№5 зертханалық жұмыс
Электромобильдің ECU электрондық басқару блоктары арасындағы CAN шинасы арқылы деректер алмасуды зерттеу

1. Жұмыстың мақсаты
Электромобильдің электрондық басқару блоктары (ECU) арасындағы CAN (Controller Area Network) шинасы арқылы ақпарат алмасу принциптерін зерттеу, CAN хабарламаларының құрылымын талдау, деректерді декодтау және байланыс ақауларының басқару жүйесіне әсерін тәжірибе жүзінде анықтау.
Зертханалық жұмыс нәтижесінде студенттер:
- Электромобильдің BMS, VCU, Inverter, ABS, Thermal ECU және Dashboard блоктарының қызметін түсінеді;
- CAN хабарламаларының идентификаторын (CAN ID), деректер ұзындығын (DLC) және деректер өрісін (Data) ажыратады;
- CAN хабарламаларын қабылдау, сүзгілеу және декодтау принциптерін меңгереді;
- CAN арбитражын және хабарламалардың басымдығын зерттейді;
- CAN шинасының жүктемесін, деректер алмасу жиілігін және байланыс ақауларын талдайды;
- Басқару блоктары арасындағы байланыстың бұзылуы электромобиль жұмысына қалай әсер ететінін анықтайды.

2. Теориялық мәліметтер
2.1. Электромобильдегі CAN шинасы
CAN (Controller Area Network) — электрондық басқару блоктарының өзара деректер алмасуына арналған тізбекті байланыс технологиясы.
Қазіргі электромобильде әртүрлі функцияларды орындайтын бірнеше электрондық басқару блогы қолданылады. Мысалы, аккумуляторды басқару жүйесі батареяның күйін бақылайды, ал көлік құралын басқару блогы алынған ақпарат негізінде электркозғалтқыштың жұмысын басқарады.
CAN шинасы осы блоктардың ортақ байланыс желісі арқылы ақпарат алмасуына мүмкіндік береді.

2.2. ECU Электромобильдің электрондық басқару блоктары
Зертханалық жұмыста алты электрондық басқару блогының жұмысы модельденеді.

Басқару блогы	Атқаратын қызметі
BMS (Battery Management System)	Аккумулятор заряды, температурасы және кернеуі туралы ақпарат береді

VCU (Vehicle Control Unit)	Басқа блоктардан алынған деректер негізінде электромобильдің жұмысын басқарады
Inverter	VCU командасы бойынша қозғалтқыш моментін басқарады және қозғалтқыш күйін хабарлайды
ABS ECU	Тежеу жүйесінің күйі мен дөңгелек жылдамдығы туралы ақпарат береді
Thermal ECU	Аккумуляторды салқындату жүйесінің сорғысы мен желдеткішін басқарады
Dashboard ECU	Көлік параметрлерін көрсетеді және өзінің белсенділік хабарламасын жібереді

2.3. CAN хабарламасының құрылымы

CAN желісінде ақпарат жеке хабарламалар — CAN кадрлары (CAN frames) түрінде беріледі.

Зертханалық жұмыста келесі өрістер қарастырылады:

Өріс	Түсіндірмесі
CAN ID	Хабарламаның идентификаторы және арбитраждағы басымдығын анықтайтын мән
DLC	Деректер өрісінің ұзындығын көрсететін код
Data	Берілетін ақпараттың байттары
Timestamp	Хабарламаның тіркелген уақыты

3. Жұмысты орындау тәртібі

3.1. Зертханалық модельді іске қосу

Зертханалық жұмыс интерактивті веб-қосымшада орындалады.

Қолданылатын модель:

EV CAN Communication Laboratory — Version 2.0

1. Жоғарыдағы сілтеме арқылы HTML файлын жүктеңіз.
2. Файлды Google Chrome немесе Microsoft Edge браузерінде ашыңыз.
3. Ашылған терезеден EV CAN Communication Laboratory 2.0 тақырыбын табыңыз.
4. Six ECUs on one virtual CAN bus бөліміндегі басқару блоктарының орналасуын қарастырыңыз.
5. Әр блоктың CAN ID идентификаторын анықтаңыз.
6. Start simulation батырмасын басып, модельді іске қосыңыз.

CAN хабарламаларын зерттеу

Веб-қосымшада Әр тапсырма соңында Learn бөлігін оқып, түсініп, қорытуға тырысыңыз!

1-тапсырма. BMS және VCU арасындағы деректер алмасу

1. Reset all батырмасын басыңыз.
2. BMS бөлімінен аккумулятордың бастапқы параметрлерін қараңыз: SOC = 75%, Temperature = 30 °C, Voltage = 360 V.
3. Send BMS once батырмасын басыңыз.
4. CAN traffic monitor бөлімінен 0x101 идентификаторымен жіберілген хабарламаны табыңыз.
5. Хабарлама жолын басып, CAN frame inspector бөлімінен оның деректерін қараңыз.
6. DLC, Data hex және декодталған SOC, температура, кернеу мәндерін жазып алыңыз.

2-тапсырма. Басқару блоктары арасындағы үздіксіз байланыс

1. Start simulation батырмасын басыңыз.
2. CAN traffic monitor бөліміндегі хабарламаларды бақылаңыз.
3. 0x101, 0x181, 0x201, 0x211, 0x301, 0x401 және 0x501 идентификаторларын табыңыз.
4. Әр хабарламаның қай блоктан жіберілетінін анықтаңыз.
5. Қозғалтқыш жылдамдығының графигіндегі өзгерісті бақылаңыз.

3-тапсырма. Акселератор педалі және қозғалтқыш моменті

1. Модель жұмыс істеп тұрғанына көз жеткізіңіз.
2. VCU бөлімінен Accelerator pedal параметрін 80%-ға өзгертіңіз.
3. Torque command мәнін бақылаңыз.
4. Inverter бөлімінен Applied torque және Motor speed мәндерін қараңыз.
5. VCU командасы мен Inverter жауабының арасындағы байланысты түсіндіріңіз.

Электромобильдің қауіпсіздік алгоритмдерін зерттеу

4-тапсырма. Аккумулятордың қызып кетуі

1. BMS бөлімінен Battery temperature параметрін 65 °C-қа өзгертіңіз.
2. VCU күйін бақылаңыз.
3. Torque command мәнінің 0 Nm болғанын тексеріңіз.
4. CAN monitor арқылы BMS хабарламасының берілуін бақылаңыз.
5. Температура жоғарылағанда қозғалтқыш моментінің не себепті шектелетінін түсіндіріңіз.

5-тапсырма. Аккумулятор зарядының төмендеуі

1. Battery temperature мәнін 30 °C-қа қайтарыңыз.
2. State of charge параметрін 5%-ға өзгертіңіз.
3. VCU күйін және Torque command мәнін бақылаңыз.
4. Алынған нәтижені 4-тапсырмамен салыстырыңыз.

6-тапсырма. Тежеу сигналының әсері

1. SOC мәнін 75%-ға қайтарыңыз.
2. Accelerator pedal мәнін 60%-ға орнатыңыз.
3. Brake pressed параметрін іске қосыңыз.
4. Torque command мәнінің өзгеруін бақылаңыз.
5. Тежеу сигналының қозғалтқышты басқару алгоритміне әсерін түсіндіріңіз.

CAN хабарламаларын сүзгілеу және байланыстың үзілуін зерттеу

7-тапсырма. CAN ID сәйкессіздігі

1. Brake pressed параметрін өшіріңіз.
2. BMS бөліміндегі Transmit CAN ID мәнін 101-ден 102-ге өзгертіңіз.
3. Шамамен 2 секунд күтіңіз.
4. CAN traffic monitor бөлімінен хабарламалардың қабылдану нәтижесін қараңыз.
5. VCU бөлімінде BMS TIMEOUT хабарламасының пайда болуын бақылаңыз.
6. BMS хабарлама жіберіп тұрса да, VCU оны неге қабылдамайтынын түсіндіріңіз.

8-тапсырма. CAN шинасының ажыратылуы

1. BMS CAN ID мәнін 101-ге қайтарыңыз.
2. Байланыстың қалпына келуін күтіңіз.
3. CAN bus connected параметрін өшіріңіз.
4. 2 секундтан кейін VCU және Inverter күйлерін бақылаңыз.
5. CAN traffic monitor бөліміндегі хабарламалардың нәтижесін зерттеңіз.
6. Байланыс үзілген жағдайда ескі деректерді пайдаланудың қауіптілігін түсіндіріңіз.

9-тапсырма. Inverter ақауын модельдеу

1. CAN bus connected параметрін қайта іске қосыңыз.
2. Inject inverter fault параметрін қосыңыз.
3. 0x301 идентификаторымен берілетін хабарламаны табыңыз.
4. Декодталған Fault сигналын бақылаңыз.
5. VCU қозғалтқыш моментін қалай өзгертетінін анықтаңыз.

10-тапсырма. CAN кадрларын декодтау және сақтау

1. Inverter ақауын өшіріңіз.
2. CAN monitor бөлімінен 0x101, 0x201, 0x301 хабарламаларын таңдаңыз.
3. Әр хабарламаның DLC және Data hex мәндерін жазып алыңыз.
4. Декодталған физикалық шамалармен салыстырыңыз.
5. Export CSV батырмасы арқылы CAN хабарламаларының журналын сақтаңыз.

ECU Басқару блоктарының өзара әрекеттесуін зерттеу

11-тапсырма. ABS жүйесінің іске қосылуы

1. Reset all батырмасын басып, модельді қайта іске қосыңыз.
2. Accelerator pedal мәнін 60%-ға орнатыңыз.
3. ABS / Brake ECU бөлімінен ABS intervention параметрін іске қосыңыз.
4. CAN monitor бөлімінен 0x181 хабарламасын табыңыз.
5. ABS active сигналының мәнін бақылаңыз.
6. VCU Torque command мәнінің 0 Nm-ге төмендеуін тексеріңіз.
7. ABS іске қосылған кезде VCU неліктен қозғалтқыш моментін шектейтінін түсіндіріңіз.

12-тапсырма. Аккумуляторды салқындату жүйесінің жұмысы

1. ABS intervention параметрін өшіріңіз.
2. BMS температурасының мәнін 50 °C-қа өзгертіңіз.
3. CAN monitor бөлімінен 0x211 хабарламасын табыңыз.
4. Cooling request сигналының күйін анықтаңыз.
5. 0x401 хабарламасын таңдап, Pump және Fan сигналдарын бақылаңыз.
6. BMS, VCU және Thermal ECU блоктарының өзара байланысын түсіндіріңіз.

13-тапсырма. Салқындату жүйесіндегі ақау

1. Battery temperature мәнін 50 °C деңгейінде қалдырыңыз.
2. Thermal ECU бөлімінен Inject cooling pump fault параметрін іске қосыңыз.
3. 0x401 хабарламасындағы Pump fault сигналын бақылаңыз.
4. VCU күйін және Torque command мәнін тексеріңіз.
5. Салқындату жүйесіндегі ақау қозғалтқышты басқаруға қалай әсер ететінін түсіндіріңіз.

CAN протоколының жұмыс принциптерін зерттеу

14-тапсырма. CAN арбитражын зерттеу

1. CAN protocol explorer бөліміне өтіңіз.
2. Бірінші идентификаторды 101, екіншісін 301 етіп орнатыңыз.
3. Run arbitration батырмасын басыңыз.
4. Қай идентификатордың басымдығы жоғары екенін анықтаңыз.
5. Идентификаторларды 301 және 181 мәндеріне өзгертіңіз.
6. Арбитражды қайталап, нәтижелерді салыстырыңыз.
7. CAN желісінде идентификатордың сандық мәні төмен хабарламаның басымдығы неліктен жоғары екенін түсіндіріңіз.

15-тапсырма. CAN шинасының жүктемесін зерттеу

1. CAN protocol explorer бөлімінен шина жылдамдығын 125 kbit/s етіп таңдаңыз.
2. Шинаның есептік жүктемесін бақылаңыз.
3. Жылдамдықты 500 kbit/s мәніне өзгертіңіз.
4. Message period multiplier параметрін өзгертіп, хабарламалардың берілу жиілігінің әсерін зерттеңіз.
5. Нәтижелерді салыстырып, хабарламалар жиілігі мен байланыс жылдамдығының шина жүктемесіне әсерін түсіндіріңіз.

16-тапсырма. CAN хабарламаларындағы қателер

1. CAN diagnostics and fault injection бөліміне өтіңіз.
2. Модель жұмыс істеп тұрғанына көз жеткізіңіз.
3. Simulated frame integrity errors параметрін іске қосыңыз.
4. Қайталап жіберу (retry) параметрін қосыңыз.
5. CAN monitor бөліміндегі қабылданбаған және қайта жіберілген хабарламаларды бақылаңыз.
6. Қателерді анықтау мен хабарламаларды қайта жіберудің байланыс сенімділігіне әсерін түсіндіріңіз.

CAN желісіндегі ақауларды диагностикалау

17-тапсырма. ABS хабарламаларының жоғалуы

1. Reset all батырмасын басып, модельді іске қосыңыз.
2. CAN diagnostics бөлімінен ABS хабарламаларын жоғалтуға арналған Drop ABS messages параметрін іске қосыңыз.
3. CAN monitor бөлімінен ABS хабарламаларының берілу нәтижесін бақылаңыз.
4. VCU бөлімінде ABS байланысының үзілуіне қатысты хабарламаның пайда болуын тексеріңіз.

5. Generate diagnostic hint батырмасын басыңыз.
6. Диагностикалық ұсынысты оқып, ақаудың ықтимал себебін анықтаңыз.
7. Drop ABS messages параметрін өшіріп, байланыстың қалпына келуін бақылаңыз.

18-тапсырма. DBC файлын зерттеу

1. CAN frame inspector бөлімінен 0x101 хабарламасын таңдаңыз.
2. Download teaching DBC батырмасын басыңыз.
3. Жүктелген DBC файлын мәтіндік редактор арқылы ашыңыз.
4. BMS_Status хабарламасын табыңыз.
5. SOC, Temperature және Voltage сигналдарының сипаттамаларын қараңыз.
6. Сигналдардың масштабтау коэффициенттерін, ығысу мәндерін және байттар ретін анықтаңыз.
7. CAN кадрындағы деректердің физикалық шамаларға түрлендірілуін түсіндіріңіз.

Бақылау сұрақтары

1. CAN шинасы дегеніміз не және ол электромобильде қандай мақсатта қолданылады?
2. BMS, VCU және Inverter блоктары арасында қандай ақпарат алмасады?
3. CAN ID және DLC ұғымдарының айырмашылығы қандай?
4. CAN кадрындағы деректер қалай декодталады?
5. DBC файлы қандай мақсатта қолданылады?
6. CAN арбитражы дегеніміз не және ол қалай жұмыс істейді?
7. CAN шинасының жүктемесіне қандай факторлар әсер етеді?
8. VCU блогы BMS хабарламаларын қабылдамаса, қандай жағдай туындайды?
9. ABS жүйесінің іске қосылуы қозғалтқыш моментін басқаруға қалай әсер етеді?
10. CAN желісіндегі байланыс ақауларын қандай белгілер арқылы анықтауға болады?