

Контроль холодных нитей светофорных ламп



А. Б. Никитин,
доктор техн. наук,
профессор, руководитель
Центра компьютерных
железнодорожных
технологий, заместитель
зав. кафедрой «Автоматика
и телемеханика на железных
дорогах», Петербургский
государственный
университет путей
сообщения (ПГУПС)



А. Н. Ковкин,
канд. техн. наук, доцент
каф. «Автоматика
и телемеханика
на железных дорогах»,
ПГУПС

Для самодиагностики железнодорожных светофоров и своевременного обнаружения отказавших ламп разработана импульсная схема контроля холодной нити. Это техническое решение предназначалось для системы микропроцессорной централизации МПЦ-МПК, схема была интегрирована в состав силового модуля управления светофорными лампами. Аппаратура прошла лабораторные испытания и подтвердила свою работоспособность.

Современные тенденции развития железнодорожной автоматизации предполагают существенное расширение функциональных возможностей систем [1]. Важнейшим качеством любой новой системы является максимально широкая реализация функций, связанных с самодиагностикой. Одна из таких функций — возможность контроля состояния выключенных светофорных ламп, или, как принято говорить, контроля холодных нитей. Это особенно актуально в связи с тем, что надежность ламп накаливания, применяемых в железнодорожных светофорах, значительно ниже надежности других устройств железнодорожной автоматизации (срок службы лампы при номинальном напряжении не превышает 2000 ч) [2]. Наличие функции контроля холодных нитей позволяет своевременно обнаруживать отказавшие лампы и дает возможность существенно сократить задержки в движении поездов, вызываемые отказами устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ).

В релейных системах железнодорожной автоматизации для контроля холодных нитей используются двухобмоточные огневые реле. При погашенной светофорной лампе в цепь включена высокоомная обмотка огневого реле, что позволяет контролировать целостность цепи без разогрева нити лампы. В системах электрической централизации (ЭЦ) данное решение имеет ограниченное применение (лампы красного огня входных светофоров) [3]. Это объясняется сложностью централизованного контроля состояния ламп светофоров, удаленных на значительное расстояние от поста ЭЦ; сложность обусловлена шунтирующим действием емкости кабельной линии и индуктивности первичной обмотки сигнально-

го трансформатора. Кроме того, применение огневых реле является весьма нежелательным в современных микропроцессорных системах, использующих бесконтактную аппаратуру сопряжения с объектами [1].

Иной подход к решению проблемы реализуется в импульсных схемах контроля холодной нити. Работа импульсной схемы основана на подаче в кабельную линию коротких импульсов напряжения (тестирующих импульсов) и контроле электрических параметров в цепи (напряжения или тока) во время воздействия каждого импульса. Важным преимуществом импульсной схемы контроля, заложенным в самом принципе работы, является низкая чувствительность к шунтирующему действию индуктивности намагничивания сигнального трансформатора, поскольку достаточно короткий импульс напряжения не способен вызвать существенный ток через индуктивную составляющую в цепи светофорной лампы. Следует также отметить, что при правильном выборе параметров импульсов можно значительно снизить шунтирующее влияние емкости кабельной линии. И наконец импульсная схема контроля может быть построена исключительно на бесконтактных элементах, что делает ее пригодной к использованию в современных системах автоматизации.

Принципы импульсного контроля холодной нити

Ключевым вопросом при построении импульсной схемы контроля холодной нити является выбор временных параметров тестирующих импульсов. Слишком длинный импульс будет вызывать существенное нарастание тока через индуктивность намагничивания сигнального трансформатора, а значит, шун-

тирующее влияние сигнального трансформатора будет мешать обнаружению оборванной нити. Кроме того, при значительном увеличении длительности импульса возможна кратковременная подсветка светофорной лампы, что противоречит требованиям безопасности.

Определяющим фактором в отношении безопасности является энергия тестирующего импульса. Поэтому чем больше амплитуда импульса, тем меньше должна быть его длительность. Чрезмерно короткий импульс будет полностью поглощаться емкостью кабельной линии, что также будет мешать обнаружению обрыва в цепи светофорной лампы. Кроме того, при укорочении импульса значительно снижается помехоустойчивость схемы контроля. Это объясняется тем, что в результате проникновения посторонних сигналов через емкость кабеля в контролируемой цепи могут возникать импульсы, соизмеримые по временным и электрическим параметрам с импульсами напряжения, формируемыми схемой контроля.

Интервал следования тестирующих импульсов также имеет большое значение для правильной работы импульсной схемы контроля. Минимальный интервал определяется требованиями безопасности. Важно, чтобы среднеквадратичное значение напряжения на лампе, возникающего под воздействием импульсов, не превышало порог свечения нити. При этом надо учитывать,

что воздействие тестирующих импульсов может суммироваться с воздействием посторонних сигналов, проникающих в контролируемую цепь через емкость кабеля. Таким образом, очевидно, что тестирующие импульсы должны иметь высокую скважность. Минимальный период следования импульсов будет прямо пропорционален длительности импульса и его амплитуде.

Кроме того, должна учитываться максимальная длина контролируемой цепи, поскольку от этого параметра непосредственно зависит величина напряжения, возникающего в результате действия посторонних сигналов. Слишком большой интервал следования тестирующих импульсов также нежелателен, потому что в этом случае увеличивается время обнаружения обрыва нити, особенно если в целях повышения помехоустойчивости используется статистическая обработка сигналов и решение об исправности нити принимается по результату анализа реакции схемы в течение нескольких тестирующих импульсов.

Импульсная схема контроля холодной нити является составной частью систем, обеспечивающих безопасность движения поездов. Функция контроля исправности выключенной светофорной лампы непосредственно не связана с безопасностью. Поэтому основным требованием к схеме контроля является отсутствие опасного влияния на работу системы автоматики и, в частности, на

работу самого напольного объекта (светофорной лампы). В связи с этим при разработке схемы контроля холодной нити основной практической задачей является исключение возможности повышения энергии тестирующего импульса и уменьшения интервала следования импульсов при возникновении отказов элементов схемы. Возможный путь решения этой проблемы — использование источников питания с низким напряжением и конденсаторных схем формирования импульсов с большой постоянной времени цепи заряда.

Импульсная схема контроля холодной нити

Рассматриваемая в данной статье импульсная схема контроля холодной нити построена с учетом изложенных выше принципов. На рис. 1 приведена схема контроля в упрощенном виде (показаны только те элементы, которые имеют принципиальное значение для понимания работы). На рис. 2 изображены временные диаграммы, поясняющие функционирование схемы.

Тестирующие импульсы в схеме на рис. 1 имеют следующие временные параметры: длительность импульса равна 5 мс, интервал следования составляет 200 мс. Формирование тестирующих импульсов в данной схеме осуществляется путем периодического разряда на линию предварительно заряженного конденсатора (C2). Заряд конденсатора осуществ-

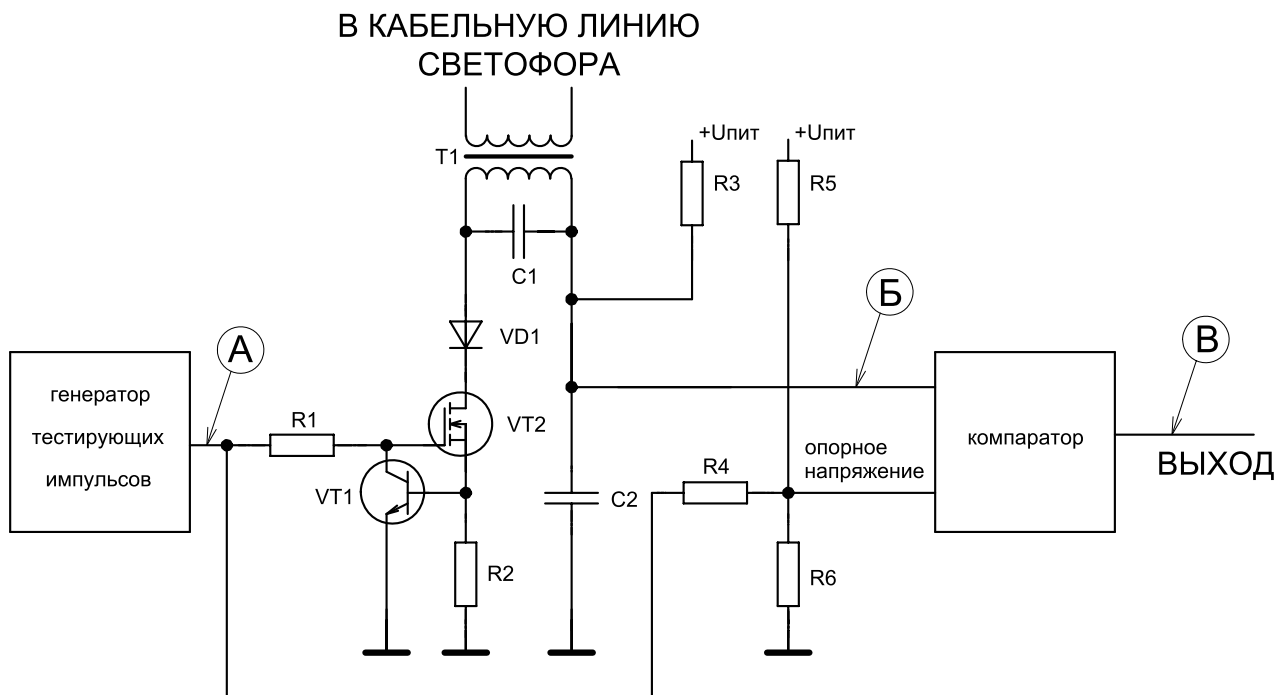


Рис. 1. Импульсная схема контроля холодной нити

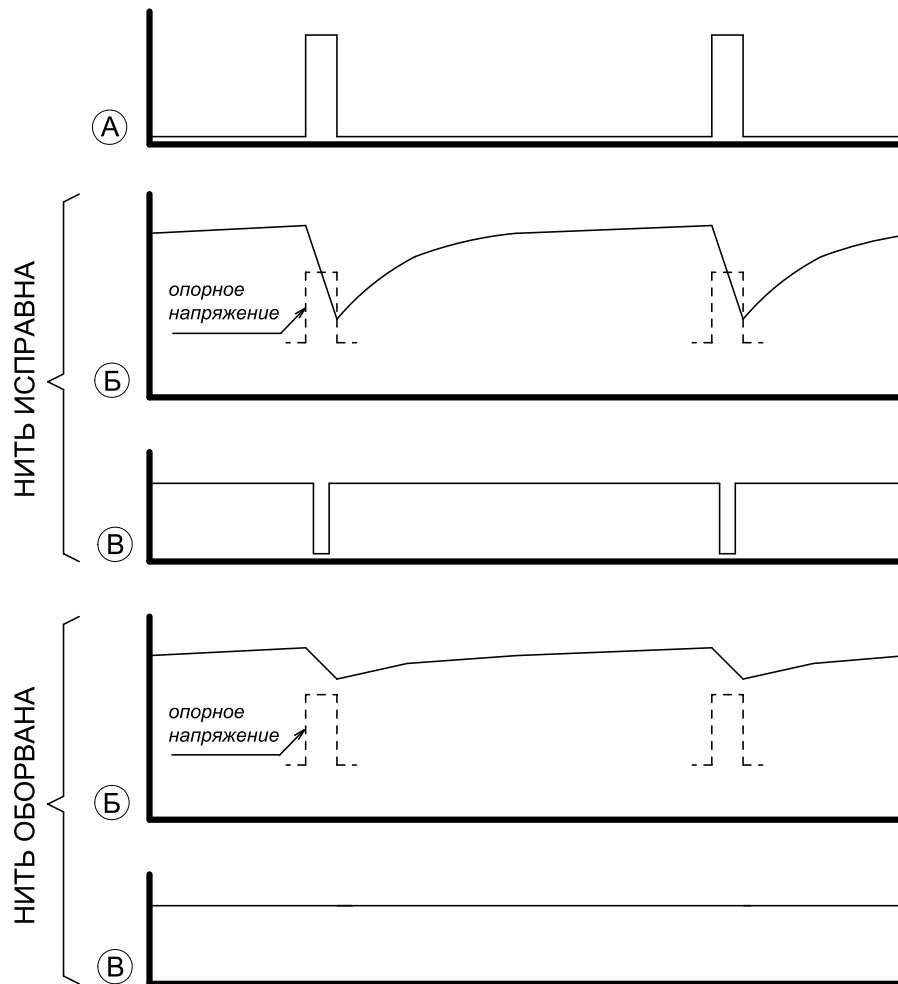


Рис. 2. Временная диаграмма работы импульсной схемы контроля холодной нити

вляется от источника питания (+Упит) напряжением 24 В через резистор (R3). Разряд конденсатора на линию происходит при открытии транзистора (VT2), который получает управляющий сигнал от генератора тестирующих импульсов через резистор (R1). Связь разрядной цепи с линией светофора осуществляется через разделительный трансформатор (Т1) для того, чтобы исключить объединение линий ламп разных светофоров через источник питания контрольных схем. Энергия импульса в данной схеме ограничена напряжением источника питания и емкостью конденсатора (С2) и не может увеличиться выше определенного предела, даже если генератор тестирующих импульсов вследствие отказа увеличит длительность управляющих сигналов. Минимальный интервал следования импульсов определяется постоянной времени зарядной цепи. Если вследствие отказа генератора тестирующих импульсов интервал управляющих сигналов сократится, конденсатор не будет успевать заряжаться и энергия импульсов резко снизится. Таким образом, исключается опасное воздействие импульсной кон-

трольной схемы на светофорную лампу при отказе элементов.

Состояние нити определяется путем контроля уровня напряжения на конденсаторе в процессе разряда с помощью компаратора. опорное напряжение для компаратора формируется делителем напряжения на резисторах (R5, R6). Если нить исправна, конденсатор разряжается ниже уровня опорного напряжения компаратора и на выходе последнего формируются импульсы (в рассматриваемой схеме компаратор формирует отрицательные импульсы). При оборванной нити в линии светофора остается только индуктивная составляющая, разряд конденсатора будет незначительным, импульсов на выходе схемы не будет. Емкость линии не оказывает существенного влияния на работу схемы, так как ее величина на порядок меньше емкости конденсатора (С2). Поскольку контролируется напряжение на конденсаторе, а не ток разряда, схема является малочувствительной к воздействию помех, что особенно важно в связи с наличием влияния соседних цепей через емкость кабеля. Следует обратить

особое внимание на то, что данная схема не отключается от линии светофора при включении светофорной лампы. Чтобы рабочее напряжение в линии светофора не шунтировалось контрольной схемой, последовательно с транзистором (VT2) включен диод (VD1) и реализована схема ограничения тока. В результате одна полувольтна рабочего напряжения задерживается диодом, а другая полувольтна ограничивается транзистором (VT2). Резистор (R2) и транзистор (VT1) образуют датчик тока, который шунтирует цепь затвора транзистора (VT2), если ток в цепи превышает установленное значение. Такое решение не только дает возможность обеспечить совместимость контрольной схемы с цепью работающей светофорной лампы, но и повышает помехоустойчивость, поскольку за счет ограничения тока не позволяет короткому импульсу помехи разрядить конденсатор (С2) при оборванной нити лампы.

Остальные элементы (рис. 1) предназначены для улучшения показателей работы схемы. Конденсатор (С1) образует резонансный контур с индуктивностью,

присутствующей в линии вследствие наличия сигнального трансформатора. За счет резонансного контура сводится к минимуму изменение напряжения на конденсаторе (C2) при оборванной нити лампы. Резистор (R4) обеспечивает понижение опорного напряжения компаратора и прекращение формирования сигнала на выходе после окончания тестирующего импульса. Это позволяет получить более высокую стабильность временных параметров сигнала на выходе схемы, что облегчает его дальнейшую обработку.

Следует отметить, что для реализации предложенной схемы контроля не требуется дефицитных компонентов. Генератор тестирующих импульсов и компаратор выполнены на основе операционных усилителей широкого применения LM358 (отечественный аналог — КР1040УД1). В качестве транзистора (VT2) использованы широко распространенные МОП-транзисторы фирмы International Rectifier, также имеющие отечественные аналоги.

Обработка сигналов на выходе схемы контроля холодной нити

Рассмотрим вопросы, касающиеся обработки сигналов на выходе импульсной схемы контроля.

Очевидно, что сигнал, снимаемый с компаратора, должен подаваться на устройство, фиксирующее наличие или отсутствие импульсов. В зависимости от области применения данной схемы такое устройство может быть реализовано различными способами. При использовании контрольной схемы в микропроцессорных системах автоматики задачу контроля наличия импульсов целесообразно возложить на программное обеспечение, которое позволит легко реализовать статистическую обработ-

ку импульсов. Это обеспечит надежную работу схемы контроля при значительном удалении светофора, когда помехоустойчивость, обеспеченная схемными решениями, может оказаться недостаточной. Блок-схема алгоритма для статистической обработки приведена на рис. 3 и 4.

Особенностью алгоритма является минимальное использование ресурсов микроконтроллера. Основной алгоритм статистической обработки требуется выполнять один раз в 1 мс, что оставляет микроконтроллеру достаточно свободного времени для решения других задач. В результате выполнения алгоритма отсеиваются короткие импульсы (менее 1 мс), а также импульсы любой длительности, если период их следования превышает 250 мс. Для достоверного определения длительности импульсов необходимо опрашивать состояние выхода компаратора не реже, чем один раз в 100 мкс. Для этого используется короткий вспомогательный алгоритм, содержащий минимум операций, — алгоритм фиксации нулевых отсчетов. Основным алгоритм статистической обработки осуществляет обработку результатов, полу-

ченных в процессе периодического выполнения вспомогательного алгоритма. Для выполнения указанных алгоритмов в оперативной памяти микроконтроллера предусматривается ряд регистров, имеющих следующие условные наименования:

- «регистр отсчетов»: обеспечивает фиксацию нулевых отсчетов, обнуляется в каждом цикле основного алгоритма;
- «регистр памяти»: обеспечивает сохранение информации о количестве нулевых отсчетов в текущем цикле для анализа в следующем цикле;
- «регистр выдержки»: обеспечивает отсчет выдержки времени после выявления очередного импульса, в течение которой должен появиться следующий импульс;
- «регистр накопления»: предназначен для накопления положительных (или отрицательных) промежуточных результатов тестирования;
- ячейка «результат»: ячейка памяти, в которую записывается окончательный результат тестирования, получаемый путем оценки состояния регистра накопления.

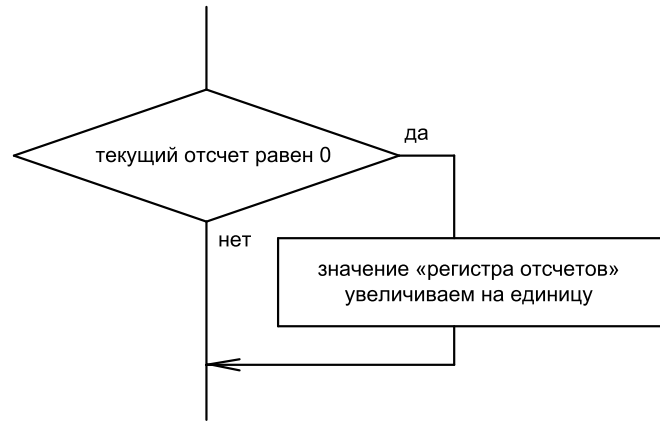


Рис. 3. Алгоритм фиксации нулевых отсчетов

BOMBARDIER
the evolution of mobility

ПРОИЗВОДИТ И ПОСТАВЛЯЕТ
МИКРОПРОЦЕССОРНУЮ
ЦЕНТРАЛИЗАЦИЮ

МПП
EB1 Lock 950

**Сигнализация
Централизация
Бомбардье**

ООО «Бомбардье
Транспортейшн
(Сигнал)»
129344, Москва,
ул. Летчика Бабушкина,
вл. 1, стр.2
Тел.: (495) 925-53-70
факс (495) 925-53-75
www.ru.bombardier.com

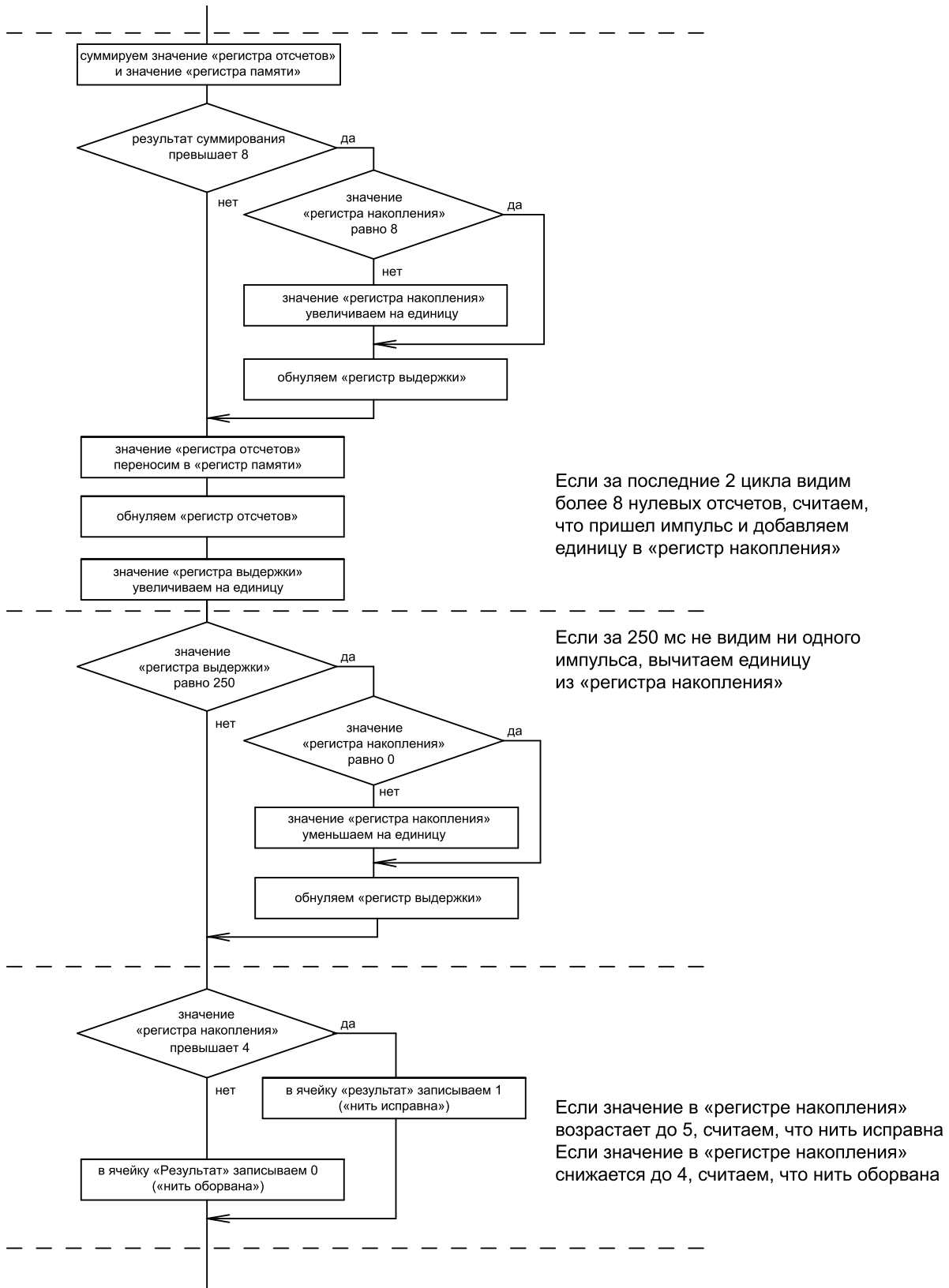


Рис. 4. Основной алгоритм статистической обработки



Литература

- Сапожников Вл. В. и др. Микропроцессорные системы централизации: учеб. для техникумов и колледжей железнодорожного транспорта / под ред. Вл. В. Сапожникова. М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. 398 с.
- Котляренко Н. Ф., Шишляков А. В., Соболев Ю. В. и др. Путевая блокировка и авторегулировка: учеб. для вузов / под ред. Н. Ф. Котляренко. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1983. 408 с.
- Кононов В. А., Лыков А. А., Никитин А. Б. Основы проектирования электрической централизации промежуточных станций: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / под ред. В. А. Кононова. М.: УМК МПС России, 2002. 316 с.