

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПОДКЛЮЧЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Ли Шуцзя¹, Пэй Цзясинь²

¹Международный инженерный институт Шэньянского политехнического университета
и Томского политехнического университета, группа-22180301,
e-mail: azhi0226@mail.ru

²Международный инженерный институт Шэньянского политехнического университета
и Томского политехнического университета, группа-22180501,
e-mail:azhi0226@163.gmail.com

Аннотация: Надежность механических систем интеллектуальных подключенных автомобилей имеет решающее значение для эксплуатационных характеристик автомобилей. Надежность трансмиссии, тормозной и рулевой систем необходимо глубоко анализировать с помощью таких методов, как FMEA и FTA. На примере Tesla Model S изучается надежность электропривода, ЕВА и EPS, а также предлагаются стратегии оптимизации.

Ключевые слова: интеллектуальные подключенные автомобили; надежность механических систем; анализ неисправностей

1. Введение

Интеллектуальные подключенные автомобили являются продуктом промышленной интеграции и становятся направлением развития транспорта. Технический прогресс повышает интеллектуализацию автомобилей и многостороннее взаимодействие, хотя это полезно для транспорта, но предъявляет более высокие требования к надежности механических систем. Поэтому анализ надежности механических систем интеллектуальных подключенных автомобилей имеет решающее значение.

2. Методы анализа надежности механических систем

2.1. Теория анализа надежности

Теоретическая основа имеет ключевое значение при анализе надежности интеллектуальных подключенных автомобильных механических систем. FMEA и FTA являются широко используемыми методами: FMEA выявляет потенциальные неисправности и их последствия и способствует раннему вмешательству; FTA показывает события и причины неисправности с помощью логического дерева, что облегчает понимание причин неисправности [1]. Сочетание этих двух систем обеспечивает всесторонний анализ надежности механических систем и обеспечивает высокую надежность и безопасность на протяжении всего жизненного цикла [2].

2.2. Создание модели надежности

Математическая модель надежности основана на теории вероятностей и математической статистике для прогнозирования поведения при отказе. Базовая модель имеет экспоненциальное распределение $R(t) = e^{-\lambda t}$ и подходит для компонентов без заметного износа. Для механических систем процесс износа и старения описывается с помощью логарифмического распределения или логарифмического нормального распределения [2]. Для механических систем обычно используются более сложные модели, такие как распределение Вейбура или логарифмическое нормальное распределение. Модель надежности каскадной системы: $R_{series}(t) = \ln R_i(t)$, параллельная система $R_{parallel}(t) = 1 - \ln(1 - R_i(t))$. Доступность в стационарном состоянии $A = \lambda + \mu$, если учесть возможность восстановления системы. Для точного описания надежности механических систем интеллектуальных подключенных автомобилей может потребоваться внедрение модели Маркова или байесовской сети.

3. Анализ надежности механических систем интеллектуальных подключенных автомобилей

3.1. Анализ надежности системы силового привода

Распознавание режима отказа и оценка надежности имеют ключевое значение в интеллектуальной подключенной системе трансмиссии автомобиля. Tesla Model S использует пе-

редовую технологию электропривода, аккумулятор рассчитан на длительный срок службы и низкую скорость деградации. Tesla идентифицирует режимы отказов с помощью постоянного мониторинга и анализа данных (например, BMS контролирует состояние аккумуляторных блоков) и использует прогнозные модели для оценки надежности, предоставляя владельцам точные рекомендации по техническому обслуживанию. При этом обновления программного обеспечения постоянно оптимизируют производительность и надежность.

3.2. Анализ надежности тормозной системы

Tesla Model S использует электронную систему усилителя тормозов (ЕВА), которая обладает преимуществами быстрого отклика и простоты обслуживания по сравнению с традиционными гидравлическими тормозными системами. Согласно записям технического обслуживания, предполагается, что за 100 000 км пробега частота отказов тормозной системы составляет 0,5 %, то есть около 1 из 200 автомобилей столкнется с неисправностью. Анализ с использованием функции надежности $R(t) = e^{(-\lambda t)}$, где $\lambda = 0,005$ неисправности / (автомобиль $\times$ км). Подсчитано, что после 10 000 километров пробега Tesla Model S надежность тормозной системы составляет около 97,5 %.

3.3. Анализ надежности системы рулевого управления

Tesla Model S имеет электроусилитель руля (EPS), который обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными системами. Неисправности его системы рулевого управления включают в себя отказ усилителя, отказ электронного блока управления и датчиков, а частота отказов связана со сроком службы и пробегом автомобиля. Предполагая, что частота отказов составляет 1 % на 100 000 транспортных средств, то есть 1 отказ на 1000 транспортных средств, частота отказов λ составляет около 0,00167 отказов / (автомобиль $\times$ месяц). По оценкам, надежность рулевой системы Tesla Model S после 60 месяцев езды составляет около 98 %.

Заключение

Tesla Model S основывается на инновациях в системах силы, торможения и рулевого управления, опираясь на передовые электронные управления и интеллектуальные технологии. В будущем интеллектуальные подключенные автомобильные механические системы будут в большей степени зависеть от этой технологии, необходимо обратить внимание на надежность и безопасность, изучать новые материалы, стратегии проектирования и обслуживания для повышения производительности и конкурентоспособности.

Список литературы

1. Ли Мэнжэнь, Ху Панхуэй, Янь Шисяо. Применение диагностики неисправностей в механических системах автомобильных двигателей // China Equipment Engineering. – 2023. – № 23. – С. 181–182.
2. Цинь Цинь. Исследование ключевых технологий электронно-механического торможения автомобилей // Электронные технологии и программная инженерия. – 2022. – № 13. – С. 162–165.