Электромобильдерге арналған микроконтроллер жүйелерін бағдарламалау

Дәуренов ӘД

Өткен тақырыптарға шолу

Алдыңғы дәрістерде біз микроконтроллердің жұмыс істеу принциптерін, датчиктер мен атқарушы құрылғыларды басқаруды және электрондық блоктар арасындағы байланысты қарастырдық.

Тақырып	Не үйрендік?
GPIO және ADC	Датчиктерден сигнал қабылдау
Timer және Interrupt	Уақыт пен оқиғаларды басқару
PWM	Атқарушы құрылғыларға басқару сигналын беру
UART, SPI, I²C	Микросхемалар арасындағы байланыс
CAN және CAN FD	ECU блоктары арасында деректер алмасу
Real-Time Software	Тапсырмаларды қажетті уақытта орындау

Енді маңызды сұрақ туындайды:

Электромобильдегі әртүрлі электрондық блоктардан алынған ақпаратты пайдаланып, автомобильдің жұмыс режимі мен қозғалысын не үйлестіреді?

Бұл міндетті орындайтын негізгі құрылғылардың бірі — **VCU**.

Дәріс 11. Vehicle Control Unit — VCU бағдарламалық логикасы

Бұл дәрістің мақсаты

- электромобильдің Vehicle Control Unit (VCU) контроллерінің бағдарламалық логикасын,
- жұмыс режимдерін,
- басқа электрондық басқару блоктарымен өзара әрекеттесуін,
- қозғалыс пен энергияны басқаруды үйлестіру принциптерін және
- қауіпсіз басқару шешімдерін қалыптастыру тәсілдерін түсіндіру.

Дәріс соңында студент:

- VCU қызметін және оның басқа ECU блоктарынан айырмашылығын;
- VCU кіріс және шығыс сигналдарын;
- State Machine жұмыс принципін;
- OFF, PRECHARGE, READY, DRIVE, CHARGE және FAULT күйлерін;
- күйлер арасындағы ауысу шарттарын;
- Torque Request және Torque Arbitration принциптерін;
- ECO, NORMAL, SPORT жүргізу режимдерін;
- Regenerative Braking және Power Management ұғымдарын;
- зарядтау және салқындату жүйелерін үйлестіруді;
- Interlock, Fault Handling және CAN Timeout қызметін;
- VCU бағдарламасының жұмысын тексеру тәсілдерін түсінуі тиіс.

Vehicle Control Unit (VCU) дегеніміз не?

VCU (Vehicle Control Unit) — электромобильдің негізгі жүйелерінің жұмысын үйлестіретін электрондық басқару блогы.

Ол жүргізушінің сұранысын, батарея мен күштік жүйелердің жағдайын, автомобильдің жұмыс режимдерін және қауіпсіздік талаптарын ескере отырып, басқару шешімдерін қабылдайды.

VCU-дың негізгі үш қызметі:

1. **Vehicle Operation Modes Control** — автомобильдің жұмыс режимдерін басқару.
2. **Torque and Power Management** — айналдыру моменті мен энергияны басқаруды үйлестіру.
3. **Safety and Fault Management** — қауіпсіздік шарттарын және ақауларға жауап беруді ұйымдастыру.

Мысалы, жүргізуші акселератор педалін 50%-ға басты делік. VCU тек педальдің мәнін пайдаланбайды. Сонымен қатар батареядан қанша қуат алуға болатынын, инвертордың жағдайын, тежегіш сигналын және қозғалысқа рұқсат бар-жоғын тексереді.
Содан кейін ғана басқарушы команда қалыптастырады.

Электромобильдің басқару архитектурасы



Жүргізуші (кіріс)

Акселератор (газ педалі)

Тежегіш (brake)

VCU (Vehicle Control Unit)

Басқару және үйлестіру

VCU негізгі міндеттері:

- Басқа блоктармен байланыс
- Басқару алгоритмдерін орындау
- Жүйенің жұмысын үйлестіру

CAN (Controller Area Network)

BMS (Battery Management System)

Inverter Controller

Thermal Controller

Батарея (Battery)

Қозғалтқыш (Motor)

Желдеткіш / Сорғы (Fan / Pump)

Charger / OBC (On-Board Charger)

Батареяны сыртқы желіден зарядтайды.

Негізгі блоктар және олардың қызметі

VCU (Vehicle Control Unit)
Барлық блоктарды үйлестіреді, басқару алгоритмдерін орындайды.

BMS (Battery Management System)
Батареяның күйін бақылайды (кернеу, ток, температура, заряд деңгейі).

Inverter Controller
Инверторды басқарады, қозғалтқышқа қажетті моментті (айналу моментін) береді.

Thermal Controller
Жылу режимін басқарады, желдеткіш пен сорғыны іске қосады.

Charger / OBC (On-Board Charger)
Батареяны сыртқы желіден зарядтайды.

Байланыс және ағын

- Басқару сигналы (команда)
- CAN арқылы деректер алмасу
- Қуат ағыны (зарядтау / қоректендіру)

Мысал: VCU-дан қозғалтқышты басқару ағыны

1. **Жүргізуші** газ педалін басады.
2. **VCU** қажетті момент сұранын (командасын) есептейді.
3. **Inverter Controller** инверторды басқарады (кернеу/жиілік береді).
4. **Қозғалтқыш** қажетті моментпен айналады (көлік үдейді).

Қорытынды:
VCU басқа электрондық блоктардың жұмысын үйлестіреді, бірақ олардың барлық ішкі функцияларын өзі орындамайды.

VCU және басқа ECU блоктарының айырмашылығы

Электрондық блок	Негізгі қызметі
VCU	Автомобильдің жұмыс режимдерін және қозғалысын үйлестіру
BMS	Батареяның қауіпсіз жұмысын, кернеуді, токты, температураны және шектеулерді бақылау
Inverter Controller	Электр қозғалтқышының моменті мен жылдамдығын басқару
OBC Controller	Борттық зарядтау процесін басқару
Thermal Controller	Салқындату және жылыту құрылғыларын басқару
DC/DC Controller	Жоғары кернеуден төмен кернеуге энергия түрлендіру процесін басқару

VCU кіріс сигналдары

Ақпарат көзі	Қабылданатын ақпарат
Accelerator Pedal	Акселератор педалінің орналасуы
Brake Pedal	Тежеу сұранысы
Gear Selector	P, R, N, D
BMS	SOC, температура, кернеу, қуат шектеулері
Inverter	Дайындық күйі, жылдамдық, момент, ақаулар
ABS/ESC	Қозғалтқыш моментін өзгерту немесе шектеу сұраныстары
Charging System	Зарядтау күйі
Thermal Controller	Температура және салқындату жағдайы
Safety System	HVIL, Interlock, Fault
CAN Communication	Хабарламалардың дұрыстығы және Timeout

VCU тікелей датчиктерден немесе CAN желісі арқылы басқа ECU блоктарынан ақпарат қабылдайды.

VCU осы ақпараттарды біріктіріп талдайды.

VCU шығыс сигналдары

VCU қабылданған ақпараттарға сәйкес басқарушы сұраныстарды қалыптастырады.

Команда	Мақсаты
Torque Request	Қозғалтқыштан қажетті айналдыру моментін сұрау
Inverter Enable	Инвертордың жұмыс істеуіне рұқсат беру
Drive Direction	Қозғалыс бағытын таңдау
Regeneration Request	Рекуперативті тежеу сұранысы
HV System Request	Жоғары кернеулі жүйені іске қосуға сұраныс
Cooling Request	Салқындату қарқындылығын өзгертуге сұраныс
Charging Permission	Зарядтау процесіне рұқсат беру
Fault / Warning Status	Ақау және ескерту туралы хабарлама

Мысал: VCU-дан инверторға момент сұранысын жіберу

Электромобильдің басқару жүйесі





VCU
(Vehicle Control Unit)

Жалпы басқару және үйлестіру

CAN
(Controller Area Network)

Байланыс шинасы



Inverter Controller

Инверторды басқару (қозғалтқыштың моментін және жылдамдығын реттеу)



Қозғалтқыш (Motor)

1. VCU қандай мәлімет жібереді?

Inverter Enable = TRUE
Инверторды іске қосу рұқсаты (қосу/өшіру)

Torque Request = 120 Nm
Қажетті момент (айналу күші)

Direction = Forward
Қозғалыс бағыты (алға)

2. Байланыс қалай жүреді?

1. 
VCU қажетті параметрлерді әзірлейді

2. Параметрлер CAN шинасы арқылы жіберіледі

3. 
Inverter Controller мәліметті қабылдап, қозғалтқышты басқарады

3. Нәтиже

Инвертор қозғалтқышқа 120 Н·м момент береді және көлікті алға қозғалтады.

Ескерту:
Нақты орындалатын момент көлік жағдайына, инвертор мен қозғалтқыштың мүмкіндіктеріне (шектеулеріне) байланысты болуы мүмкін.

Қорытынды: VCU моментке сұраныс береді. Бірақ нақты орындалатын момент инвертор мен қозғалтқыштың мүмкіндіктеріне де байланысты.

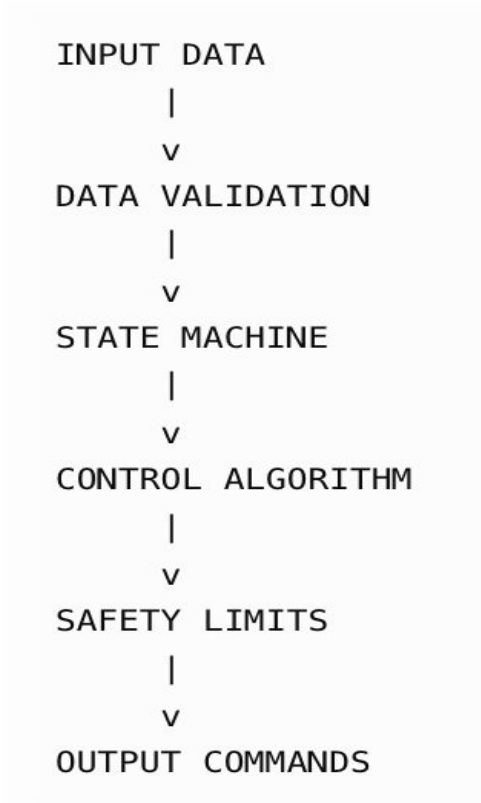
VCU бағдарламасының негізгі құрылымы

VCU бағдарламасының логикасын үш негізгі кезеңге бөлуге болады.

1. Ақпарат қабылдау
Датчиктер мен басқа ECU блоктарынан қажетті мәліметтерді алу.

2. Шешім қабылдау
Жұмыс күйін анықтау, шектеулерді тексеру және басқарушы сұранысты есептеу.

3. Команда қалыптастыру
Инверторға, зарядтау жүйесіне және басқа құрылғыларға қажетті командаларды беру.



State Machine дегеніміз не?

State Machine — күйлер автоматы — жүйенің белгілі бір күйлерде жұмыс істеуін және сол күйлер арасында тек анықталған шарттар орындалғанда ауысуын ұйымдастыратын бағдарламалық модель.
Электромобильдің VCU контроллері үнемі бірдей әрекеттерді орындай бермейді.

Мысалы:

- автомобиль өшірулі кезде қозғалтқышқа момент сұрауға болмайды;
- автомобиль READY күйінде қозғалысқа дайын болады;
- DRIVE күйінде жүргізушінің қозғалыс сұранысы өңделеді;
- CHARGE күйінде зарядтау процесі бақыланады;
- критикалық ақауда қауіпсіздік әрекеттері орындалады.

Сондықтан әрбір күйге жеке логика анықталады.

VCU негізгі жұмыс күйлері

Күй	Қызметі
OFF	Тарту жүйесі іске қосылмаған
PRECHARGE	Жоғары кернеулі тізбекті алдын ала зарядтау
READY	Автомобиль қозғалысқа дайын
DRIVE	Қозғалыс және Torque Request басқаруы
CHARGE	Батареяны зарядтау
FAULT	Ақауды өңдеу және қорғаныс әрекеттері

Жалпы логика:

```
OFF
 |
 | Start Request
 v
PRECHARGE
 |
 | Precharge Complete
 v
READY
 |
 | Drive Permission
 v
DRIVE
```

```
OFF
 |
 | Charging Request
 v
CHARGE
```

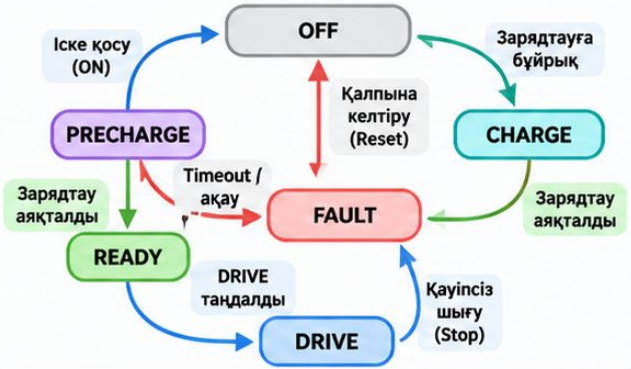
Критикалық ақау анықталған жағдайда жүйе тиісті қорғаныс режиміне өтеді.

State Machine: электромобильді басқару мысалы

State Machine дегеніміз не?

Жүйенің жұмысы бірнеше күйден тұрады, және күйден күйге ауысу белгілі бір шарттарға (оқиғаларға) байланысты жүреді.

Күйлер және ауысулар диаграммасы



Күйдің мағынасы

OFF	Жүйе өшірулі, негізгі функциялар белсенді емес.
PRECHARGE	Жоғары кернеу шинасын алдын ала зарядтау.
READY	Жүйе дайын, қозғалысқа рұқсат бар.
DRIVE	Қозғалыс режимі, инвертор арқылы моторды басқару.
CHARGE	Зарядтау режимі, батареяны зарядтау.
FAULT	Ақау күйі, жүйе қауіпсіз түрде тоқтатылады.

Күй ауысуларының кестесі (Transition Table)

Бастапқы күй	Шарт (оқиға)	Келесі күй
OFF	Іске қосу рұқсатын берілді	PRECHARGE
PRECHARGE	Алдын ала зарядтау аяқталды	READY
PRECHARGE	Timeout немесе маңызды ақау	FAULT
READY	DRIVE режимі таңдалды және рұқсаттар дұрыс	DRIVE
DRIVE	Қозғалыс режимінен қауіпсіз шығу	READY
OFF	Зарядтауға рұқсат берілді	CHARGE
CHARGE	Зарядтау аяқталып, жүйе ажыратылды	OFF
Белсенді күй	Критикалық ақау	FAULT
FAULT	Ақау жойылып, қалпына келтіру рұқсат етілді	OFF

Жұмыс мысалы: батареяны зарядтау және қозғалу

1. **OFF** — Жүйе өшірулі
2. **PRECHARGE** — Жоғары кернеуді алдын ала зарядтау
3. **READY** — Жүйе дайын
4. **DRIVE** — Қозғалыс (мотор басқарылады)
5. **CHARGE** — Батареяны зарядтау

VCU жүйенің жұмыс күйін анықтағаннан кейін не істейді?

State Machine жүйенің қандай күйде екенін және қандай әрекеттерге рұқсат берілетінін анықтайды.

Ал **Control Algorithm — басқару алгоритмі** сол күйге сәйкес қажетті есептеулер мен басқару әрекеттерін орындайды.

Мысалы, автомобиль DRIVE күйінде болса, VCU жүргізушінің сұранысына сәйкес айналдыру моментін есептейді.
Осыдан келесі сұрақ пайда болады: **VCU қозғалтқышқа қажетті айналдыру моментін қалай анықтайды?**

Torque Request — VCU-дың инвертордан сұрайтын айналдыру моментінің мәні.
Айналдыру моменті Ньютон-метрмен (Nm) өлшенеді.
Жүргізуші акселератор педалін басқанда VCU педальдің орналасуын анықтап, қажетті моментті есептейді.

Torque Arbitration: момент сұранысын шектеу және таңдау

Torque Arbitration дегеніміз не?

Жүргізушінің сұранысын және басқа жүйелердің шектеулерін ескере отырып, соңғы (рұқсат етілген) момент сұранысын анықтау процесі.

Мысал: жүйелерден келетін мәндер

Ақпарат (шектеу көзі)	Мәні
Driver Torque Request (жүргізуші сұранысы)	180 Nm
BMS (батарея шегі) Батареяның күйіне (SOC, температура) байланысты	110 Nm
Inverter Torque Limit (инвертор шегі) Инвертордың максималды мүмкіндігі	150 Nm
Traction Control Limit (тарту бақылауының шегі) Дөңгелек сырғанауын болдырмау үшін	100 Nm

Жүйенің жалпы сызбаңұсқасы



Жүргізуші (Driver) **180 Nm**

BMS (батарея) **110 Nm**

Инвертор (Inverter) **150 Nm**

Тарту бақылауы (Traction Control) **100 Nm**



VCU (Vehicle Control Unit)

Torque Arbitration (VCU ішінде)
Моменттің ең кіші рұқсат етілген мәнін таңдайды: **min(...)**

Қорытынды момент
M_{final} = **100 Nm**



Инвертор (Inverter)



Қозғалтқыш (Motor)

Есептеу (оқу моделі)

1 Жалпы формула:

$M_{final} = \min(M_{driver}, M_{BMS}, M_{inverter}, M_{traction})$

2 Мәндерді қоямыз:

$M_{final} = \min(180, 110, 150, 100)$

3 Нәтиже:

M_{final} = **100 Nm**

Қорытынды:

Жүргізуші 180 Nm сұрағанымен, жүйе шектеулері бойынша VCU инверторға тек **100 Nm** момент сұранысын жібереді.

Жаңа сұрақ:

BMS неліктен қозғалтқыш моментін шектеуі мүмкін?

Power Management: электромобильдің қуатын басқару

Power Management дегеніміз не?

Электромобильдің электр энергиясын пайдалануды және жүйелер арасындағы қуат шектеулерін үйлестіру процесі.

BMS не істейді?

Батареяның күйін (заряд, температура, кернеу) бақылайды және рұқсат етілген қуат немесе ток шектерін береді.

Қозғалтқыштың механикалық қуаты

$$P = M \cdot \omega$$

- P — механикалық қуат, W
- M — айналдыру моменті, Nm
- ω — бұрыштық жылдамдық, rad/s

Жүйе архитектурасы және ақпарат ағыны

BMS
(Battery Management System)



Қуат шегі (мысалы, P_{max})

VCU
(Vehicle Control Unit)



Момент сұранысы (M_{req})

Инвертор
(Inverter)



Электрқозғалтқыш
(Electric Motor)



Қуат шектеуі моментке қалай әсер етеді?

1. **BMS рұқсат етілген қуатты береді:**
   $P_{max} = 50$ кВт
2. **Агымдағы АЖ-тың бұрыштық жылдамдығы (мысалы):**
   $\omega = 500$ rad/s
   (≈ 4770 rpm)
3. **Момент шегі:**

$$M_{limit} = \frac{P_{max}}{\omega} = \frac{50\,000}{500} = 100 \text{ Nm}$$

Маңызды қорытынды

BMS әдетте VCU-ға дайын момент мәнін емес, рұқсат етілген қуат не ток шегін береді. VCU оны моментке айналдырып, басқа жүйелердің шектеулерімен ескереді.

Нәтиже: моментті шектеу

Жүргізуші сұранысы (Driver)	BMS (батарея)	Инвертор шегі	Тарту бақылауы (Traction)
180 Nm	110 Nm	150 Nm	100 Nm

Қорытынды момент:

$$M_{final} = \min(180, 110, 150, 100)$$

$$M_{final} = 100 \text{ Nm}$$

Негізгі ой

Батареяның қолжетімді қуаты азайса, VCU қозғалтқышқа берілетін момент сұранысын шектейді.

Driving Modes — жүргізу режимдері

Алдыңғы слайдтарда VCU моментті жүйенің шектеулеріне сәйкес өзгерте алатынын қарастырдық.

Бірақ момент сұранысы тек техникалық шектеулерге ғана емес, жүргізуші таңдаған режимге де байланысты болуы мүмкін.

Электромобильде үш негізгі жүргізу режимін қарастырайық.

Электромобильде үш негізгі жүргізу режимін қарастырайық.

Режим	Ерекшелігі
ECO	Энергияны үнемдеуге бағытталған
NORMAL	Қалыпты жүргізу
SPORT	Акселераторға белсендірек жауап беру

Акселератор бойынша момент сұранысының өзгеруі

Мысалың шарты

Акселератор басылымы: 50% (0.5)

Жүргізу режимдері үшін момент сұранысы есептеледі.

Есептеу формуласы

$$M_{req} = Pedal \times M_{mode}$$

- *Pedal* — акселератордың салыстырмалы мәні (0...1)
- M_{mode} — таңдалған режимдегі максималды момент, Nm
- M_{req} — сұралған (бастапқы) момент, Nm

Қорытынды

Бірдей акселератор мәнінде (50%), жүргізушінің бастапқы момент сұранысы таңдалған режимге байланысты өзгереді.

Жұйенің жұмыс принципі



Акселератор
(50% = 0.5)



VCU
(Vehicle Control Unit)

Режимге сәйкес момент сұранысын есептейді



Инвертор
(Inverter)

Қозғалтқышқа момент жібереді

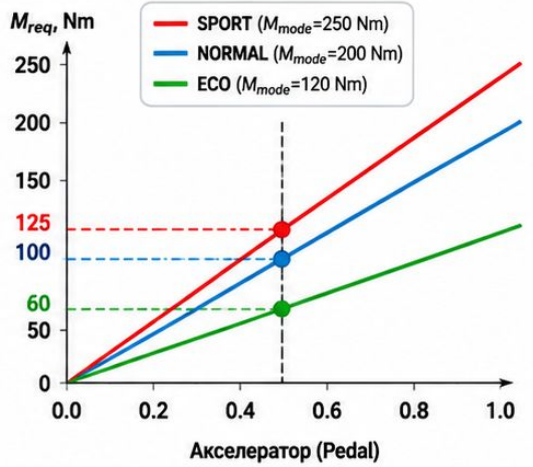


Электрқозғалтқыш
(Electric Motor)

Режимдер бойынша есептеу нәтижесі (Pedal = 0.5)

Жүргізу режимі	Режимнің макс. моменті M_{mode} (Nm)	Есептеу $M_{req} = 0.5 \times M_{mode}$	Нәтиже M_{req} (Nm)
ECO	120	0.5 × 120	60 Nm
NORMAL	200	0.5 × 200	100 Nm
SPORT	250	0.5 × 250	125 Nm

Режимдер бойынша моменттің өзгеруі



Ескерту

Нақты электромобильде моменттің соңғы мәні тек акселераторға емес, сонымен қатар басқа шектеулерге де (BMS, инвертор, тартыс бақылауы және т.б.) байланысты.

Regenerative Braking — рекуперативті тежеу

Бұған дейін DRIVE күйінде қозғалтқыштың автомобильді қозғалысқа келтіруін қарастырдық.

Ал жүргізуші акселераторды босатқанда немесе тежегішті басқанда не болады?

Электромобиль қозғалыс энергиясының бір бөлігін батареяға қайтара алады.

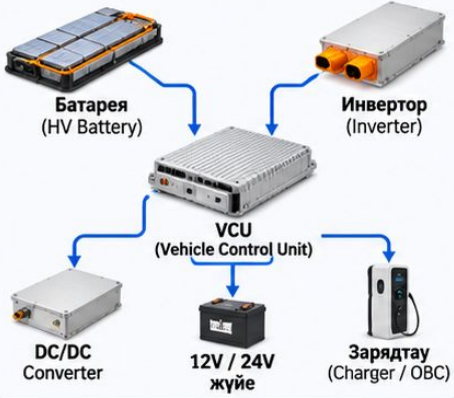
Бұл процесс **Regenerative Braking — рекуперативті тежеу** деп аталады.

VCU: электромобиль жүйелерінің жұмыс режимдері

Мақсаты

VCU қозғалыс кезіндегі моментті басқаруды және рекуперация процесін қамтамасыс етеді. Энергия әр режимде басқаша бағытта беріледі.

Жүйе архитектурасы



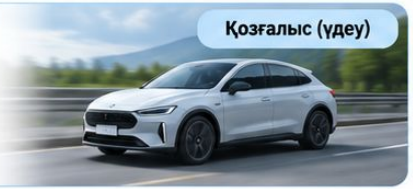
Энергия ағынының белгісі

- – Батареядан жүйеге (энергия беру, разряд)
- – Жүйеден батареяға (энергия қайтару, заряд)
- – Көмекші қоректендіру (DC/DC, 12V/24V)

1. Қозғалыс режимі (Drive)

Батарея электр энергиясын береді, ал қозғалтқыш оны механикалық энергияға айналдырады.





2. Рекуперация режимі (Regeneration)

Қозғалыс энергиясының бір бөлігі инвертор арқылы батареяға қайтарылады (зарядталады).





3. Зарядтау режимі (Charging)

Батарея сыртқы энергия көзінен зарядталады.





4. Төмен кернеулі жүйелерді қоректендіру (LV Supply)

Жоғары кернеулі батареядан DC/DC конвертер арқылы 12V/24V жүйелер қоректенеді (жарық, басқару, сорғылар және т.б.).





Қорытынды: VCU электромобиль архитектурасына байланысты энергия ағынын (қозғалыс, рекуперация, зарядтау, көмекші жүйелерді қоректендіру) үйлестіреді және тиісті жүйелерге басқару командаларын береді.

Charging Management — зарядтауды үйлестіру

State Machine бөлімінде CHARGE күйін қарастырдық.

Енді осы күйде VCU қандай әрекеттерді орындайтынын түсіндірейік.

Charging Management — зарядтау процесіне қатысатын электрондық блоктардың жұмысын үйлестіру.

Charging Request: зарядтау сұранысының ағымы

Charging Request дегеніміз не?

Зарядтауды бастауға арналған сұраныс (команда). VCU бұл сұранысты өңдеп, тиісті жүйелерге жібереді.

Негізгі рөлі

- Зарядтау процесін үйлестіру;
- Батареяның жағдайын тексеру;
- Зарядтағышпен байланысты іске қосу.

Нәтиже

Сұраныс орындалғаннан кейін батарея зарядтала бастайды.

Charging Request
(Зарядтау сұранысы)



VCU
(Vehicle Control Unit)
Зарядтау сұранысын өңдеп, жүйелерге таратады



BMS
(Battery Management System)
Батареяның күйін бақылайды (SOC, температура, рұқсаттар)



OBC / EVCC
(On-Board Charger / EV Charge Controller)
Сыртқы зарядтағышпен байланыс орнатып, зарядтауды басқарады



Battery
(HV Battery)
Зарядталады (энергияны қабылдайды)

Ағын қадамдары

1. **Charging Request** — Зарядтау бастау командасы.
2. **VCU** — Сұранысты өңдеп, BMS және OBC/EVCC жүйелеріне жібереді.
3. **BMS** — Батареяның зарядтауға дайындығын тексереді (SOC, температура, шектеулер).
4. **OBC / EVCC** — Сыртқы зарядтағышпен байланыс орнатып, зарядтау процесін басқарады.
5. **Battery** — Зарядталады.

Қысқартулар

VCU	Vehicle Control Unit (көлік басқару блогы)
BMS	Battery Management System (батареяны басқару жүйесі)
OBC / EVCC	On-Board Charger / EV Charge Controller (кірікдірілген зарядтағыш / зарядтауды басқару блогы)

Зарядтау процесінде келесі ақпараттар маңызды:
Мысалы, BMS зарядтауға рұқсат бермесе, зарядтау процесі басталмауы немесе тоқтатылуы тиіс.
Маңызды: нақты автомобильде зарядтауды тікелей басқару OBC, EVCC немесе арнайы зарядтау контроллерінің міндеті болуы мүмкін

Ақпарат	Мақсаты
Charging Request	Зарядтауды бастау сұранысы
BMS Charge Allowed	Зарядтауға рұқсат
Charge Current Limit	Рұқсат етілген ток
Battery Temperature	Батарея температурасы
Charger Status	Зарядтау құрылғысының күйі
Fault Status	Ақаулар туралы ақпарат

Жылу менеджменті: температураны бақылау және реттеу

Жылу менеджменті дегеніміз не?

Электромобильдің батареясы, инверторы және электр қозғалтқышы жұмыс барысында қызуын басқару процесі.

Мақсаты

- Құрылғылардың жұмыс температурасын
- қалыпты диапазонда ұстау;
- Қызып кетуден қорғау;
- Тиімділік пен қызмет мерзімін арттыру.

Оқу мысалы

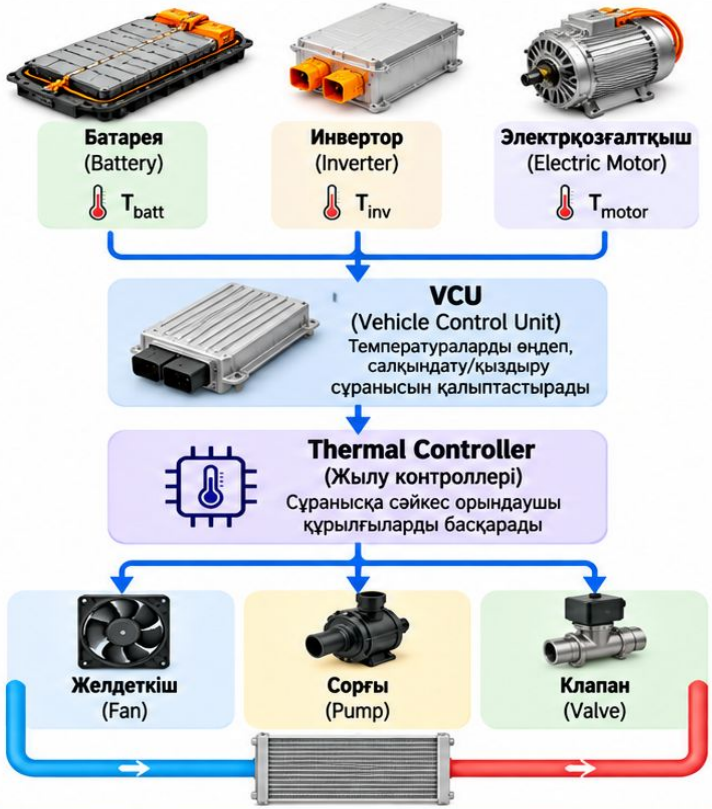
Батарея температурасы = 45°C

Салқындату сұранысы = HIGH

Нәтиже

Thermal Controller VCU-дан келген сұранысқа сәйкес желдеткішті, сорғыны немесе клапанды басқарады.

Жүйе архитектурасы және басқару ағымы



Жұмыс принципі

1. **Температураны өлшеу**
   Батарея, инвертор және қозғалтқыш температуралары (T_{batt}, T_{inv}, T_{motor}) алынады.
2. **Сұранысты қалыптастыру**
   VCU температураларды өңдеп, салқындату немесе қыздыру сұранысын (Cooling/Heating Request) жібереді.
3. **Басқару**
   Thermal Controller сұранысқа сәйкес желдеткіштің, сорғының және/немесе клапанның жұмысын басқарады.

Негізгі ой

Нақты автомобильде VCU әрқашан PWM сигналын тікелей қалыптастырмайды. Бұл функция жеке Thermal Controller арқылы орындалуы мүмкін.

Қорытынды

Жылу менеджменті батареяның, инвертордың және электрқозғалтқыштың қауіпсіз, тиімді және тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді.

Safety and Fault Management: қауіпсіздік және ақауларды басқару

Safety and Fault Management дегеніміз не?

VCU-дың қауіпсіздік шарттарын тексеріп, ақаулар анықталған кезде тиісті басқару шешімдерін қабылдау қызметі.

VCU жұмысының 3 кезеңі

1. Safety Checking – қауіпсіздік шарттарын тексеру

VCU BMS, Inverter және басқа жүйелерден ақпарат қабылдап, қозғалысқа рұқсат бар-жоғын анықтайды.

2. Fault Detection – ақауларды анықтау

Жүйелерден (мысалы, BMS-тен CAN хабарламасы келмесе, акселератор сигналы сәйкес болмаса) ақауды тіркейді.

3. Fault Response – ақауға жауап беру

Ақаудың ауырлығына байланысты ескерту береді, айналдыру моментін шектейді немесе қозғалыс сұрғанын тоқтатады.

Жүйе архитектурасы: ақпарат ағыны және басқару логикасы



BMS
(Battery Management System)



Инвертор
(Inverter)



Датчиктер
(Sensors)
(акселератор, жылдамдық, т.б.)

Жүйелерден ақпарат қабылдау
(CAN, статус, температура, сигналдар)



VCU
(Vehicle Control Unit)
Safety and Fault Management

Safety Checking
(қауіпсіздік шарттарын тексеру)

Fault Detection
(ақауды анықтау және бағалау)

WARNING
Ескерту
(ақпараттық хабар)

DERATING
Моментті шектеу
(қуатты азайту)

CRITICAL
Қауіпсіз әрекет
(қозғалысты тоқтату)

Ақау деңгейлері және әрекеттер

Деңгей	Сипаттамасы	VCU әрекеті
WARNING	Жүйенің қалыпты жұмысына тікелей әсер етпейтін ақау.	Ескерту беру (DTC, хабарлама)
DERATING	Қауіпсіз жұмысты сақтау үшін қуатты шектеу қажет ақау.	Айналдыру моментін шектеу (Torque Limiting)
CRITICAL	Қозғалысты жалғастыру қауіпсіз емес, ауыр ақау.	Қозғалыс сұранын тоқтату (Drive Disable)

Оқу мысалы

BMS-тен белгіленген уақыт ішінде CAN хабарламасы келмейді.

- VCU ақауды анықтайды;
- Torque Request = 0 Nm орнатады;
- FAULT күйіне өтеді.

Қорытынды

VCU қауіпсіздік жүйелерінен алынған ақпараттарды бақылайды, ақауларды анықтайды және олардың қауіптілік деңгейіне сәйкес ескерту, қуатты шектеу немесе қауіпсіз күйге көшу әрекеттерін ұйымдастырады.

Қорытынды

VCU — электромобильдің негізгі басқарушы электрондық блоктарының бірі. Оның міндеті — жүргізушінің сұранысын қабылдау, батарея мен күштік жүйелердің мүмкіндіктерін ескеру және басқа ECU блоктарына қажетті басқару командаларын қалыптастыру.

VCU жүргізушінің сұранысын орындаумен қатар, жүйенің оған рұқсат беретінін де тексеруі тиіс.

Бақылау сұрақтары

1. Vehicle Control Unit (VCU) дегеніміз не?
2. VCU қандай негізгі қызмет атқарады?
3. VCU мен BMS арасындағы айырмашылық қандай?
4. VCU мен Inverter Controller айырмашылығы қандай?
5. VCU қандай кіріс сигналдарын қабылдайды?
6. VCU қандай басқарушы командаларды қалыптастырады?
7. State Machine дегеніміз не?
8. OFF күйі нені білдіреді?
9. PRECHARGE күйі қандай мақсатта қолданылады?
10. READY және DRIVE күйлерінің айырмашылығы қандай?

11. CHARGE күйінде қозғалысқа неге рұқсат берілмейді?
12. FAULT күйі дегеніміз не?
13. Күйлер арасындағы ауысу қандай шарттармен анықталады?
14. Interlock дегеніміз не?
15. HVIL қандай мақсатта қолданылады?
16. Torque Request дегеніміз не?
17. Torque Request пен нақты Motor Torque арасындағы айырмашылық қандай?
18. Акселератор сигналы Torque Request-ке қалай түрлендіріледі?
19. VCU Torque Limit мәнін не үшін қолданады?
20. ECO, NORMAL және SPORT режимдерінің айырмашылығы қандай?

21. Тежегіш сигналы Torque Request-ке қалай әсер етуі мүмкін?
22. Regenerative Braking дегеніміз не?
23. BMS рекуперацияны не үшін шектеуі мүмкін?
24. VCU CAN арқылы қандай ақпаратты алады?
25. CAN Timeout VCU үшін неліктен маңызды?
26. Derating дегеніміз не?
27. Safe State дегеніміз не?
28. VCU-да Real-Time Tasks не үшін қажет?
29. State Machine мен Scheduler арасындағы айырмашылық қандай?