

Коваленко Н.Р.

бакалавр, Белорусский Государственный Университет Информатики и
Радиоэлектроники, Минск, Беларусь

Шпак И.И.

кандидат технических наук, доцент, Белорусский Государственный
Университет Информатики и Радиоэлектроники, Минск, Беларусь

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ЗА СЧЁТ УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЖЕНИЕМ ЕГО ОСИ

В современных условиях автомобильный транспорт и целый ряд преимуществ, которые обеспечиваются благодаря наличию автомобилей, воспринимаются как само собой разумеющееся. Для реализации в полной мере всех преимуществ и удобств, предоставляемых развитой транспортной инфраструктурой, переизбытком общественного, личного, и особенно грузового автотранспорта, необходимо, однако, обязательное выполнение важнейшего условия для безопасного управления транспортными средствами – обеспечение возможности останова этих средств в случае необходимости, т.е. их торможения.

Тормозные системы, используемые в автомобильном транспорте, являются важнейшей подсистемой для обеспечения безопасности как самого водителя, пассажиров, перевозимого груза, так и собственно транспортного средства.

Традиционные (механические) тормозные системы, хотя и достаточно эффективны, имеют свои ограничения, особенно в условиях экстренных ситуаций. Одним из таких ограничений является зависимость эффективности торможения от опыта водителя. Так, при недостатке такового, одновременно следить за траекторией движения, объектами на пути, скоростью и состоянием колёс представляется слишком сложной, часто вовсе невыполнимой задачей.

При внезапном возникновении аварийной ситуации водитель может испугаться и нажать на педаль тормоза сразу до упора, что, в свою очередь, приведёт к передаче максимального тормозного усилия на колесо и, с высокой вероятностью, заблокирует его.

Такое развитие событий ещё больше усложняет ситуацию, что особенно критично в случае транспортных средств, обладающих высокой инерционностью, т.е. для грузового автотранспорта.

Следующей проблемой механических тормозов является их ограниченность в области использования фрикционных материалов. Так, например, пневматические тормозные системы обеспечивают эффективное торможение при большей, чем у гидравлических, силе прижатия [1], однако время их срабатывания уступает гидравлическим системам.

Решением обозначенной проблемы является разработка электронного блока управления [2], который позволяет значительно ускорить время срабатывания, благодаря замене среды передачи – с воздушной на электронную, которая обладает гораздо большей скоростью передачи сигналов.

Стремительные изменения в технологическом прогрессе привели к разработке интеллектуальных систем, предназначенных для повышения эффективности тормозной системы и снижения риска возникновения опасных ситуаций.

Так, системы АБС, впервые появившиеся в конце XX века, представляют собой интегрированные решения, направленные на предотвращение блокировки колес во время торможения [2]. В последние десятилетия эта технология стала стандартом безопасности в современных автомобилях.

Одним из путей решения обозначенной в [2] проблемы является разрабатываемая система автоматического торможения оси транспортного средства.

Актуальность разработки заключается в необходимости, учитывая современные рыночные и геополитические обстоятельства, создания системы торможения отечественного производства для замены аналогичных импортных решений.

Созданная система осуществляет контроль: давления в тормозных камерах; скорости колёс; степени износа тормозных колодок; процессов торможения на скоростях выше 10 км/ч. Проводится самодиагностика, а при обнаружении отклонений от требуемых значений контролируемых параметров, система полностью передаёт управление процессом торможения водителю. Она также осуществляет связь с блоком управления системой электронных тормозов и блоком управления приборной панелью посредством шинного интерфейса CAN.

Для выполнения своих функций система должна обеспечивать:

1 Прием и обработку входных сигналов с внешних датчиков частоты вращения колес.

2 Измерение давлений в пневматических каналах с помощью встроенных датчиков давления.

3 Прием и обработку сигналов с внешних датчиков износа тормозных колодок, работающих на замыкание электрической цепи.

4 Выдачу управляющих воздействий в виде прямоугольных импульсов на катушки электромагнитных клапанов.

5 Выдачу и прием информации по шине CAN интерфейса в соответствии со стандартом SAE J1939.

6 Управление давлением в подключенных тормозных камерах при помощи встроенных электромагнитных клапанов.

7 Диагностику элементов системы в режиме непрерывного контроля.

8 Устойчивость к кондуктивным помехам по цепям питания и к переполусовкам.

Для реализации указанных функций была разработана структурная схема системы управления торможением оси, представленная на рисунке 1.

Процесс запуска и самодиагностики системы можно описать следующим образом:

поворот водителем ключа зажигания обеспечивает подачу к разъёмам системы напряжения питания 24В;

данное напряжение преобразовывается с целью снижения мощности, потребляемой системой и подаётся на блок управления, начинается инициализация системы;

осуществляется диагностика датчиков и управляемых устройств;

при обнаружении неисправностей, система не может далее выполнять свои функции, переходит в режим прямой передачи управления водителю – работает «насквозь» и сообщает о наличии неисправностей по CAN шине либо с помощью блока индикации;

в случае успешного прохождения самодиагностики блок управления переводит систему в рабочий режим и «ожидает» начала движения транспортного средства. В рабочем режиме периодически выполняется повторная диагностика всех узлов системы, чтобы удостовериться в её способности исправно выполнять заданные функции.

Информацию о скорости автомобиля блок управления получает путём обработки сигнала, поступающего с датчиков частоты вращения колёс (ДЧВК), а также по CAN шине от блока управления панели приборов и, при необходимости, от двигателя. При достижении водителем скорости, превышающей 10 км/ч система, начинает оказывать активную помощь водителю при торможении.

Параллельно этому процессу система собирает информацию о давлении в тормозных камерах (в процессе движения оно должно быть равным атмосферному), получаемую от датчиков давления; состоянии тормозных колодок, износ которых определяется замыканием датчика износа на массу по мере ухудшения состояния колодок.

При экстренном торможении значительное усилие на педаль тормоза может вызвать блокировку колес. Сила сцепления шин с дорожным покрытием при этом резко ослабевает, и водитель теряет управление автомобилем, если периодически не отпускает педаль тормоза.

Система управления торможением оси призвана обеспечить постоянный контроль за силой сцепления колес с дорогой, и соответственно регулировать в каждый момент тормозное усилие, прилагаемое к каждому колесу управляемой оси. [3]

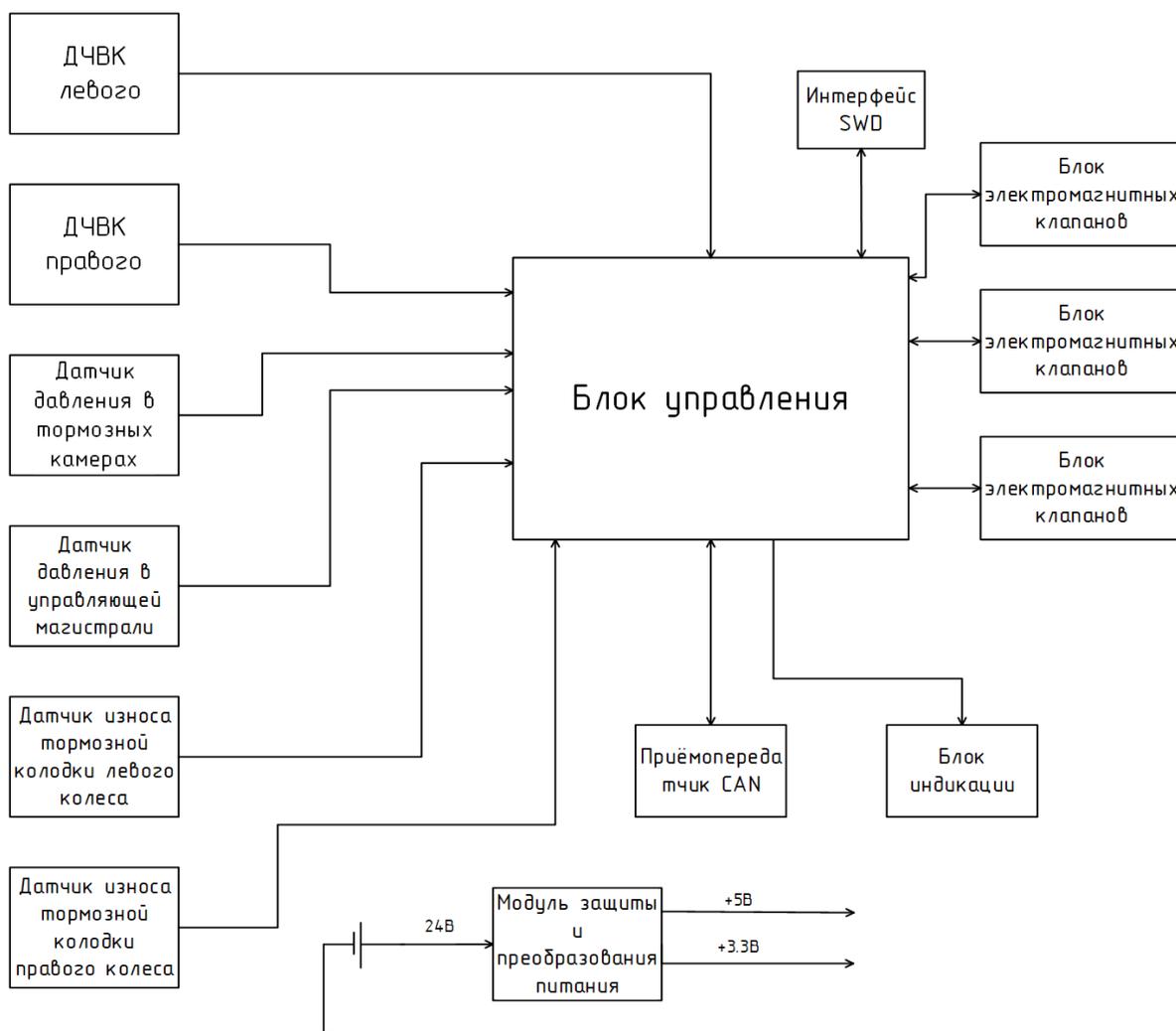


Рисунок 1 – Схема электрическая структурная системы

Для обеспечения этого функционала, нажатие педали тормоза, приводящее к изменению давления в управляющей магистрали, подаёт сигнал системе о начале процесса торможения. Система «отсекает» управляющую магистраль от клапанов управления давлением и регулирует их работу в автоматическом режиме.

Блок управления осуществляет замеры текущей скорости вращения колес, оценку реальной скорости автомобиля, расчет проскальзывания колес, ограничение или снижение соответствующего тормозного давления при росте проскальзывания колеса, и поддерживает связь с блоком управления системой электронных тормозов для согласования процесса торможения и получения дополнительной информации, в т.ч. об ускорении транспортного средства. Для поддержания тормозного давления включается клапан отсечки, для снижения тормозного давления одновременно включаются клапана отсечки и выпуска.

На основе рассмотренной структурной схемы системы была разработана её схема электрическая функциональная, проведен выбор

функциональных узлов [4] и разработана схема электрическая принципиальная.

Блок управления в системе реализован на основе микроконтроллера STM32F042C6T6, который отвечает за получение и обработку поступающих сигналов, а также выработку и передачу управляющих воздействий на электромагнитные клапана, и обмен по шине CAN [5].

Выбранный тип контроллера пользуется большой популярностью в мире благодаря доступной цене, стабильности параметров, большому количеству информационных ресурсов с активным сообществом разработчиков и широкой поддержкой производителя [6].

Основными компаниями, производящими чувствительные элементы для измерения давления, являются NXP, Honeywell, Amphenol.

Разрабатываемая система требует, однако, с одной стороны компактного размера для установки в корпус блока управления, а с другой – обеспечение достаточной точности измерений в заданных диапазонах.

В результате изучения существующих датчиков, руководствуясь удобством монтажа без дополнительных соединений, диапазоном рабочих температур, напряжением питания и точностью, комплектация изделия позволяет использовать чувствительные элементы с типом корпуса SIP/Unibody. Данный тип корпуса позволяет размещать датчики непосредственно на корпусе блока управления, что в свою очередь позволит использовать более прочные и надёжные, по сравнению с гибкими трубками, каналы для измерения давления, отлитые непосредственно в корпусе блока управления.

Несмотря на меньшее энергопотребление и десятикратно большую точность, датчик фирмы Honeywell является менее предпочтительным, так как данная точность, являясь избыточной, неизменно ведёт к росту цены датчика, которая отличается в два-пять раз в зависимости от просматриваемого каталога.

Важным периферийным модулем является фильтр сигнала, поддерживающий указанную производителем точность. В случае использования датчика NSCSSNN150PAUNV необходим фильтр бóльших порядков для снижения уровня влияния помех на показания датчика с указанной точностью до пренебрежимо малых величин, что в свою очередь увеличивает количество дискретных элементов, а вместе с тем – сложность, стоимость и занимаемое на печатной плате место.

В качестве датчика частоты вращения колеса используется АДЮИ.407111.007 отечественного производства. Однако, его сигнал обладает большим размахом, при маленьких зазорах между ним и зубчатым ротором, и требует преобразований для безопасного восприятия контроллером. Для этого проектируется дифференциальный усилитель с фильтром и пороговое устройство на основе операционного усилителя LM2902DTBR2G.

В качестве микросхемы контроля за питанием выбрана TPS16630PWPR. Данный компонент защищает дальнейшую цепь от превышения потребления тока, контролирует уровень напряжения на входе и не позволяет дальнейшей цепи работать при недостаточном либо избыточном напряжении, пороги которого можно задавать с помощью внешнего резистивного делителя.

Для реализации разработанной системы была выбрана современная элементная база, и проведён расчёт функциональных узлов. Поэтапно были разработаны алгоритм работы блока управления, приведённый на рисунке 2, и программное обеспечение для микроконтроллера.

Обоснованный выбор конструктивных элементов позволяет успешно решать задачи обеспечения требований по электромагнитной совместимости, сокращению массы и габаритов конечного изделия, обеспечению достоверного и постоянного выполнения своих функций в заданных режимах эксплуатации при различных температурах в течение определённого времени. В некоторых случаях правильно подобранные конструктивные элементы вкуче с правильным расположением позволяют повысить ремонтпригодность путём упрощения доступа и процессов монтажа и демонтажа отдельных элементов.

Основными критериями при выборе элементов послужили: температурный диапазон, частота работы (где применимо), предельные значения тока и напряжения, потребляемая мощность и габаритные размеры.

Для начала разработки ПП в среде Altium designer необходимо осуществить выбор элементной базы, используя онлайн-библиотеку Manufacturer part search. Затем реализовать принципиальную схему средствами программного пакета, осуществить размещение элементов схемы на плате и спроектировать топологию печатных проводников.

Так, например, гнёзда подключения питания и электронные ключи сгруппированы отдельно в связи с большими протекающими токами и, как следствие, необходимостью рассеивать увеличенное количество тепла вокруг микросхем.

Отдельно расположена чувствительная к помехам аналоговая часть схемы, представленная датчиками давления и пассивными компонентами, служащими целям защиты и фильтрации.

В правой части платы расположена цепь защиты и преобразования питания, которая является второй по количеству выделяемой тепловой энергии. Такое расположение позволяет распределить локализацию источников тепла по всей площади платы.

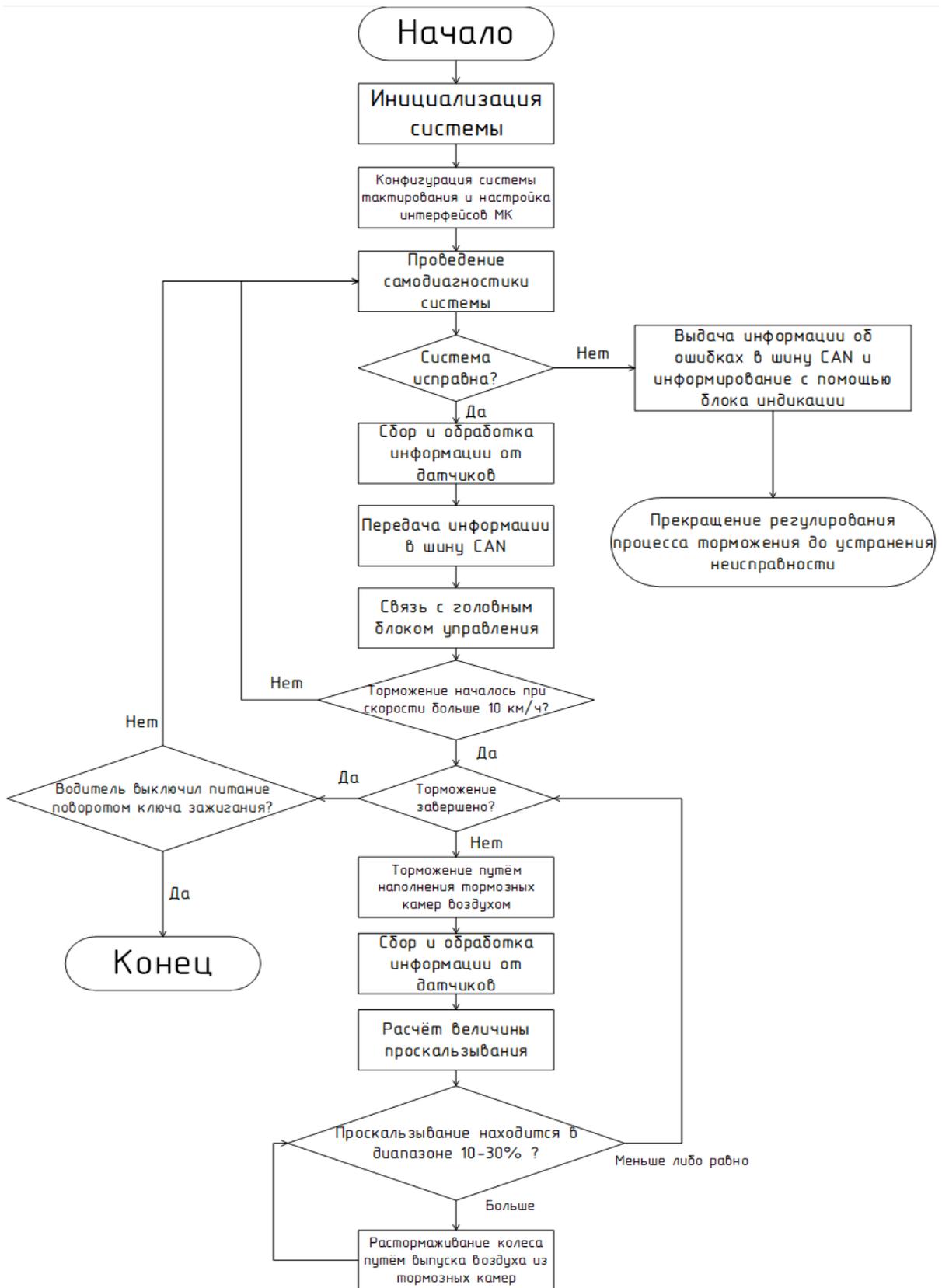


Рисунок 2–Схема алгоритма работы

обеспечивает возможность использовать автоматические сборочные линии для повышения эффективности производства [7].

Разработанная система автоматического управления торможением оси транспортного средства, будучи использованной в качестве подсистемы общей электронной тормозной системы, позволяет существенно повысить эффективность торможения автотранспорта, и тем самым обеспечить безопасность пассажирских и, особенно, грузовых перевозок. Спроектированная система может быть отнесена к одной из первых попыток создания отечественных разработок, не уступающих по функционалу и эффективности зарубежным аналогам [8].

В данный момент система находится на стадии проведения испытаний макетного образца и готовится к внедрению на предприятия автомобильной промышленности РБ и РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДрайвНН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drivenn.ru/journal/novosti/3-prichiny-pochemu-na-gruzovikah-tormoza-pnevmaticheskie-a-ne-gidravlicheskie-id31600>. Дата доступа: 10.12.2023
2. Драйв ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drive.ru/technic/4efb331400f11713001e38cb.html>. Дата доступа: 10.12.2023
3. Легковые автомобили: учебник / Е.Л. Савич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. — 758 с.: ил. — (Высшее образование: Бакалавриат).
4. Выбор микроконтроллера. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tech-geek.ru/choosing-microcontroller/>. Дата доступа: 13.12.2023
5. Спецификация микроконтроллеров STM серии STM32F042. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/500/DOC025500093.pdf>. Дата доступа: 13.12.2023
6. Рекомендации по выбору микроконтроллера [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/micros/micros.htm>. Дата доступа: 13.12.2023.
7. Информационный портал «Первоисточник» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://syktyvkar.1istochnik.ru/news/81398>. Дата доступа: 27.12.2023.
8. Информационный портал фирмы Wabco [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wabco-customercentre.com/catalog/docs/8150800153.pdf>. Дата доступа: 27.12.2023.