

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ АВТОМОБИЛЯ

МОИСЕЕВ Е. А.

*(Белорусско-Российский университет;
г. Могилев, Республика Беларусь)*

Диагностирование электрических цепей современного автомобиля – это многоступенчатый процесс, требующий понимания физики электрических процессов, умения читать схемы и навыков работы с измерительным оборудованием. Неисправности в электрических цепях автомобиля могут проявляться по-разному: от полного отказа узла до плавающей ошибки. Успешный поиск базируется на трех китах: базовых измерениях, визуальном осмотре и логическом анализе схемы.

Выбор измерительного инструмента определяет глубину и скорость диагностики и поиска неисправности.

Мультиметр является основным инструментом, объединяющим функции вольтметра, амперметра и омметра. Современные цифровые мультиметры компактны, удобны и позволяют быстро производить измерения.

Контрольная лампа хоть и является простейшим диагностическим устройством, не теряет актуальности и в настоящее время. Контрольная лампа позволяет быстро проверить наличие напряжения в цепи, целостность электрических цепей под нагрузкой.

Осциллограф – используется для диагностики сложных электронных систем, позволяя наблюдать форму сигнала в реальном времени, является незаменимым прибором при работе с цифровыми шинами данных (CAN, LIN) и сигналами датчиков (ДПКВ, ДПРВ). Только осциллограф способен визуализировать кратковременные провалы питания, дребезг контактов или искажение формы цифрового сигнала.

Электрическое оборудование современного автомобиля насчитывает десятки исполнительных устройств – от ламп освещения до электромагнитов (соленоидов) и электродвигателей. Управление этими нагрузками всё чаще осуществляется не через реле и предохранители, а через интеллектуальные силовые ключи.

Диагностирование электрических цепей современных автомобилей использующих интеллектуальные силовые ключи с использованием простейшего измерительного оборудования, без использования системного подхода часто приводит к лишним затратам.

До недавнего времени поиск большей части неисправностей в электрических цепях производилась в следующей последовательности: визуальный осмотр и сбор информации; проверка обесточенных цепей, проверка цепей под напряжением, поиск утечки тока. Такой алгоритм поиска неисправностей занимает много

времени и не всегда приводит к положительным результатам. Поэтому современные автомобили широко используют интеллектуальные системы, которые сами сообщают о возникающих неисправностях.

Характерным представителем таких устройств является микросхема MC33888, представляющая собой комбинацию четырёх верхних (high-side) и восьми нижних (low-side) MOSFET-ключей с единым SPI-интерфейсом.

Микросхема MC33888 представляет собой интегрированный силовой коммутатор, предназначенный для использования в автомобильных электронных системах. Изделие выполнено в виде единого корпуса, внутри которого объединены два кристалла: силовой с четырьмя дискретными верхними MOSFET-транзисторами и управляющий, содержащий восемь нижних драйверов. Управление, конфигурирование и диагностика осуществляются через 16-битный SPI-интерфейс, что позволяет микроконтроллеру полностью контролировать состояние всех 12 выходных каналов.

Независимо от сложности электроники, в любой электрической цепи возникают три базовых типа отказов (см. таблицу 1).

Таблица 1. – Виды отказов электрических цепей

Тип неисправности	Внешнее проявление	Пример для MC33888
Обрыв	Нагрузка не работает, ток отсутствует	«Open Load» – выход отключён, но напряжение на нагрузке отсутствует
Короткое замыкание	Предохранитель перегорает, нагрев проводов	Ток превышает ILIM, срабатывает ограничение или отключение
Повышенное сопротивление	Нагрузка работает слабо, греются контакты	Падение напряжения на ключе больше нормы (но без явного КЗ)

Классические методы диагностики (измерение напряжения под нагрузкой) остаются основой, но для сложных блоков, таких как MC33888, их недостаточно – требуется анализ цифровых сигналов. Микросхема MC33888 имеет встроенные средства диагностики, которые позволяют обнаруживать все виды отказов, возникающих как в электрических цепях, так и в цепях управления (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Встроенные средства диагностики

Событие	Диагностика
1	2
Обрыв нагрузки (Open Load)	High-side выходы (HS0...HS3): обнаруживается в выключенном состоянии, если на выходе сохраняется высокий уровень. Low-side выходы (LS4...LS11): обнаруживается при выключенном выходе, если напряжение на выходе падает ниже порога.
Перегрузка по току (Overcurrent)	High-side выходы: двухуровневое ограничение – пиковый ток) на время (40–100 мс), затем снижение до удерживающего тока. Low-side выходы: при токе большем (500 мА для LS5/LS7/LS9/LS11, 800 мА для LS4/LS6/LS8/LS10) запускается таймер (70–250 мкс). По истечении таймера выход отключается.

Окончание таблицы 2

1	2
Перегрев (Over temperature)	Каждый ключ имеет независимую защиту. При температуре более 150 °С выход отключается. Для high-side ключей включение восстанавливается автоматически после охлаждения. Для low-side – требуется команда на выключение и повторное включение.
Перенапряжение (Overvoltage)	При напряжении питания более 27 В или менее 6 В все выходы отключаются. При восстановлении напряжения до нормального уровня состояние регистров восстанавливается, при условии, что напряжение не снижалось ниже 5 В.

Как видно из таблицы 2 данная реализация управления электрическими нагрузками позволяет существенно сократить время на определение типа неисправности. Анализируя SPI-протокол для диагностики вместо длительной проверки каждой линии проводов и проверки реле, инженер может: менее чем за секунду считать SPI-статус и получить точный ответ о возможных неисправностях всех подключенных линий; проверить цепи прямого управления без разборки блока; проконтролировать ток нагрузки через цепь, не разрывая ее. Однако для успешной диагностики необходимо понимать протокол SPI и адресацию регистров.

Представленная информация может быть адаптирована для любых других интеллектуальных ключей. Главный принцип остаётся неизменным: встроенная диагностика – самый быстрый путь к локализации дефекта, но она требует правильного инструмента и умения интерпретировать цифровые данные.