

УДК 621.396.6.019.3

КОММУНИКАЦИОННЫЙ ИНТЕРФЕЙС CAN В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

С. Ю. ЗМИТРОВИЧ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

В статье проведён краткий анализ интерфейса CAN в сельскохозяйственной технике. Приведены дополнительные меры безопасности по протоколу CAN-FD для повышения надёжности связи.

Ключевые слова: коммуникационный интерфейс, интерфейс CAN

Современная автотракторная техника разрабатывается с учетом применения блоков электронного управления, связанных между собой, в основном, цифровым коммуникационным интерфейсом CAN. Благодаря чему реализуется огромный функционал по управлению различными агрегатами. Целью данной статьи является обзор применяемого интерфейса CAN в сельскохозяйственной технике.

CAN (Controller Area Network) [1] - коммуникационный интерфейс, предназначенный для сбора, анализа и контроля данных с устройств и датчиков включенных в сеть. Шина передачи CAN является широкополосной. Из этого следует, что каждое устройство этой сети может "прослушивать" передаваемые по ней данные. Интерфейс CAN представлен двухпроводной витой парой, по которой передаётся дифференциальный сигнал по линиям CAN_H/CAN_L.

На рис.1 представлена условная сеть CAN, состоящая из нескольких узлов (2,3,5), подсоединённых к сигнальным линиям CAN_H/CAN_L витой пары (4). Чтобы уменьшить влияние отражения сигнала в шине, которое вызывается несоответствием импеданса между шиной CAN и драйвером, используется терминирование шины нагрузкой в 120 ом (1,6) на оконечных узлах.

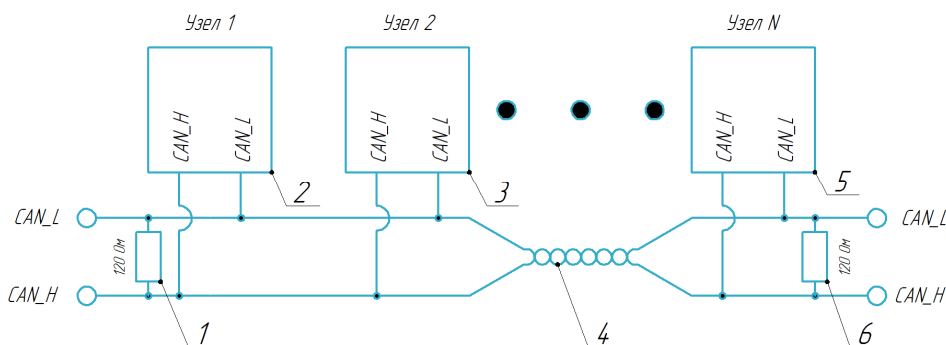
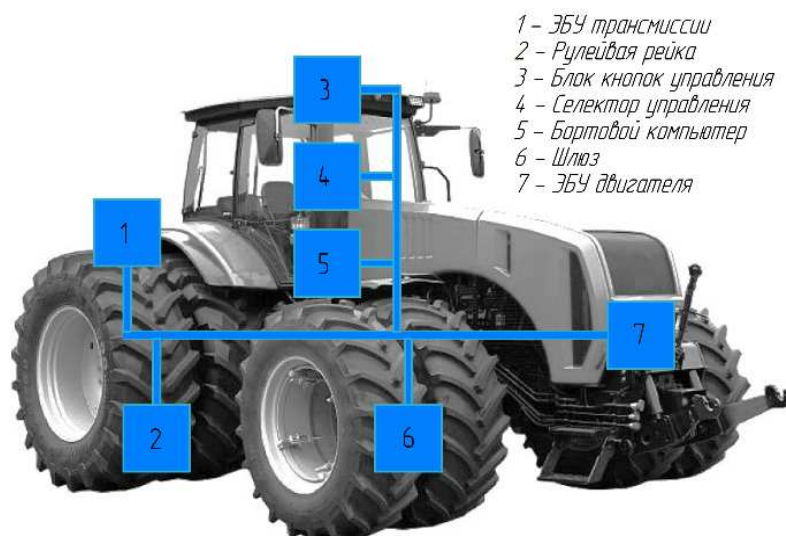


Рисунок 1. – Представление сети CAN



- 1 - ЭБУ трансмиссии
- 2 - Рулевая рейка
- 3 - Блок кнопок управления
- 4 - Селектор управления
- 5 - Бортовой компьютер
- 6 - Шлюз
- 7 - ЭБУ двигателя

Рисунок 2. – Пример подсети CAN

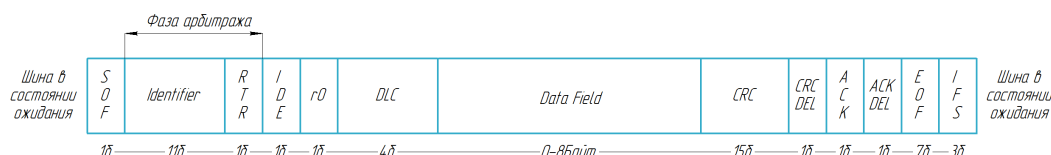
Для управления различными группами ответственных агрегатов разрабатывают их собственные подсети, которые соединяют через шлюзы с другими сетями или объектами управления. Например, такой подсетью может быть система управления автоматизированной коробкой передач трактора, представленная на рис.2.

Данная подсеть состоит из следующих узлов:

- электронный блок управления (ЭБУ) трансмиссии, управляющий работой коробки передач;
- ЭБУ двигателя;
- рулевая рейка;
- блок кнопок управления, для включения режимов коробки передач;
- селектор выбора передач;
- бортовой компьютер для отображения состояния трансмиссии;
- шлюз соединения с внешней сетью.

Рассмотрим передачу данных по CAN. На рисунке 3 представлены форматы кадров передаваемых сообщений в сетях CAN стандарта 2.0В (CAN2.0В).

Стандартный кадр



Расширенный Кадр

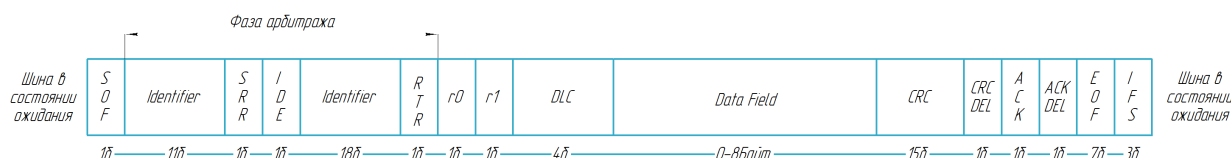


Рисунок 3. – Кадр сообщения CAN интерфейса

В то время, когда по шине не передаются сообщения, она находится в режиме ожидания (Idle). Состояния на линиях передачи данных CAN-H/CAN-L принимают рецессивное значение (логическая «1»). Кадр включает следующие части:

SOF (Start Of Frame) — стартовый бит, принимающий доминантное значение (логический «0»), уведомляющий о начале передачи кадра;

Identifier(ID) - идентификатор сообщения, по которому остальные узлы в сети CAN распознают сообщение. По последней спецификации 2.0В, длина идентификатора может варьироваться в зависимости от выставленного бита IDE в пределе двух значений: 11 бит (стандартный размер) и 29 бит (расширенный размер);

SRR (Substitute Remote Request) – бит кадра с расширенным ID, принимающий рецессивное значение. В арбитраже между стандартным и расширенным кадром, рецессивное значение SRR гарантирует передачу стандартного кадра;

RTR (Remote Transmission Request) - бит запроса кадра. Используется, если узлу необходимы данные от другого узла в сети с ID, указанным в кадре. При использовании данного вида кадра узлом данные не передаются, DLC равен предполагаемой длине поля данных;

IDE (ID Extended) – бит, указывающий, какой формат ID кадра используется: расширенный «1» или стандартный «0»;

r0 - резервный бит, доминантный в стандартном кадре, рецессивный в расширенном;

r1 - резервный бит, рецессивный в расширенном кадре;

DLC (Data Length Code) - поле, указывающее на длину передаваемых данных, размерностью в 4 бита (0 до 8 Байт);

Data - поле передаваемых данных;

CRC (Cyclic Redundancy Check) - циклический избыточный код, контрольная сумма основных переданных данных, таких как ID, RTR, DLC, Data;

CRC DELL - бит-разделитель в рецессивном состоянии;

ACK - слот подтверждения кадра, в котором выставляется бит любым устройством, принявшим данный кадр;

ACK DELL - бит-разделитель в рецессивном состоянии;

EOF (End Of Frame) - конец кадра, семь последовательных рецессивных битов;

IFS (Interframe Space) - разделитель между кадрами.

Так как шина CAN является широковещательной, возникает вероятность одновременной передачи сообщений разными устройствами. Для решения этой проблемы разработчики CAN реализовали алгоритм арбитража — побитовой проверки передаваемых данных. Суть заключается в том, что приоритет отдаётся тому сообщению, в котором поле арбитража имеет наименьшее значение, что продемонстрировано на рисунке 4.

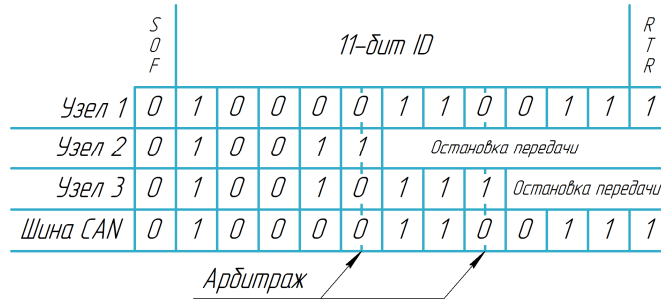


Рисунок 4. – Принцип арбитража сообщений CAN

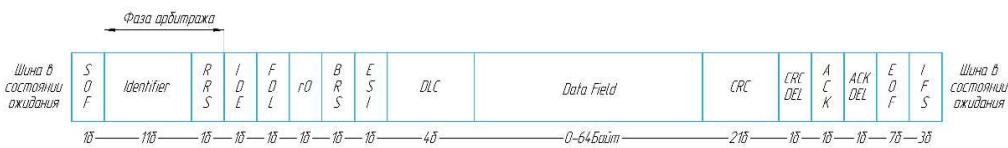
В сетях автотракторной электроники используются CAN в следующих скоростных вариациях:

- 1 125 кбит/с;
- 2 250 кбит/с;
- 3 500 кбит/с;
- 4 1 Мбит/с;

В связи с увеличивающимся из года в год количеством данных, передаваемых по интерфейсу CAN, и большой нагрузкой на сеть произошла итерация в жизни интерфейса, именуемая как CAN-FD [2] (Controller Area Network Flexible Data-Rate). Скорость передачи данных увеличилась до 5Мбит/с (максимальная скорость поддерживаемая большинством трансиверов), что позволило увеличить объёмы передаваемых сообщений в сети и снизить ее загруженность. В то же время интерфейс CAN-FD имеет обратную совместимость с классическим CAN. Это означает, что устройства с CAN-FD могут быть сконфигурованы для работы в сети CAN. Однако стоит отметить, что передача в одной сети сообщений форматов CAN-FD и CAN не поддерживается и может привести к неработоспособности сети.

Рассмотрим изменения в кадре CAN-FD.

Стандартный кадр



Расширенный Кадр

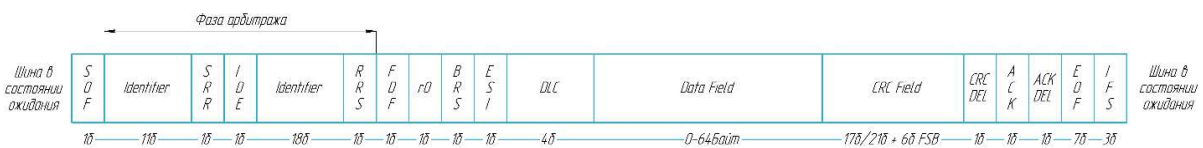


Рисунок 5. – Кадр сообщения CAN-FD интерфейса

Для оповещения сети, что следующим кадром передаются данные CAN-FD, используется резервный бит «r0» стандартного и расширенного кадров, который в кадре CAN-FD именуется как FDF (Flexible Data-Rate Frame) или EDL (Extended Data Length). В то же время в кадрах CAN-FD не предпола-

гается, что будут производиться запросы на получение данных, поэтому бит RTR не устанавливается и переименовывается в RRS (Remote Request Substitution). Устройства в сети способны передавать данные на двух скоростях, для уведомления, какая скорость будет использоваться при передаче конкретного кадра используется бит BRS (Bit Rate Switching). Далее следует бит ESI (Error state indicator), для уведомления сети о состоянии активной ошибки узла. На рисунке 5 представлен кадр CAN-FD.

Количество данных, передаваемых кадром в сети CAN-FD увеличилось до 64 Байт. В таблице 1 представлены изменения поля DLC при указании длины передаваемых данных.

Таблица 1. – Поле DLC

Бит BRS	Кол-во байт	Длина передаваемых данных (DLC)			
		DLC3	DLC2	DLC1	DLC0
«0»	0-8	Согласно CAN2.0B			
«1»	12	«1»	«0»	«0»	«1»
«1»	16	«1»	«0»	«1»	«0»
«1»	20	«1»	«0»	«1»	«1»
«1»	24	«1»	«1»	«0»	«0»
«1»	32	«1»	«1»	«0»	«1»
«1»	48	«1»	«1»	«1»	«0»
«1»	64	«1»	«1»	«1»	«1»

В протокол CAN-FD были введены дополнительные меры безопасности для повышения надёжности связи. Достичь этого удалось посредством увеличения размера поля контрольной суммы CRC с 15 бит до 17-21 (в зависимости от размера передаваемых данных в кадре), использования фиксированных битов заполнения FSB (Fixed Stuff Bits) со значением, противоположным предыдущему биту, добавления 3-битного счётчика битов FSB в формате кода Грея и бита чётности.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.can-cia.org/can-knowledge/classical-controller-area-network-can>
2. <https://www.can-cia.org/can-knowledge/can-fd-the-basic-idea>