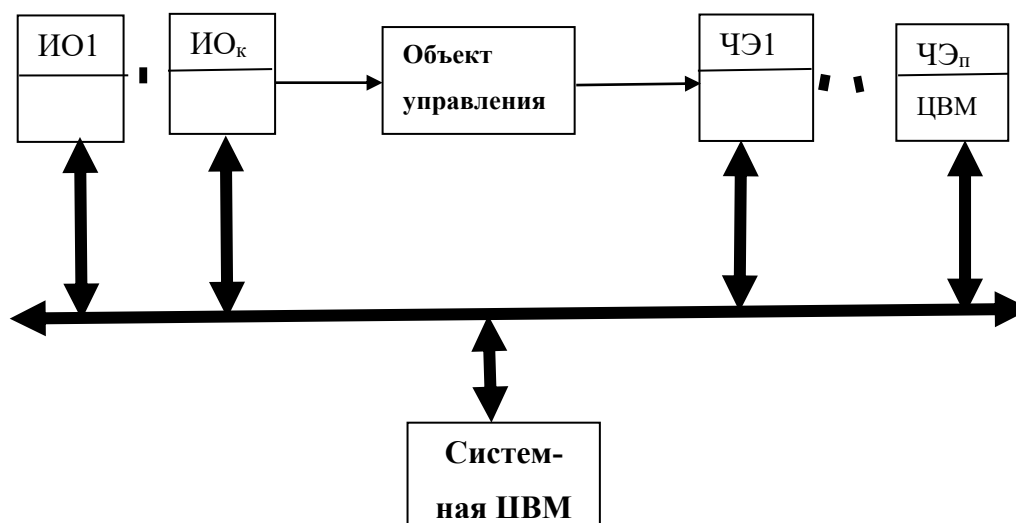
План выполнения работы

Анализ предметной области	1-4 неделя
Разработка обзора по состоянию вопроса и анализу имеющихся работ данного направления	5 неделя
Предъявление отчета с обзором	5 неделя
Разработка алгоритмов решения задачи	5 неделя
Разработка проверочных тестов	6 неделя
Программирование разработанных алгоритмов	7неделя
Автономная отладка программ	8 неделя
Комплексная отладка программ	9-10 неделя
Предъявление результатов и согласования объема отчета в детерминированном варианте	11 неделя
Проведение статистических расчетов	12 неделя
Подготовка отчета о статистическому моделированию , инструкции по эксплуатации	12 неделя
Защита проекта	13-15 неделя

Цель работы. Провести статистическое моделирование процесса передачи сообщений в ЛВС управления динамической СТС с целью определения и учёта среднего времени передачи сообщений с учетом возможных неисправностей для **выбора периода дискретизации ЦСУ**. В курсовой работе рассматривается ЛВС по ГОСТ Р 52070-2003.

1. Выбор периода дискретизации работы ЦСУ

Системообразующим структурным элементом ЦСУ является встроенная ЛВС управления и её ПО. Эта ЛВС объединяет периферийные ЦВМ, встроенные в аппаратуру системы (датчики и исполнительные органы) с центральной системной ЦВМ, собственно и решающей задачу управления по получаемой периферийными ЦВМ информации с датчиков.



При проектировании ЦСУ один из важных вопросов – выбор периода опроса датчиков и, что то же самое периода выдачи информации на исполнительные органы (ИО) – периода дискретизации работы ЦСУ. Правильно выбранный период должен обеспечить приемлемую динамику ЦСУ, так как с ростом периода дискретизации динамика ЦСУ ухудшается вплоть до потери устойчивости. С этой точки зрения чем меньше период, тем лучше.

Но период дискретизации не может быть меньше суммарного времени передачи информации со всех датчиков в системную ЦВМ и из системной ЦВМ на исполнительные органы ЦСУ (ИО) плюс времени решения задачи управления в системной ЦВМ.

В свою очередь суммарное время передачи управляющих сообщений в ЛВС, зависит от объема передаваемой информации, скорости её передачи по ЛПИ и является существенной частью общего запаздывания управления в ЦСУ. Поэтому при проектировании ЦСУ всегда проводится оценка времени передачи информации по выбранной ЛВС.

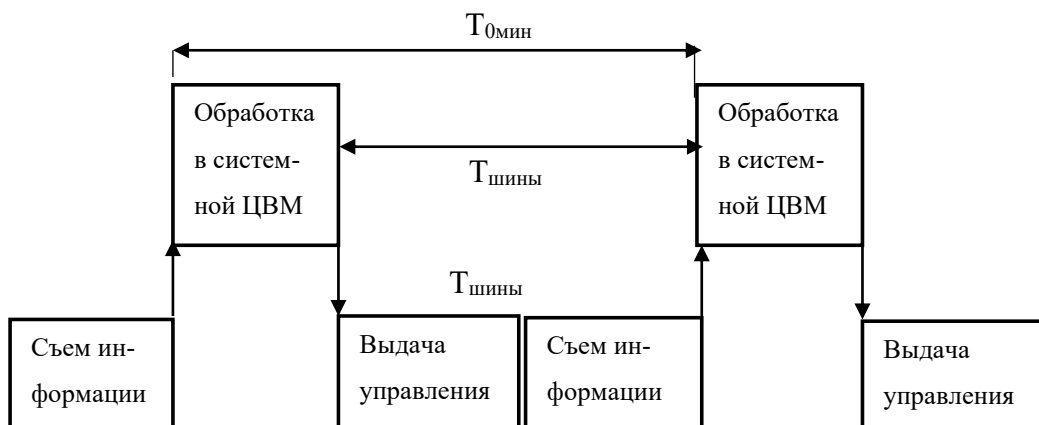


Рис. Временная диаграмма загрузки шины ЛВС обменями информацией между системной и периферийными ЦВМ

2. Временная задержка передачи управляющей информации в шине ЛВС

В системах управления «задержка» передачи управляющей информации в ЛВС является частью общего запаздывания в системе и не должна превышать определенных значений, устраивающих динамику системы. Поэтому подсчет сетевой задержки передачи сообщений всегда сопровождает исследование динамики системы.

Для ЛВС шина – общий разделяемый всеми абонентами ресурс. Каждый абонент работает с шиной последовательно – одновременная передача сообщений несколькими абонентами невозможна и запрещена. Если один абонент сети захватил шину, то он её не освободит пока не передаст своё сообщение. Остальные абоненты, желающие передать сообщение, ждут её освобождения.

Всех интересует вопрос каково же будет среднее и максимальное время ожидания любым абонентом начала передачи и каково будет общее среднее время передачи сообщения с учетом ожидания им начала передачи?

Причем суммарное время вносимого сетью запаздывания определяется как передачами информации со всех датчиков в системную ЦВМ, так и передачей команд на все исполнительные органы из системной ЦВМ.

Таким образом **число сообщений, передаваемых по ЛПИ в течении одного периода работы системы – такта, будет равно числу датчиков и числу исполнительных органов.**

Не теряя в общности будем полагать, что вычисления для определения управляющих воздействий могут начинаться только тогда, когда информация со всех датчиков поступит в ЦВМ и выдача информации на исполнительные органы может начаться по завершению определяющих их расчетов. Иными словами, интервал времени ($T_{0\text{мин}} - T_{\text{шины}}$) никак не может быть использован для передачи сообщений.

3. Основные положения теории массового обслуживания

Взаимодействие шины ЛВС с абонентами можно рассматривать с позиций теории систем массового обслуживания (теории очередей), где шина - обслуживаемое устройство, а поступающие запросы на передачу сообщений (данных и команд) - заявки на обслуживание, которые исполняются в системе (передаются) в течение среднего времени тобсл. Это время является только частью времени отклика или временной задержки передачи сообщений. Другая часть – время пребывания в очереди к шине в ожидании её освобождения от передачи текущего сообщения. Причем в сетях с распределенным доступом абонентов на ЛПИ очередь – виртуальная, а в сетях с централизованным доступом абонентов к ЛПИ сети очередь в явном виде находится в ЦВМ-контроллера сети. Причина образования очередей связана с наличием двух случайностей: случайности входного потока задач и случайности времени передачи сообщения.

Однако в ЦСУ нет случайного входного потока задач в отличие от офисных сетей, сетей связи и т.п.. В ЦСУ решается определённый набор задач управления с определённым периодом. Этому соответствует детерминированный или регулярный входной поток заявок.

Но всё-таки случайность пробивается и здесь – время передачи сообщений удваивается, если происходит сбой и приемник не распознаёт пришедшее сообщение и не выдаёт

ответного слова (для сети по ГОСТ Р 52070-2003). В этом случае передача сообщения повторяется передатчиком (контроллером). Примерное удвоение времени передачи при этом - случайное событие, так как сбой – случайное событие. В случае отказа канала ОУ время передачи сообщения примерно утраивается, так как попытка передачи сообщения повторяется дважды безуспешно, после чего сообщение передаётся по резервному каналу ЛПИ (для сети по ГОСТ Р 52070-2003). Это утроение времени передачи также случайно. В дальнейшем все сообщения отказавшим ОУ принимаются или отправляются с данным увеличенным временем

В случае, когда имеет место ситуация «абонент занят» время передачи сообщения удваивается и к нему добавляется фиксированная задержка, например, 1 мсек (миллисек). Это тоже случайное событие. В дальнейшем абонент «не помнит эту ситуацию» и при обращении к данному абоненту эта ситуация не повторяется.

В случае, когда происходит «генерация», время передачи возрастает многократно, так как процедура автоматического обнаружения и блокировки генерирующего ОУ занимает много времени. В дальнейшем заблокированный в результате исполнения этой процедуры ОУ сохраняет состояние не исправности до конца сеанса. К счастью генерация достаточно редкое событие. Событие сбоя относительно гораздо более частое.

В результате появления описанных ситуаций время передачи сообщений в ЛПИ в общем случае является случайным и к ЛПИ всё равно возникает очередь, несмотря на детерминированный входной поток заявок. Эта очередь, как показывает теория, в два и более раз меньше, чем в случае, когда входной поток также случаен. Время ожидания сообщением освобождения ЛПИ в очереди должно быть прибавлено к времени передачи сообщений по ЛПИ.

Для других сетевых технологий так же в общем случае является случайным объем передаваемых данных т.е. время передачи информации, если учитывать возможные сбои и неисправности, при которых передачи сообщений приходится повторять.

Методы теории массового обслуживания на основании сделанных предположений о законах распределения интенсивности появления заявок, закона распределения времен их обслуживания позволяют получить основные характеристики процесса обслуживания заявок (среднюю задержку, среднюю длину очереди, среднее время пребывания в очереди и другие) в зависимости от величины **средней загрузки обслуживающего устройства** (шины в данном случае) ρ .

$$\rho = \lambda / \mu,$$

где λ – средняя интенсивность поступления сообщений на обслуживание

μ – средняя интенсивность обслуживания

Физический смысл **средней загрузки ЦВМ решением задач ПО** ρ – среднее число поступающих заявок за среднее время обслуживания одной заявки. Эта величина ρ должна быть **меньше 1 иначе очередь вырастет до бесконечности**.

С другой стороны при средней загрузке $\rho < 1$, очередь все равно образуется, что связано со случайными «сгустками» заявок на входе в обслуживающее устройство и случайными задержками в обслуживании.

4. Сравнение задержек для простейшего и регулярного входного потока заявок на обслуживание (входного потока сообщений на шину ЛВС)

Для одноканальной СМО с простейшим входным потоком (интервалы времени между поступлением заявок распределены по экспоненциальному закону) и экспоненциальным обслуживанием среднее время пребывания заявки в системе время отклика $T_{\text{сист}}$

приводим без доказательства. В нашей модели порядок доступа на шину ожидающих освобождения шины узлов, образующих некоторую обобщенную очередь в ПО контроллера, будем считать соответствующим дисциплине первый пришел первый обслужился

$$T_{\text{сист}} = \rho / \lambda(1 - \rho) = 1 / \mu(1 - \rho) \quad (1)$$

Учитывая, что $\mu = 1 / t_{\text{обсл}}$, запишем, умножая левую и правую часть на μ

$$T_{\text{сист}} / t_{\text{обсл}} = T_{\text{систотн}} = 1 / (1 - \rho) \quad (2)$$

$T_{\text{систотн}}$ – средняя относительная задержка получения сообщения абонентом, измеренная в количестве средних времен передачи сообщения (длина удава, измеренная в популях, из известного мультфильма).

$t_{\text{обсл}}$ – среднее время передачи сообщения (средняя длина сообщения) с учетом возможных нештатных ситуаций в ЛВС СТС при передаче информации

Для регулярного поступления сообщений на шину, что чаще всего бывает в системах управления, и случайной длины сообщения, распределенного по экспоненциальному закону теория массового обслуживания даёт для длины очереди к обслуживающему устройству Лоч формулу в виде неравенства

$$\frac{\rho^2}{2(1 - \rho)} - \frac{\rho}{2} \leq L_{\text{оч}} \leq \frac{\rho^2}{2(1 - \rho)} + \frac{1 - \rho}{2} \quad (3)$$

Заметим, что величина $\frac{\rho^2}{2(1 - \rho)}$ находится примерно посередине между верхней и нижней границей оценки и следовательно может быть использована, как приближенное значение:

$$L_{\text{оч}} \approx \frac{\rho^2}{2(1 - \rho)} \quad (4)$$

Но в соответствии с формулой Литла

$$T_{\text{сист}} = T_{\text{оч}} + t_{\text{обсл}} = \frac{L_{\text{оч}} + \rho}{\lambda}$$

с учетом (4) и $t_{\text{обсл}} = \rho / \lambda$

Делая алгебраические преобразования, поделив левую и правую часть на $t_{\text{обсл}} = 1 / \mu$ имеем

$$T_{\text{систотн}} = \frac{1}{1 - \rho} - \frac{\rho}{2(1 - \rho)} \quad (5)$$

Как и следовало ожидать значение времени передачи сообщения, измеренное в количестве средних времен обслуживания, в этом случае меньше, чем в случае простейшего входного потока заявок на передачу сообщений, исходящих от каждого узла сети на величину $\frac{\rho}{2(1 - \rho)}$

В данных выкладках мы принимали закон распределение времени передачи сообщения экспоненциальным. Можно показать, что результаты моделирования не подтверждают это: отношение средне квадратичного отклонения к матожиданию времени передачи сообщения не равно 1, что справедливо для экспоненциального закона. Но мы будем полагать это распределение экспоненциальным, так как при нём получаются наихудшие результаты, а использование другого закона усложнит выкладки и увеличит объём моделирования.

Из анализа длины очереди и времени ожидания обслуживания можно сделать два вывода.

Первый вывод: для простейшего входного потока и экспоненциального распределения времени обслуживания суммарное время пребывания сообщения в системе с учетом ожидания обслуживания больше, чем для регулярного входного потока.

Второй вывод: необходимо поддерживать $\rho < 0,8$. В этом случае малым приращениям μ и λ соответствует малое приращение времени пребывания заявки в системе $T_{\text{сист}}$ и неточности в знании λ и μ не приводят к большим ошибкам в определении размера очереди к обслуживающему устройству. Применительно к шинам ЛВС управления мехатронными СТС данное требование обычно выполняется, так как период повторения решения задач СТС достаточно большой по сравнению со скоростью передачи сообщений и их объемом. Однако, проверка этого условия всегда требуется.

Размер очереди сообщений и время пребывания сообщения в ней определяется методами теории СМО в том числе и для регулярного входного потока, если известна средняя загрузка ЛПИ передачей сообщений ρ и среднее время передачи сообщения $t_{\text{обсл}}$

Для определения среднего времени передачи сообщения $t_{\text{обсл}}$ необходимо разработать программу моделирования, учитывающую появление случайных событий сбоев, отказов и других неисправностей, парируемых ЛВС.

5.Расчёт периода дискретизации работы ПО в системе управления с ЦВМ.

Учитывая, что интервал времени ($T_{0\text{мин}} - T_{\text{шины}}$), с м.рис1 по физическим соображениям никак не может быть использован для передачи сообщений, загрузку шины передачей сообщений надо определять на интервале времени передачи сообщений $T_{\text{шины}}$, а не в течении времени $T_{0\text{мин}}$, т.е. как бы полагая, что не определённое в нашей задаче время обработки принятых данных в ЦВМ пренебрежимо мало по сравнению с $T_{\text{шины}}$.

При этом, если назначить Период времени передачи сообщений без учета его случайной составляющей за счёт нештатных ситуаций в ЛВС, то периодически будет возникать ситуация, когда сообщения не будут переданы. Поэтому $T_{\text{шины}}$ должно учитывать и увеличение среднего времени передачи сообщений при нештатных ситуациях и наличие времени ожидания освобождения шины. Иными словами

$$T_{\text{сист}} = T_{\text{шины}},$$

Тогда, учитывая регулярность входного потока в рассматриваемом случае

$$\lambda = 1/T_{\text{сист}} \quad (6)$$

При этом период поступления заявок на передачу сообщений $T_{\text{сист}}$ для регулярного входного потока можно принять как

$$T_{\text{сист}} = \left(\frac{1}{1-\rho} - \frac{\rho}{2(1-\rho)} \right) t_{\text{обсл}} \quad \text{с учётом того, что} \quad \rho = \lambda/\mu = t_{\text{обсл}}/T_{\text{сист}}$$

$$T_{\text{сист}} (1-\rho) = t_{\text{обсл}} - t_{\text{обсл}}^2/(2 T_{\text{сист}}) \quad (7)$$

В нашем случае

$$1-\rho = 1 - \lambda/\mu = 1 - t_{\text{обсл}}/T_{\text{сист}} = (T_{\text{сист}} - t_{\text{обсл}}) / T_{\text{сист}} \quad (8)$$

Тогда, подставляя 8 в 7

$$T_{\text{сист}} - t_{\text{обсл}} = t_{\text{обсл}} - t_{\text{обсл}}^2/(2 T_{\text{сист}})$$

Делая преобразования, имеем квадратное уравнение

$$T_{\text{сист}}^2 - 2 t_{\text{обсл}} T_{\text{сист}} + t_{\text{обсл}}^2/2 = 0 \quad (9)$$

Решение этого уравнения

$$T_{\text{сист}} = T_{\text{шины}} = 1,7 t_{\text{обсл}}$$

При этом

$$\rho = \lambda/\mu = t_{\text{обсл}}/1,7 t_{\text{обсл}} \cong 0,6$$

Тогда период дискретизации системы управления равен
 $T_{\text{мин}} = 1,7 t_{\text{обсл}} + \text{время обработки данных в компьютере}$
 $t_{\text{обсл}}$ – среднее время передачи сообщений с учетом возможных неисправностей

6. Исходные данные для моделирования работы ЛВС по ГОСТ Р 52070-2003 с учётом возможных неисправностей

Для определения среднего времени передачи сообщения мы будем имитировать передачу сообщений в ЛВС управления СТС определённой конфигурации, сопровождаемую проявлениями неисправностей в случайные моменты времени: сбоями, отказами ОУ, ситуациями «абонент занят» и генерацией.

6.1. В ЛВС объединяются периферийные ЦВМ, встроенные в датчики 3 типов, в ИО 3 типов, и системная ЦВМ.

6.2. В каждом сообщении от датчиков к системной ЦВМ и от системной ЦВМ к ИО передаётся **12 слов данных (СД)** с учетом информации для/из резервных устройств. Это для варианта А и 9 СД для варианта В.

6.3. ЦСУ многоканальна и имеет, например, три идентичных канала – тангаж, рыскание, вращение. Таким образом, к ЛПИ присоединено всего **18** ($6 \cdot 3 = 18$) устройств-периферийных ЦВМ и ОУ. Эти устройства резервированы. Съём информации с резервных устройств осуществляется на уровне периферийных ЦВМ и эта предварительно обработанная информация входит в 12 СД (для варианта А или 9 СД для варианта В).

Таким образом, в каждом периоде работы ЦСУ передаётся 18 сообщений каждое длиной 12 СД (для варианта А или 9 СД для варианта В)..

6.4. Номинальное время передачи одного сообщения (здесь и далее расчёты приведены для варианта А)

$T_{\text{собр.}} = \text{КС} + 12 \text{СД} + \text{ОС} + 12 = 292 \text{ бит}$ (время передачи 292 мксек.).

Время передачи 1000 сообщений $292000 \text{ мксек} = 0.292 \text{ с}$

Передаваемый битовый поток, за один период работы ЦСУ ϕ бит

$\phi = 18 T_{\text{собр.}} = 5250 \text{ бит}$

6.5. Средняя интенсивность сбоев – $г$ сбоев на 2000 сообщений. Вероятность проявления сбоя при передаче 1000 сообщений равна 0,5 г. Сбой всегда самоустраняется успешно.

6.6. Средняя интенсивность отказов – $г$ отказ на 5000 сообщений. Вероятность проявления отказа при передаче 1000 сообщений равна 0,2 г. После наступления события отказ каждый из отказавших ОУ даёт увеличенное время передачи сообщений с момента отказа до окончания сеанса передачи в 20000 сообщений.

6.7. Средняя интенсивность ситуаций «абонент занят» – $г$ ситуация на 2000 сообщений. Вероятность проявления ситуаций «абонент занят» при передаче 1000 сообщений равна 0,5 г. При выходе из данной ситуации повторное сообщение посылается через 1 мсек (0,001 сек). Принимаем, что оно всегда проходит успешно. Ситуация абонент занят не «запоминается» в ОУ до конца сеанса передачи.

6.8. Средняя интенсивность «генерации» – на сеанс в 20000 сообщений $г$ или ноль случаев, Вероятность проявления генерации при передаче 1000 сообщений равна...

6.9. Число повторений сеансов по 20000 сообщений для набора статистики $B=50$

7. Задание на моделирование

Составить программу расчёта среднего времени передачи одного сообщения. Подсчитать в программе время передачи одного сообщения, 1000 сообщений, 20000 сообщений с 12 СД. привести формулы для ситуаций:

- всё работает штатно,

со сбоем,
с отказом,
с «абонент занят»,
с «генерацией».

Расчёт должен производиться в программе по исходным данным для моделирования. Результаты данного пункта помещаются в таблицу №1.

2. В программе моделирования необходимо учитывать наличие нештатных ситуаций с частотами появления в соответствии с исходными данными.

3. Переданные сообщения заносятся в счётчик сообщений и соответствующее им времени (с учетом неисправностей перечисленных типов) передачи заносится в счётчик времени. Допускается подсчёт времени вести блоками по 1000 сообщений см таблицу №2.

4. Передача сообщений проводится сеансом до тех пор пока число переданных сообщений не станет равным заданному числу **20000**. После чего сеанс считается завершённым

5. Подсчитывается среднее время передачи сообщения как частное от деления времени передачи 20000 сообщений на 20000.

Таблица №1 Время передачи 1000 сообщений по неисправностям различного вида (Формулы приведены для варианта А)

Вид неисправности	Формула времени передачи 1000 сообщений	Увеличение времени передачи 1000 сообщений
Нормальное время передачи 1000 сообщений по 12СД	$(KC+12CD+OC+12) 1000 = 292$ мсек.	
Время передачи 1000 сообщений по 12СД при сбое ОУ	$(KC+12CD+OC+12) 1000 + KC+12CD + 12.$	Однократное . система без памяти
Время передачи 1000 сообщений по 12СД при «абонент занят»	$(KC+12CD+OC+12) 1000 + KC+12CD+OC+12 + 1$ мсек	Однократное . система без памяти
Время передачи 1000 сообщений по 12СД при отказе ОУ	$(KC+12CD+OC+12) 1000 + (55 \times 2 \times (292-20) \text{ мсек}) \times (20-m + 1)$ m- номер группы из 1000 сообщений от начала сеанса из 20000 сообщений, в которой проявился отказ (определить через ДСЧ в диапазоне 1-20)	С момента появления до конца сеанса в 20000 сообщений
Увеличение времени передачи 1000 сообщений по 12СД при генерации одного из ОУ: 1. На этапе обнаружения генерации и поиска генерящего. При этом полагаем, что генерация начинается всегда по началу сеанса или не происходит в течение всего сеанса 2. На этапе после блокирования генерящего . заблокированный ОУ ведёт себя как отказавший на первой тысяче сообщений сеанса.	1. Тест МКО для обнаружения генерации: $18 \times (KC+12)$ Заблокировать все по дублирующему каналу: $18 \times (KC+OC+12)$ Ng – номер генерящего ОУ (определить через ДСЧ в диапазоне 1-20). Последовательно разблокировать ОУ: $Ng \times (KC + OC + 12)$ Опрос «дай ответное слово» для обнаружения генерящего ОУ: $Ng \times (KC+OC+12) - 12$ Блокировать Генерящий ОУ: $(KC+OC+12)$ 2. После того как обнаружен и заблокирован генерящий ОУ он себя ведёт как отказавший – не отвечает, начиная с первой 1000 со-	Этап поиска однократно После блокирования генерящего до конца сеанса в 20000 сообщений заблокированный ОУ ведёт себя как отказавший.

	<p>общений. И передача всех 20000 сообщений сеанса проходит в этих условиях $(KC+12CD+OC+12) 1000 + (55 \times 2 \times (292-20) \text{мксек}) \times (20-m + 1)$</p> <p>При м=1</p>	
--	---	--

Указания по моделированию (расчёты приведены для варианта А

1. Составить программу моделирования работы ЛВС с учетом её возможных неисправностей для определения среднего времени передачи сообщения (из 12 СД для варианта А и 9 СД для варианта В). Сеанс передачи сообщений составляет 20000 сообщений.

Для имитации появления случайных событий при передаче сообщений: сбоев, отказов и т.п. надо использовать датчик случайных чисел при значении **г=2, 1, 06, 0;4, 0,2**. С учетом того, что процесс передачи развивается по времени весь сеанс передачи (20000 сообщений) разбивается на интервалы по 1000 сообщений. Случайные события рассматриваются на интервале 1000 сообщений (для упрощения) рассматриваем дискретный процесс

2. Наличие случайных событий имитируется для каждого интервала по 1000 сообщений. Результаты заносятся в таблицу №2.

3. При этом при подсчете времени необходимо учитывать, что сбои, ситуации «абонент занят» после повторения передачи проходят без последствий с однократным на момент устранения события и завершения передачи сообщения увеличением времени передачи. Отказ ОУ «запоминается» до конца сеанса в 20000 сообщений. Т.е, после возникновения отказа все последующие сообщения на данное ОУ передаются с увеличенным (~ утроенным) временем передачи. Так для каждого отказа.

Событие «отказ ОУ» привязывается к началу соответствующего интервала из 1000 сообщений (при г=1). За время передачи 1000 сообщений каждый абонент передаёт $\frac{1000}{18}$

=55 сообщений. Поэтому время, на которое увеличивается время передачи 1000 сообщений равно $55 \times (3 \times 292 - 40)$ мксек. Здесь учитывается отсутствие двух ОС (-40 мкс) и число повторений передачи **3**.

4. Пусть событие «отказ ОУ» зафиксировано на интервале из 1000 сообщений с номером М (М меняется в диапазоне 1-20). Тогда в сеансе из **20000** сообщений время передачи увеличится на $(20-M+1) (55 \times (3 \times 292 - 40))$

5. Генерация – событие случайное и редкое. Она может быть или не быть один раз за сеанс передачи сообщений. (Надо использовать датчик случайных чисел). Номер генерирующего ОУ N меняется от 1 и определяется в диапазоне 1-18 через датчик случайных чисел. После обнаружения генерации, определения генерирующего и его блокирования данный ОУ остаётся «в отказе по каналу» до конца сеанса из **20000 сообщений**. При этом время передачи сообщений увеличивается на время поиска генерирующего ОУ, которое равно:

времени «теста МКО» + 18*Время команды заблокировать + N*(время команды разблокировать + тест МКО + время команды заблокировать) + (N-1)*время команды разблокировать.

При этом время «теста МКО» = $18 \times (KC + OC + 12 \text{мкс} - OC)$

6. Для набора статистики повторить сеанс передачи сообщений **В = 50** раз с определением среднего времени передачи сообщения.. Для 10 сеансов передачи 20000 сообщений должна быть своя таблица результатов № 2 по приведённой форме. В ней необходимо по 20000 сообщений определить среднее время передачи сообщения, его дисперсию и среднеквадратичное отклонение. В таблице должны быть отмечены получившиеся через ДСЧ неисправности по каждому виду Заполненные таблицы для 10 сеансов сеанса пе-

редачи поместить в отчёт. Результаты моделирования для оставшихся 40 сеансов поместить в табл №3

7. Поместить в отчёт среднее время передачи сообщения (из 12 СД для варианта А и 9СД для варианта В) с различной интенсивностью нештатных ситуаций $r=2, 1, 0,6, 0,4, 0,2$ и среднеквадратичное отклонение этого времени, определённого по всем В сеансам, а также среднее количество получившихся через ДСЧ неисправностей по каждому из видов по форме таблицы 3. Построить график зависимости времени передачи одного сообщения в 12СД от интенсивности неисправностей r . То же самое для сообщений в 9 СД.

Таблица №2. Подробные результаты статистического моделирования.

Номер группы в сеансе передачи М	Число сообщений в группе	Наличие сбоя сообщений в группе	Наличие «отказа» ОУ в группе	Наличие ситуации «аб. занят» в группе	Наличие ситуации генерация в сеансе передачи	Время передачи группы сообщений	Мат. Ожид. Времени Передачи сообщ.
1	1000						
2	1000						
3	1000						
4	1000						
5	1000						
6	1000						
7	1000						
8	1000						
9	1000						
10	1000						
11	1000						
12	1000						
13	1000						
14	1000						
15	1000						
16	1000						
17	1000						
18	1000						
19	1000						
20	1000						
ВСЕГО	Всего всегда сообщений 20000	Всего сбоев ~ 10	Всего отказов ~ 4	Всего абонент занят ~ 10	Всего Генераций 0 или 1 на сеанс	Суммарное время передачи 20000 сообщений	

Провести статистическое моделирование работы ЛВС с целью определения среднего времени передачи сообщений для 50 сеансов. Результаты привести в табл 3

Таблица 3 Обобщенные результаты статистического моделирования по сеансам передачи сообщений.

Номер сеанса	Число сбоев	Число абон. занят	Число отказов	Число генераций +N	Ср. время пер. сообщ.	СКО врем. передачи сообщ.

7 Определить период дискретизации системы управления

Минимально возможный период дискретизации описанной системы управления равен

$$T_{\text{мин}} = 1,7 t_{\text{обсл}} + \text{время обработки данных в компьютере}$$

$t_{\text{обсл}}$ – среднее время передачи сообщений с учетом возможных неисправностей

8.Описание ЛВС по ГОСТ Р 52070-2003 с учётом возможных неисправностей

ЛПИ ЛВС имеет шинную топологию. Доступ абонентов на ЛПИ последовательный централизованный.

Рассматриваемая локальная сеть, состоящая из N приборов, оснащенных встроенными компьютерами, имеющих оконечные устройства (ОУ), связанные с контроллером (К) линией передачи информации (ЛПИ). Эти устройства объединены в мультиплексный канал обмена (МКО).

- **Передача** информации в сети идет последовательными кодовыми посылками, которые будем называть сообщениями. Каждое сообщение состоит из нескольких слов. Длина одного слова сообщения – 20 бит. Максимальное количество слов в сообщении - 33 слова (1 командное и 32 информационных). Минимальное количество слов в сообщении – одно слово(командное). Передача сообщений от «К» к «ОУ» идет по адресу ОУ. За каждым ОУ стоит встроенный в прибор компьютер, который будем называть «абонент».

- **На ЛПИ** активный только контроллер (он встроен в ведущую ЦВМ сети), так как только он может передавать на ОУ сообщения (данные и команды) или запрашивать данные с ОУ. ОУ без команды К в линию информацию не передает, запросов не посылает и в этом смысле являются пассивными.

- **Передача** сообщений от контроллера идет с информационной обратной связью (ИОС), т.е. получив команду или данные, ОУ посылает контроллеру «ответное слово», имеющее смысл «квитанции о получении» сообщения. Если за заданное время 4-12 мкс после завершения передачи сообщения ответное слово в К не пришло, то это означает, что сообщение не передано. В этом случае, уже на системном уровне необходимо принять решение, что делать дальше. В стандарте протокола эти действия не описаны.

- **При желании** ОУ может попросить разрешения на передачу сообщения – «поднять руку». Поднятая рука это флаг (логический признак в 11 разряде ответного слова) Если К это увидит, то в его воле разрешить эту передачу или нет. Мы одушевляем эту железку с целью упрощения изложения. На самом деле эта логика жестко прописана в программном обеспечении К. Просмотр контроллером наличия запросов на передачу от ОУ необходимо специально организовать.

- **Контроллер, ОУ и ЛПИ** для надежности исходно дублированы - состоят из двух полуккомплектов. В этом отличие данной ЛВС от других, где дублирование можно организовать, но исходно его в протоколе сети нет. Благодаря этому, в данной ЛВС можно постро-

ить эффективную защиту от атаки на доступность за счет использования специальных команд К.

- **Не получив ответного слова К**, например, повторяет передачу. После того как контроллер два раза подряд повторил передачу и не получил ответного слова, он может переходить на передачу сообщения в данное ОУ по резервной линии. Если передача шла по А, то он переходит на В, если передача шла по В, то он переходит на А. Такую логику можно заложить в ПО ЦВМ контроллера. Возможна и другая логика действий при сбоях и отказах, приводящих к неполучению ответного слова в К, - вызов программы «аварийной защиты», либо игнорирования ситуации отсутствия обмена с одним из ОУ и продолжение работы с другими ОУ. Все зависит от особенностей системы, которая образует сеть. Логика защиты программируется в ЦВМ контроллера на прикладном (OSI) уровне.

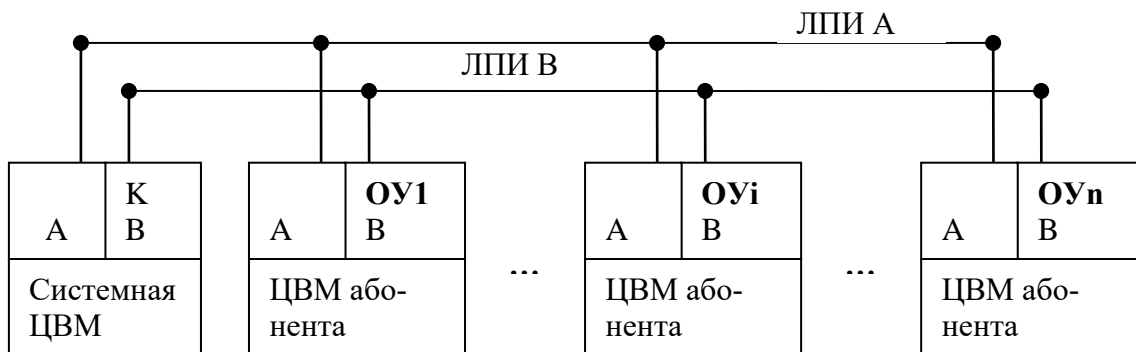
- **Упомянутый** механизм выдачи ОУ сообщений в К по собственной инициативе заключается в том, что ответное слово кодируется ОУ и содержит информацию о состоянии ОУ, абонента и т.п. Бит номер 11 ответного слова называется «запрос на сообщение». Получив этот бит значением 1, контроллер понимает, что ОУ хочет передать сообщение и принимает решение когда получить эту информацию – выдать в ОУ команду «дай информацию».

- **Проблема состоит** в том, что желание ОУ видно контроллеру только при получении им ответного слова. Поэтому забота контроллера - получать с необходимым периодом ответные слова от ОУ. В протоколе сети существует специальная команда назовем ее «дай ответное слово», выдавая которую в соответствии с логикой ПО, контроллер может прочитать бит запроса ОУ на сообщение.

- **Если ОУ не получил** от абонента информацию и не готов её передать в контроллер в ответ на команду «дай информацию», то он в ответ на команду К «дай информацию» в ответном слове ОУ сообщит признак «абонент занят» и информацию не передает. Реакция К на эту ситуацию в стандарте не зафиксирована и ее надо организовывать на программном уровне К. Например, по этому признаку контроллером выполняется та же логика с повторением обменов по А и по В. Но в случае однократного не прохождения обмена по флагу ответного слова «Абонент занят», аварийная защита К обычно не вызывается. Будем считать, что признак «Абонент занят» штатно снимается ОУ через 5 мс по мере подготовки информации абонентом. Через это время К и следует повторить запрос информации.

- **Кроме ИОС** в сети имеются другие средства защиты, например, бит четности в каждом слове сообщения, аппаратный контроль формы импульса в ОУ и К и т.п. Однако, применительно к нашей задаче их моделирование нас не интересует и мы в дальнейшем их не рассматриваем.

- **Передача сообщений** (команд и данных) может идти от «К» по ЛПИ А или по ЛПИ В, в том случае, когда соответствующие ЛПИ и полукомплекты ОУ исправны. Передача сообщений начинается всегда с попытки его выдачи по ЛПИ А (по умолчанию).



- **Самое неприятное** в шинной организации сети, что «К» либо «ОУ_i» могут «загенерить» (перейти в режим «Г») – передавать в канал ЛПИ_j***, по которому идет работа, непрерывный сигнал в течение времени $\geq 800^*$ мксек. Эта ситуация аварийная для сети в целом, так как при этом полезные сообщения от «К» ни к одному из «ОУ» в канале А или В, в котором имеется генерация не будут проходить, так же как и «К» не будет получать ответных слов от ОУ.

- **Для борьбы с такой ситуацией** предусмотрен механизм блокировки и разблокировки ОУ_i. Она возможна при передаче из К по линии свободной от генерации (А при генерации в В, либо в В при генерации в А) специальных команд на ОУ_i «разблокировать» или «заблокировать» передатчик в ОУ_i другого канала в нашем случае В или А, где есть генерация. Но для этого надо определить, где на ЛПИ А или ЛПИ В имеется генерация и найти генерирующий ОУ.

В стандарте предусмотрена аппаратная защита от генерации «таймером непрерывной передачи» в каждом ОУ и К. Однако, как показывает практика, не все отечественные производители аппаратуры ОУ выполняют этот пункт. Поэтому программная защита здесь не излишня.

Примечания:

*) 800 мксек – максимально возможная длина штатного сообщения (с ответным словом).

**) Устройства интерфейса – контроллер или ОУ.

***) $j = A, B; i \leq 32$

Анализ предметной области

Для того, чтобы заблокировать передатчик генерирующего ОУ_i и открыть, таким образом, канал ЛПИ для работы с другими ОУ, номера которых не равны i , необходимо определить какой же ОУ и на какой линии «генерит». Этот алгоритм должен исполняться из ЦВМ контроллера. Возможный пример такого алгоритма приведен ниже.

Если контроллер «К» пытается передать (поочередно) сообщение в несколько ОУ_m, ОУ_{m+1}, ОУ_{m+1} ... по одной из ЛПИ и у него это не получается ни с одним из них, то это следствие либо генерации на ЛПИ, либо обрыва ЛПИ сразу за «К», либо неисправности самого К на данной ЛПИ. Во всех этих случаях контроллер должен попробовать перейти на передачу текущего сообщения по другой ЛПИ. Однако, просто успешная передача сообщения по дублирующей ЛПИ в случае наличия «генерации» представляется недостаточной, так как выход из работы целиком ЛПИ А или В резко ухудшает надежность работы системы. Действительно, любой отказ полукомплекта ОУ_i (канала А или В ОУ_i) на действующей ЛПИ не позволяет использовать исправный второй полукомплект ОУ_i на другой ЛПИ, так как эта другая ЛПИ целиком неисправна – выведена из строя генерирующим ОУ. Операцию последовательного обращения к ОУ с простой командой типа «дай ответное слово», позволяющую обнаружить неработоспособность целиком ЛПИ А и В, **будем называть «тест» МКО**. При проведении теста МКО прекращается передача штатных сообщений по линии.

После того как обнаружена «генерация» на ЛПИ – ни один из ОУ не отвечает, для поиска генерирующего ОУ необходимо заблокировать все ОУ командой «Блокировка» на генерирующей ЛПИ. Затем поочередно разблокировать каждое ОУ и попытаться провести с ним обмен. Если обмен на генерирующей ЛПИ с текущим разблокированным ОУ не проходит – значит он «генератор».

Требования к интерфейсу с пользователем

1. Интерфейс должен позволять вводить исходные данные для моделирования в удобной форме. Задание состояния каждого ОУ сети должно отображаться в графическом виде по каналам А и В.

3.Длинное сообщение типа «дай информацию в контроллер»: команда+ОС+до32 слов сообщения $\leq 692\text{мкс}$

6.Все сообщения предаются контроллером первоначально по ЛПИ А.

Таблица состояний ОУ (полукомплектов ОУ)

Состояния задаются независимо для каждого полукомплекта ОУ (А и В). Каждое сообщение может передаваться контроллером либо в ОУА, либо в ОУВ.

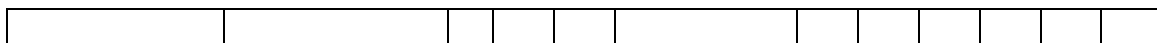
Состояние	Наличие ОС	Адреса ОУ для сообщений	Переходы в возможные состояния	Примечание
Исправен	да	-«-	Во все нижеперечисленные	
Заблокирован (А или В)	нет на заблокир. ОУ(А или В)	-«-	Разблокируется по специальной команде К по другой ЛПИ	Если ОУ на А, то по В Если ОУ на В, то по А
Неисправен (А или В)	нет на неисправ. ОУ(А или В)	-«-	Остается все время в этом состоянии	
Сбой (А или В)	нет на сбойном ОУ(А или В)	-«-	При следующем обращении исправен	
«Абонент занят»	да	Возможно	Переходит в исправное состояние через 5мс	При получении в ответном слове «Абонент занят», следующее к нему отправляется через 5мс
«Генерация» (А или В)	нет (А или В)	-«-	Блокируется по специальной команде по другой ЛПИ	Нет ответных слов от любого ОУ на данной ЛПИ
Ошибка в сообщении	нет	Адрес, установленный в сообщении, отсутствует в сети	Продолжает обмен и даёт информацию	Надо распознать сбой, отказ или неисправность адреса. Проверка адреса

Типы и форматы сообщений

Все сообщения, передаваемые в сети, имеют длину 20 бит и разделяются на три типа: командное слово, данные, ответное слово. В каждом двадцатом битном слове сообщений первые три бита – синхросигнал для вхождения в связь, а последний двадцатый бит – бит четности для контроля целостности информации.

Разрядная сетка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Командное слово	синхросигнал			Адрес ОУ					Подадрес или режим управления					Число слов данных или код команды					<i>l</i>	
Слово данных	синхросигнал			данные																<i>l</i>
Ответное	синхросигнал			Адрес ОУ					2	3	4	резерв			5	6	7	8	9	<i>l</i>

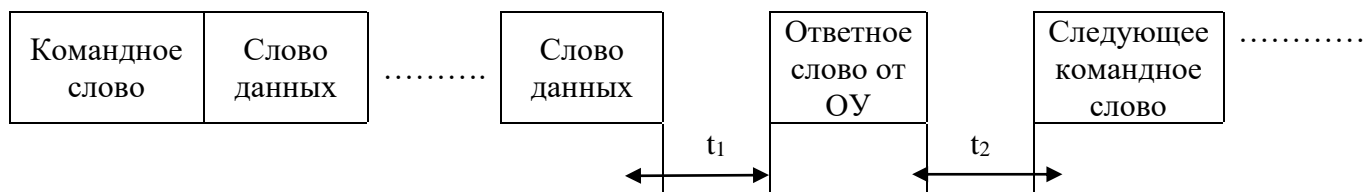
СЛОВО



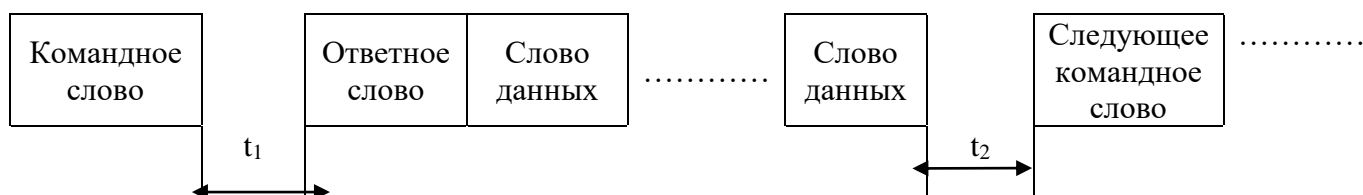
Командные слова передаются только контроллером. Здесь для ответного слова ОУ:

- 1 – бит четности,
- 2 – бит «ошибка в сообщении»
- 3 – бит «признак ответного слова»
- 4 – бит «запрос на обслуживание»
- 5 – бит «групповая команда»
- 6 – бит «абонент занят и не может ответить»
- 7 – бит «абонент неисправен»
- 8 – бит «принято управление»
- 9 – бит «неисправное ОУ»

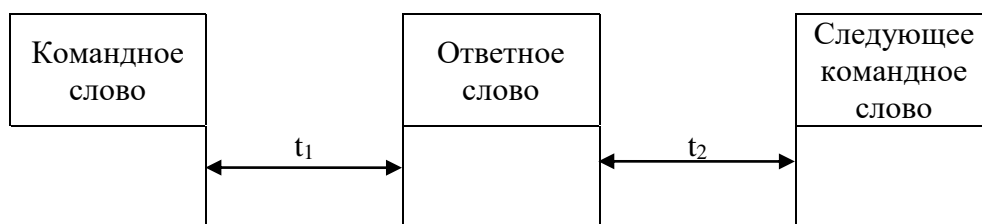
Кратко рассмотрим формат трех типов сообщений. Всего их шесть.
Формат 1 – передача данных от контроллера к ОУ



Формат 2 – запрос данных от ОУ в контроллер



Формат 4 – передача от контроллера в ОУ команды управления.



Кроме этих форматов существует формат группового сообщения, формат передачи данных от ОУ к ОУ, но только по команде контроллера и т.п.

Пауза t_1 формируется ОУ после полученного сообщения и должна быть 4-12 мсек. Отсутствие ответного слова через $t_1 > 12$ мсек воспринимается контроллером как неполучение ОУ направленного ему сообщения. Пауза t_2 формируется контроллером и должна быть не менее 4 мсек.

Максимальное число слов данных в сообщении равно 32.