АЭжҚ

Дәуренов ӘД

№ 11 дәріс. Бағдарламаланатын логикалық контроллерлер (БЛК): құрылымы, жұмыс істеу принципі және қолданылуы

Дәрістің мақсаты

Зерттеу

- мақсатын,
- құрылымын,
- жұмыс істеу принципін,
- негізгі сипаттамаларын,
- жіктелуін және
- өнеркәсіптік автоматтандыруда бағдарламаланатын логикалық контроллерлердің қолданылуын,
- сондай-ақ олардың датчиктермен және атқарушы құрылғылармен өзара әрекеттесуін.

Дәріс жоспары

1. Микропроцессорлық құрылғылар мен БЛК-ға кіріспе.
2. БЛК-ның мақсаты және негізгі функциялары.
3. БЛК-ның құрылымы және негізгі компоненттері.
4. Контроллердің кіріс және шығыс сигналдары.
5. БЛК-ның жұмыс істеу принципі және бағдарламаны орындау циклі.
6. БЛК-ның жіктелуі.
7. Негізгі техникалық сипаттамалары.
8. БЛК-ны бағдарламалау негіздері.
9. Өнеркәсіптік байланыс интерфейстері.
10. Нақты өнеркәсіптік контроллерлер.
11. Автоматтандыруда БЛК-ны қолдану мысалдары.
12. БЛК-ның артықшылықтары, шектеулері және маңызы.

1. Микропроцессорлық құрылғылар мен БЛК-ға кіріспе

Алдыңғы дәрістерде датчиктер, сигнал түрлендіргіштері, релелер, контакторлар, логикалық элементтер, триггерлер, санауыштар және реттегіштер қарастырылды.

Бұл құрылғылардың барлығы автоматтандырылған басқару жүйелерінде белгілі бір функцияларды орындайды.

Алайда күрделі технологиялық процесті автоматтандыру үшін олардың жұмысын біртұтас жүйеге біріктіру қажет.

Осы мақсатта бағдарламаланатын логикалық контроллерлер кеңінен қолданылады.

БЛК-ны зерттемес бұрын үш ұғымды ажырату қажет.

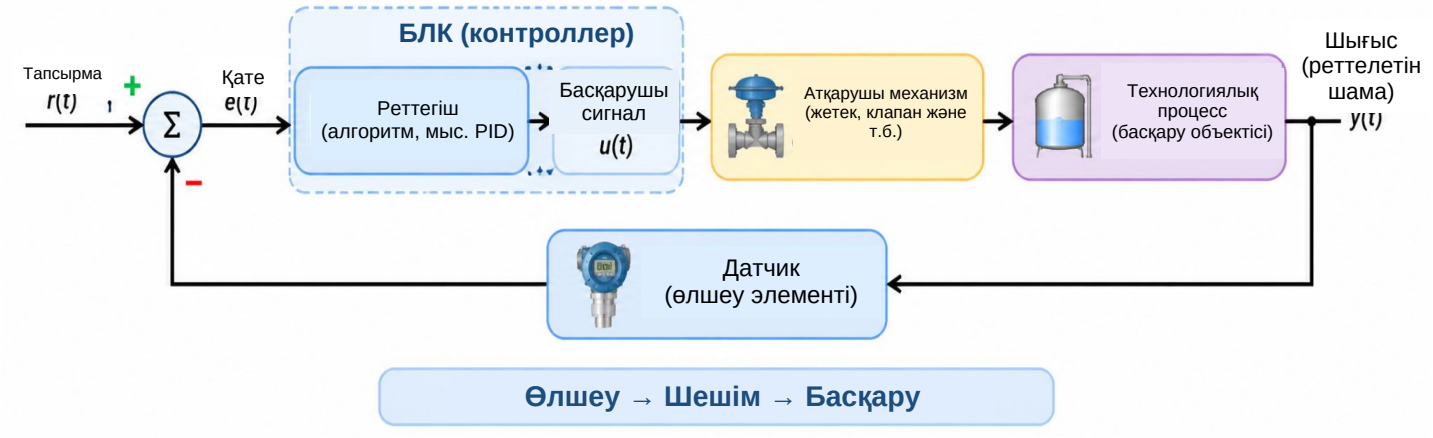
Ұғым	**Анықтама**
Микропроцессор (MPU)	Бағдарлама командаларын орындайтын және деректерді өңдейтін интегралдық схема
Микроконтроллер (MCU)	Процессорды, жадты және перифериялық құрылғыларды біріктіретін интегралдық схема
Бағдарламаланатын логикалық контроллер (PLC)	Жабдықты автоматты басқаруға арналған дайын өнеркәсіптік құрылғы

Негізгісі: микропроцессор немесе микроконтроллер есептеу негізі болып табылады, ал БЛК қажетті кірістері, шығыстары және бағдарламалық қамтылымы бар өнеркәсіптік басқару жүйесін білдіреді.

2. БЛК-ның мақсаты және негізгі функциялары

Бағдарламаланатын логикалық контроллер

(БЛК, Programmable Logic Controller — PLC) — машиналар мен технологиялық процестерді берілген бағдарлама бойынша автоматты басқаруға арналған өнеркәсіптік цифрлық электрондық құрылғы. БЛК датчиктерден ақпарат алады, оны өңдейді және атқарушы құрылғыларға командалар қалыптастырады.



БЛК-ның негізгі функциялары

- Датчиктерден ақпарат жинау.
- Логикалық операцияларды орындау.
- Оқиғаларды санау және уақыт кідірістерін қалыптастыру.
- Аналогтық сигналдарды өңдеу.
- Автоматты реттеу.
- Атқарушы механизмдерді басқару.
- Жабдықтың диагностикасы.
- Басқа жүйелермен деректер алмасу.

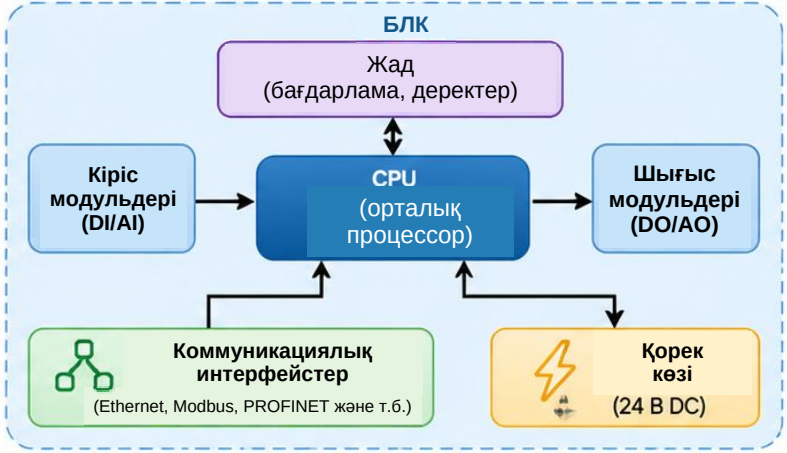
БЛК-ның негізгі компоненттері

Типтік БЛК бірнеше негізгі функционалдық компонентті қамтиды.

БЛК-ның нақты мысалы



БЛК-ның құрылымдық схемасы



Орталық процессор (CPU)



Басқару бағдарламасын орындайды. Деректерді алады, оларды талдайды және әрекеттерді анықтайды.

Жад



Бағдарламаны, параметрлерді және аралық деректерді сақтау үшін қолданылады.

Кіріс модульдері



Батырмалардан, датчиктерден және өлшеу құрылғыларынан сигналдарды қабылдауға арналған.

Шығыс модульдері



Басқарушы сигналдарды қалыптастыруға, мысалы релені қосуға немесе жиілік түрлендіргішін басқаруға арналған.

Коммуникациялық интерфейстер



Басқа контроллерлермен, оператор панельдерімен және өнеркәсіптік желілермен (Ethernet, Modbus, PROFINET және т.б.) ақпарат алмасуды қамтамасыз етеді.

Қорек көзі



Контроллердің жұмысына қажетті электр энергиясын қамтамасыз етеді.

БЛК-ның кіріс және шығыс сигналдары

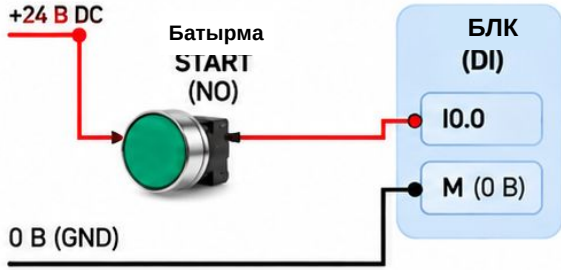
Сигнал түрлері және олардың мақсаты

Түрі	Белгісі	Мақсаты	Мысал
Дискретті кіріс	DI	0 немесе 1 қабылдайды (құрылғының күйі)	START батырмасы
Дискретті шығыс	DO	Қосу/өшіру командасын қалыптастырады	Реле, контактор
Аналогтық кіріс	AI	Өлшенген мәнді алады (үздіксіз)	Қысым датчигі 4–20 мА
Аналогтық шығыс	AO	Реттеуші сигналды қалыптастырады (үздіксіз)	Жылдамдық тапсырмасы 0–10 В

БЛК (мысал: Siemens S7-1200)



DI қосу схемасы (дискретті кіріс: START батырмасы)

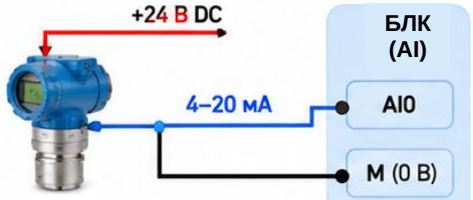


DO қосу схемасы (дискретті шығыс: релені басқару)



Аралық реле (24 В DC катушкасы)

AI қосу схемасы (аналогтық кіріс: қысым датчигі)



Қысым датчигі (4–20 мА, 2 сымды)

AO қосу схемасы (аналогтық шығыс: ЖТ жылдамдық тапсырмасы)



Маңызды: БЛК-ның нақты кірістері/шығыстары, қорек кернеулері (мысалы, 24 В DC) және қосу тәсілдері контроллердің нақты моделіне және қолданылатын жабдыққа байланысты.

БЛК-ның жұмыс циклі (PLC Scan Cycle)

БЛК үш негізгі кезеңнен тұратын циклді үздіксіз қайталайды: кірістерді оқу → бағдарламаны орындау → шығыстарды жаңарту.

Датчиктер

Батырмалар



1 Кірістерді оқу

Контроллер датчиктер мен батырмалардың күйі туралы ақпаратты алады.

2 Бағдарламаны орындау

БЛК деректерді бағдарлама логикасы бойынша өңдеп, қажетті есептеулер мен тексерулерді орындайды.

3 Шығыстарды жаңарту

Контроллер атқарушы құрылғыларға басқарушы сигналдарды қалыптастырады.



Контакторлар мен релелер



Жиілік түрлендіргіштері



Сигналдық шамдар

Цикл қайталанады

1 Кірістерді оқу

- • Дискретті кірістердің күйін оқу (0/1).
- • Аналогтық сигналдарды өлшеу (мысалы, 4–20 мА, 0–10 В).
- • Деректердің дұрыстығын тексеру.

2 Бағдарламаны орындау

- • Логикалық операциялар (ЖӘНЕ, НЕМЕСЕ, ЕМЕС және т.б.).
- • Есептеулер мен түрлендірулер.
- • Таймерлерді, санауыштарды, ПИД-реттегіштерді басқару.

3 Шығыстарды жаңарту

- • Дискретті сигналдарды қалыптастыру (0/1).
- • Аналогтық сигналдарды беру (мысалы, 4–20 мА, 0–10 В).
- • Атқарушы механизмдерді басқару.

Мысал: сорғыны басқару



Қысым датчигі (4–20 мА)



БЛК (оқу → өңдеу → шығыстар)



Сорғы (жиілік түрлендіргіші арқылы)

БЛК қысымды оқиды, бағдарлама бойынша сорғының жылдамдығын реттейді және оның жұмысын басқарады.

Маңызды: бір циклдің уақыты бағдарламаның күрделілігіне, кірістер/шығыстар санына және қолданылатын жабдыққа байланысты. Әдетте ол бірнеше миллисекундтан жүздеген миллисекундқа дейін болады.

БЛК-ның жіктелуі

1) Құрылымы бойынша

Ықшам БЛК — процессор мен кірістердің/шығыстардың бір бөлігі бір корпуста біріктірілген. Мысал: Siemens S7-1200 G2.
Модульдік БЛК — тапсырмаға қарай таңдап, кеңейтуге болатын жеке модульдерден тұрады. Мысал: Siemens S7-1500.

2) Қолданылу ауқымы бойынша

- Шағын машиналар мен қондырғыларға арналған контроллерлер.
- Өндірістік желілерге арналған контроллерлер.
- Ірі таратылған басқару жүйелеріне арналған контроллерлер.

3) Мақсаты бойынша

- Әмбебап контроллерлер.
- Қозғалысты басқару контроллерлері.
- Технологиялық процестер контроллерлері.
- Функционалдық қауіпсіздік контроллерлері.

БЛК таңдау: негізгі сипаттамалар

Негізгі сипаттамалар

Сипаттама	Мәні
DI/DO саны	Қосуға болатын дискретті сигналдар саны
AI/AO саны	Өңдеуге болатын аналогтық сигналдар саны
Шығыстар түрі	Транзисторлық, релелік және басқалар
Жад көлемі	Бағдарлама мен деректерді сақтау мүмкіндіктері
Өнімділік	Операцияларды орындау жылдамдығы
Цикл уақыты	Бағдарламаны циклдік орындау периоды
Кеңейту мүмкіндігі	Қосымша модульдерді қосу
Байланыс интерфейстері	Ethernet, Modbus, PROFIBUS және т.б.
Диагностика	Ақауларды анықтау және тіркеу
Пайдалану жағдайлары	Температура, ылғалдылық және басқа талаптар

Мысал: өндірістік қондырғы үшін БЛК таңдау

Жүйе талаптары

- Дискретті датчиктер: 20 дана.
- Аналогтық датчиктер: 4 дана.
- Басқарылатын құрылғылар: 12 дана.

Шешім



Siemens S7-1200

Таңдаудың жалпыланған схемасы

Талаптарды анықтау (сигналдар саны, орта, функциялар) → БЛК модельдерінің сипаттамаларын салыстыру → Қорды және кеңейту мүмкіндігін бағалау → Қолайлы БЛК-ны таңдау

Маңызды

- • Арналар саны бойынша қормен (≈ 10–30%) БЛК таңдау ұсынылады.
- • Кірістер/шығыстар санын ғана емес, жылдамдыққа, интерфейстерге, диагностикаға және пайдалану жағдайларына қойылатын талаптарды да ескеріңіз.

БЛК-ны бағдарламалау негіздері

БЛК-ның басты артықшылығы — басқару алгоритмін бағдарламалық тәсілмен өзгерту мүмкіндігі. Өнеркәсіптік автоматтандыруда IEC 61131-3 стандартында анықталған бірнеше бағдарламалау тілі қолданылады.

Бұл стандарт не үшін қажет?

Бір зауытта Siemens, ал екіншісінде Schneider Electric контроллерлері қолданылады деп елестетейік.
Олардың бағдарламалық орталары әртүрлі болуы мүмкін, бірақ LAD, FBD және ST тілдерінің негізгі принциптері ортақ халықаралық стандартқа негізделген.
Бұл мамандарды оқытуды, бағдарламаларды түсінуді және әртүрлі платформалар арасында ауысуды жеңілдетеді. Алайда стандарт әртүрлі өндірушілердің бағдарламаларының толық үйлесімділігіне кепілдік бермейді.

БЛК бағдарламалау тілдері (IEC 61131-3)

Өнеркәсіптік автоматтандыруда IEC 61131-3 стандартында анықталған бірнеше бағдарламалау тілі қолданылады.

LAD — Ladder Diagram

- • Графикалық бағдарламалау тілі.
- • Электрлік түйіспелі схемаларға ұқсайды.

Мысал

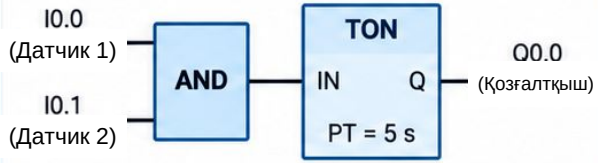


Мәні: екі рұқсат сигналы белсенді болса, қозғалтқыш қосылады.

FBD — Function Block Diagram

- • Функционалдық блоктарды пайдаланатын графикалық тіл.
- • Логика, таймерлер, санауыштар мен реттегіштер үшін кең қолданылады.

Мысал



Мәні: AND логикалық блогы және таймер (қосылу кідірісі 5 с).

ST — Structured Text

- • Мәтіндік бағдарламалау тілі.
- • Басқару алгоритмдері мен күрделі логиканы сипаттау үшін қолданылады.

Мысал

```
IF Start AND Safety_OK THEN
   Motor := TRUE;
ELSE
   Motor := FALSE;
END_IF;
```

Мәні: Start батырмасы басылып, Safety_OK қауіпсіздік шарты орындалса, қозғалтқыш қосылады.

IEC 61131-3

IEC 61131-3

БЛК бағдарламалау тілдерін (LAD, FBD, ST және т.б.) анықтайтын халықаралық стандарт.

Негізгі идея

- • Бір алгоритмді әртүрлі тілде (мысалы, LAD, FBD немесе ST) іске асыруға болады — таңдау тапсырмаға, күрделілікке және қалауға байланысты.

БЛК-ның тегін онлайн симуляторлары

https://edwartens.com/
https://camposlh.com/index.html

https://logic.aketo.kz/bank/

https://www.siemens.com/en-us/content/sce-educational-institutions/documents/?utm_source=chatgpt.com

БЛК-ның коммуникациялық интерфейстері мен өнеркәсіптік хаттамалары



- Қазіргі БЛК оқшау жұмыс істейтін жағдайлар сирек.
- Олар әртүрлі автоматтандыру құрылғыларымен (басқа контроллерлермен, модульдермен, жетектермен, оператор панельдерімен, SCADA және т.б.) ақпарат алмасады.

Деректер алмасудың типтік құрылымы



HMI
(оператор панелі)

БЛК

Жетек
(жиілік түрлендіргіші)

Датчик
(өрістік құрылғы)

Ең кең таралған өнеркәсіптік интерфейстер мен хаттамалар

Интерфейс / хаттама	Қысқаша сипаттама	Қолданылуы
PROFINET	Өнеркәсіптік Ethernet хаттамасы (Ethernet негізінде).	БЛК, қашықтағы модульдер және жетектер арасындағы байланыс.
Modbus RTU	Тізбекті интерфейстер арқылы жұмыс істейтін ашық хаттама (RS-485/RS-232).	Тізбекті интерфейстер арқылы деректер алмасу (датчиктер, жетектер, санауыштар және т.б.).
Modbus TCP	Ethernet негізіндегі Modbus (TCP/IP).	Ethernet арқылы деректер алмасу (SCADA, HMI және т.б.-мен біріктіру).
EtherNet/IP™	Өнеркәсіптік Ethernet хаттамасы (Rockwell Automation компаниясынан).	Контроллерлер мен жабдықтың өнеркәсіптік байланысы.
OPC UA	Ашық, стандартталған хаттама (IEC 62541).	Жүйелер арасындағы стандартталған деректер алмасу (БЛК, SCADA, MES, бұлт және т.б.).

Мысал: PROFINET негізіндегі желі



БЛК платформаларын салыстыру

	SIEMENS	SIEMENS	Rockwell Automation	Rockwell Automation	Schneider Electric
					
Контроллер	Siemens S7-1200 G2	Siemens S7-1500	Allen-Bradley CompactLogix 5380	Allen-Bradley ControlLogix 5580	Schneider Modicon M241
Типтік қолданылуы	Шағын және орташа машиналар	Күрделі өндірістік қондырғылар	Өндірістік машиналар мен желілер	Ірі басқару жүйелері	Машина жасау
Бағдарламалау ортасы	TIA Portal	TIA Portal	Studio 5000	Studio 5000	EcoStruxure Machine Expert

Мысал: Siemens S7-1200 G2



Процессорды, жадты, кіріс және шығыс тізбектерін, коммуникациялық интерфейстерді біріктіретін қазіргі ықшам контроллер.

Негізгі мүмкіндіктері

- Кірістерді/шығыстарды кеңейту (модульдік құрылым)
- Жоғары жылдамдықты санауыштар
- Қозғалысты басқару (Motion Control)
- Кіріктірілген коммуникациялық интерфейстер (Ethernet / PROFINET және т.б.)

Қолданылу салалары


Сорғы станциялары


Конвейерлер


Қаптау машиналары


Желдету жүйелері

Жүйеге қосу мысалы



Қазіргі автоматтандырудағы БЛК-ның маңызы

Бағдарламаланатын логикалық контроллерлер қазіргі өнеркәсіптік автоматтандырудың негізгі техникалық құралдарының бірі болып табылады.

Олар жабдықты берілген алгоритмдер бойынша басқаруды, датчиктердің атқарушы механизмдермен өзара әрекеттесуін, диагностиканы және деректер алмасуды қамтамасыз етеді.

Дәстүрлі релелік схемалардан айырмашылығы, БЛК әрбір логикалық операция үшін жеке электр тізбегін құру қажеттілігінсіз күрделі басқару логикасын іске асыруға мүмкіндік береді.

Негізгі қорытынды: БЛК өлшеу, ақпаратты өңдеу және жабдықты басқару функцияларын біріктіріп, көптеген қазіргі автоматтандырылған жүйелердің орталық элементі болып табылады.

Бақылау сұрақтары

1. Бағдарламаланатын логикалық контроллер дегеніміз не?
2. БЛК-ның микропроцессор мен микроконтроллерден айырмашылығы неде?
3. БЛК қандай негізгі функцияларды орындайды?
4. Өнеркәсіптік контроллер қандай компоненттерден тұрады?
5. Дискретті және аналогтық кірістердің айырмашылығы неде?
6. Шығыс модульдері не үшін қажет?
7. БЛК бағдарламасын орындау циклі дегеніміз не?
8. Ықшам БЛК-ның модульдік БЛК-дан айырмашылығы неде?
9. Контроллерді таңдағанда қандай сипаттамалар ескеріледі?
10. LAD, FBD және ST дегеніміз не?

11. БЛК-да қандай өнеркәсіптік байланыс интерфейстері қолданылады?
12. Өнеркәсіптік контроллерлердің қазіргі топтамаларын атаңыз.
13. БЛК контактор арқылы электрқозғалтқышты қалай басқарады?
14. БЛК-ның дәстүрлі релелік жүйеден қандай артықшылықтары бар?
15. Қазіргі өнеркәсіптік автоматтандыруда БЛК-ның маңызы қандай?