АВТОМАТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРІ МЕН ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫ

Мұғалім: Дәуренов Ә.Д

ДӘРІС №3. СЕНСОРЛАР ЖӘНЕ ДАТЧИКТЕР

Алдыңғы дәрісте келесі ұғымдар қарастырылды:

- автоматты басқару жүйелері (АБЖ);
- АБЖ-ның негізгі элементтері: датчик, түрлендіргіш, контроллер/реттегіш, атқарушы құрылғы және басқару объектісі;
- берілген және нақты мәндер, реттелетін шама және реттеу қателігі;
- қоздырушы әсер және кері байланыс;
- басқарудың негізгі принциптері: ашық басқару, кедергі бойынша басқару және ауытқу бойынша басқару (кері байланыс);
- АБЖ классификациясы: кері байланыстың болуына, сигналдардың сипатына және тапсырманың сипатына қарай.

Автоматты басқару жүйесінің маңызды элементтерінің бірі — датчик. Ол жүйені басқару объектісінің нақты күйі туралы ақпаратпен қамтамасыз етеді. Бұл дәрісте датчиктердің атқаратын қызметін, жұмыс істеу принциптерін, классификациясын және негізгі сипаттамаларын толығырақ қарастырамыз.

Дәрістің мақсаты

- автоматты басқару жүйелеріндегі датчиктердің рөлі туралы түсінік қалыптастыру,
- олардың жұмыс істеу принциптерін,
- негізгі классификациялары мен сипаттамаларын қарастыру.

Дәрістен кейін студент келесі тізбекті түсіндіре білуі керек:

Физикалық шама → Датчик → Өлшеу сигналы → Контроллер → Басқарушы әсер

СЕНСОРЛАР ЖӘНЕ АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ДАТЧИКТЕР

Датчик — объектінің немесе қоршаған ортаның физикалық шамасын қабылддап, оны әрі қарай өңдеуге ыңғайлы сигналға түрлендіретін құрылғы.



Температура
термопара, Pt100 датчигі



Қысым
қысым датчигі



Деңгей
ультрадыбыстық датчик



Орналасу
индуктивті датчик



Жылдамдық
энкодер



Жарықтану
фотоэлектрлік датчик



Қашықтық
ультрадыбыстық датчик



Ылғалдылық
ылғалдылық датчигі

Датчик — автоматтандыру жүйесінің «көзі және құлағы».

Физикалық шама
(температура, қысым, деңгей және т.б.)

ДАТЧИК
Физикалық шаманы электрлік сигналға түрлендіреді

Электрлік сигнал
(4–20 мА, 0–10 В, импульстер және т.б.)

ПЛК / контроллер
Сигналды өңдеу және технологиялық процесті басқару

Автоматты басқару жүйесіндегі датчиктің орны

Датчик кері байланыс тізбегінде орналасады және контроллерге объектінің нақты күйі туралы ақпаратты хабарлайды.

Берілген мән
r(t)

↓

Контроллер
(ПЛК / реттегіш)

↓ **u(t)**

Атқарушы құрылғы
(клапан, насос, қыздырғыш және т.б.)

↓

Басқару объектісі
(технологиялық процесс)

↓ **y(t)**

Датчик
(y(t)-ді өлшейді)

Кері байланыс

Мысал: температураны ұстап тұру жүйесі



Жүйенің жұмыс істеу мысалы

Берілген:	температура 70 °C
Өлшеу датчигі:	63 °C
Контроллер:	қателікті анықтайды (қыздыру жеткіліксіз)
Қыздырғыш:	қосылады немесе қуатын арттырады
Температура:	жоғарылайды

Датчиксіз жүйе басқару объектісінің нақты күйі туралы ақпарат алмайды.

Датчик нақты не істейді?

Датчиктің жұмысын өте қарапайым түрде көрестуге болады:

Физикалық шама → түрлендіру → сигнал

Мысалы, температураны өлшейміз:



1. Физикалық шама

Қоршаған ортаның температурасы

$T = 75\ °C$



Pt100
(температура датчигі)

2. Түрлендіру

Температура сезімтал элементтің (Pt100) электрлік кедергісін өзгертеді.



3. Электрлік сигнал

Кедергінің өзгеруі стандартты электрлік сигналға түрлендіріледі (мысалы, 4–20 мА).

Датчик физикалық элемді басқару жүйесімен байланыстырады.

Ол физикалық шаманы өлшейді және оны контроллердің одан әрі өңдеуі үшін қолайлы электрлік сигналға түрлендіреді.

Жалпы жағдайда:

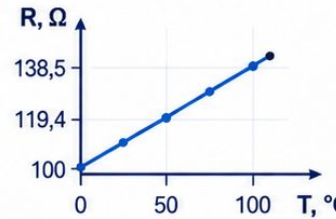
$$Y = f(X)$$

Мысалы:

Температура T → Кернеу U

Қысым P → Ток I

Температура (Pt100) үшін мысал:



0 °C кезінде: $R \approx 100\ \Omega$

100 °C кезінде: $R \approx 138{,}5\ \Omega$

Физикалық шама: X
шығыс сигналына түрленеді: Y

Ультрадыбыстық деңгей датчигінің жұмыс істеу принципі

Датчик сұйықтықтың үстіне орнатылады және ультрадыбыстық сигналдың өту уақытының негізінде өлшейді.

1 Ультрадыбысты шығару

Датчик қысқа ультрадыбыстық импульстер жібереді.



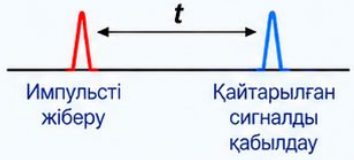
2 Беттен шағылысу

Импульс сұйықтық бетіне шағылысып, датчикке қайтады.



3 Уақытты өлшеу

Датчик жіберілген және қайтарылған сигнал арасындағы уақытты өлшейді.



4 Қашықтық пен деңгей есептеу

Дыбыс жылдамдығы v белгілі, сұйықтық бетіне дейінгі қашықтық келесі формуламен анықталады:

$$d = \frac{v \cdot t}{2}$$

Сигнал екі бағытта өтетіндіктен, уақытты 2-ге бөлу қажет.

Егер резервуардың толық биіктігі H белгілі болса, сұйықтық деңгейі:

$$L = H - d$$

Мұндағы:

- v — ауадағы дыбыс жылдамдығы (≈ 343 м/с, 20 °C)
- t — ультрадыбыстық сигналдың өту уақыты (с)
- d — сұйықтық бетіне дейінгі қашықтық (м)
- H — резервуардың толық биіктігі (м)
- L — сұйықтық деңгейі (м)

5 Есептеу мысалы

Резервуардың биіктігі H = 5 м, датчиктен сұйықтық бетіне дейінгі қашықтық d = 1,2 м.



$$L = H - d$$

$$L = 5 - 1{,}2 = 3{,}8 \text{ м}$$

Сұйықтық деңгейі (физикалық шама) → **Ультрадыбыстық датчик** (уақытты өлшейді) → **Қашықтық d** (формула бойынша) • $d = v \cdot t / 2$ → **Деңгей L** $(L = H - d)$ → **Электрлік сигнал** (мысалы, 4–20 мА) → **ПЛК** (өңдеу және басқару)

Қысым датчигінің жұмыс істеу принципі

Мысал: пьезорезистивті қысым датчигі (өнеркәсіптік)

1 Қысым

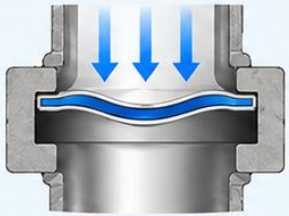
Сұйықтықтың немесе газдың қысымы мембранаға әсер етеді.



Қысым P
(сұйықтық/газ)

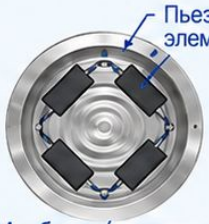
2 Мембрананың деформациясы

Қысымның әсерінен металл мембрана аздап деформацияланады.



3 Қарсылықтың өзгеруі

Мембранада орналасқан пьезорезистивті элементтердің электрлік қарсылығы деформация кезінде өзгереді.



Мембрана (жоғарыдан көргніс)

4 Электрлік сигнал

Қарсылықтың өзгеруі кіріктірілген электроника арқылы стандартты электрлік сигналға (әдетте 4–20 мА) түрлендіріледі.



5 Контроллер (ПЛК)

4–20 мА сигналы ПЛК-ның кірісіне түседі, ол процесті қадағалау және басқару үшін қолданылады.





Нақты мысал WIKA S-20

Пьезорезистивті қысым түрлендіргіші.

- Өлшеу диапазондары: 0...1 бар-дан 0...600 бар-ға дейін
- Шығыс сигналы: 4–20 мА (сондай-ақ 0–10 В)
- Қолданылуы: су, май, ауа, бу, газдар

Өлшеу диапазонының баптау мысалы 0–10 бар

Қысым, бар	Шығыс сигналы, мА
0	4
5	12
10	20

Тәуелділік сызықты: қысым неғұрлым жоғары болса, шығыс тогы соғұрлым үлкен болады.

Түрлендірудің қорытынды тізбегі





Бұл мысал сезімтал элементтің (мембрана + пьезорезисторлар) және өлшеу түрлендіргішінің (электроника) арасындағы айырмашылықты көрсетеді.

Мысал: температураны өлшеу

Өнеркәсіптік процесті қарастырайық.

Резервуардағы судың температурасын бақылау қажет деп есептейік.

1 Басқару объектісі (сулы резервуар)



Температура (физикалық шама)

T

80 °C

2 Температура датчигі (Pt100)



Pt100

(термокедергі)

Pt100 температураның өзгеруіне электрлік кедергісінің өзгеруі арқылы тікелей әрекет етеді

Электрлік кедергі

R

(мысалы, 80 °C кезінде ≈ 130,9 Ω)

3 Өлшеу түрлендіргіші



Pt100 кедергісінің өзгеруін стандартты электрлік сигналға түрлендіреді (4–20 мА).

Стандартты сигнал

I

4–20 мА

4 ПЛК (контроллер)



ПЛК стандартты 4–20 мА сигналын қабылдап, оны температура мәніне түрлендіреді (мысалы, 80 °C) және процесті басқару үшін қолданады.

Негізгі идея:

Өнеркәсіптік жүйеде көбінесе өлшеу түрлендіргіші қолданылады, себебі ПЛК үшін стандартталған электрлік сигналдармен жұмыс істеу ыңғайлы.

Стандартты сигналдар:

- 4–20 мА (аналогтық)
- 0–10 В (аналогтық)
- HART, Profibus, Modbus (цифрлық)

Датчиктердің негізгі функциялары

Датчикте үш негізгі функцияны бөлуге болады: қабылдау, түрлендіру және ақпарат беру.

1 Қабылдау

Датчик басқару объектісінің физикалық шамасын қабылдайды.

- Температура
- Қысым
- Деңгей
- Позиция
- Жылдамдық
- Ылғалдылық
- Жарықтандыру

және т.б.



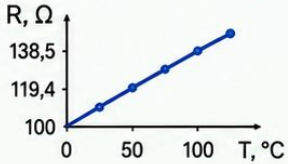
2 Түрлендіру

Физикалық шама басқа параметрге, әдетте электрлік шамаға түрлендіріледі.



Температура датчигі (Pt100)

Қарсылықтың өзгеруі



Мысалы, Pt100 үшін:
0 °C кезінде R = 100 Ω
100 °C кезінде R = 138,5 Ω



Өлшеу түрлендіргіші (стандартты электрлік сигналға түрлендіреді)

Стандартты сигнал

4–20 мА

3 Ақпарат беру

Алынған сигнал өңдеу немесе басқару жүйесіне беріледі.



ПЛК / контроллер
(сигналды өңдеу және үрдісті басқару)

Өнеркәсіптік объектідегі толық тізбектің мысалы:



Басқару объектісі
(сулы резервуар)
T = 80 °C



Температура датчигі (Pt100)

Электрлік қарсылық (мысалы, 130,9 Ω) при 80 °C)



Түрлендіргіш (4–20 мА)

4–20 мА



ПЛК (контроллер)

Датчик жүйені басқару объектісінің физикалық шамасын қабылдау, түрлендіру және ақпарат беру функциялары арқылы байланыстырады.

Датчиктердің классификациясы

Датчиктерді бірнеше белгілері бойынша классификациялауға болады.

- Өлшенетін шама
- Жұмыс істеу принципі
- Шығыс сигналы

Сондай-ақ келесі белгілер бойынша классификациялауға болады:

- объектімен өзара әрекеттесуіне қарай;
- сигналдың қалыптасуына қарай;
- ақпаратты беру тәсіліне қарай.

Өлшенетін шама бойынша классификация

Датчиктер олар өлшейтін физикалық шамаға қарай ажыратылады.

Температура

Сұйықтықтардың, газдардың және қатты денелердің температурасын өлшейді.



Термопара (TC)



Терморезистор (RTD, Pt100)



Жартылай өткізгіштік датчик (мысалы, LM35)



Өлшеу түрлендіргіші бар температура датчигі (4–20 мА)

Қолдану мысалы: резервуардағы температураны бақылау.

Қысым

Артық, абсолюттік немесе дифференциалдық қысымды өлшейді.



Пьезорезистивті қысым датчигі



Пьезоэлектрлік қысым датчигі



Сыйымдылықтық қысым датчигі

Қолдану мысалы: құбырдағы қысымды бақылау.

Орналасу және орын ауыстыру

Сызықтық немесе бұрыштық орналасуды, орын ауыстыруды және жылдамдықты өлшейді.



Потенциометрлік датчик (сызықтық орын ауыстыру)



Индуктивті жақындау датчигі



Энкодер (бұрыштық орын)

Қолдану мысалы: жетек механизмінің орын ауыстыруын немесе айналу жылдамдығын бақылау.

Деңгей

Сұйықтықтардың, сусымалы материалдардың деңгейін немесе орта шекарасын өлшейді.



Қалтқылы деңгей датчигі



Сыйымдылықтық деңгей датчигі



Ультрадыбыстық деңгей датчигі



Гидростатикалық деңгей датчигі

Қолдану мысалы: резервуардағы су деңгейін бақылау.

Шығын

Сұйықтықтардың, газдардың және булардың көлемдік немесе массалық шығынын өлшейді.



Электромагниттік шығын өлшегіш



Турбиналық шығын өлшегіш



Ультрадыбыстық шығын өлшегіш

Қолдану мысалы: құбырдағы су, бу немесе газ шығынын есепке алу.

Маңызды!

Бір және сол физикалық принцип (мысалы, ультрадыбыс) әртүрлі шамаларды өлшеу үшін қолданылуы мүмкін (деңгей, қашықтық, шығын). Өлшенетін шама бойынша классификация нақты не бақыланатынын көрсетеді.

Жұмыс істеу принципі бойынша классификация

Енді датчиктерді не өлшейтініне емес, қалай жұмыс істейтініне қарай классификациялаймыз.

Резистивті

Өлшенетін шама әсерінен электрөлік кедергі өзгереді.



Мысал:
Pt100
(температура датчигі)

Термоэлектрлік

Температура айырмасынан термоЭҚК (термоэлектрлік кернеу) пайда болады.



Мысал:
термопара

Индуктивті

Металл объектінің қозғалысы немесе орналасуы кезінде катушка индуктивтілігі өзгереді.



Мысал:
индуктивті жақындау датчигі

Сыйымдылықтық

Өлшенетін шама әсерінен конденсатор сыйымдылығы өзгереді.



Мысал:
сыйымдылықтық деңгей датчигі

Фотоэлектрлік

Жарық ағынын пайдаланады (сәулені үзілу, шағылу немесе қабылдау).



Мысал:
оптималық датчик

Пьезоэлектрлік

Механикалық әсер кезінде пьезоэлектрлік элементте электрлік кернеу пайда болады.



Мысал:
қысым датчигі

Ультрадыбыстық

Ультрадыбыстық толқындарды жіберіп, олардың қайту уақыты бойынша қашықтықты өлшейді.



Мысал:
ультрадыбыстық деңгей датчигі

Магниттік

Магнит өрісінің өзгеруін пайдаланады (мысалы, Холл эффектісі, магниттік өріс өзгерісі).



Мысал:
Холл датчигі
(орналасуды өлшеу)

Мысал: бір параметр — әртүрлі принциптер



Қалқылы
Сұйықтық деңгейін механикалық қалқымал арқылы анықтайды.



Сыйымдылықтық
Сұйықтықтың болуына қарай сыйымдылық өзгереді.



Ультрадыбыстық
Ультрадыбыстық толқынның қайту уақыты бойынша деңгей өлшенеді.

Маңызды!

Бір және сол параметрді (мысалы, деңгей, температура, қысым) өлшеу үшін әртүрлі жұмыс істеу принциптері қолданылуы мүмкін. Датчикті таңдау оны қолдану жағдайына байланысты.

Контактілі және контактісіз датчиктер

Объектімен өзара әрекеттесу тәсілі бойынша классификация

Контактілі датчиктер

Өлшеу үшін объектімен физикалық жанасу қажет.

Мысалдар:

- шекті ажыратқыш;
- контактілі температура датчигі;
- қалқылы деңгей датчигі.

Шекті ажыратқыш



Механикалық жанасу арқылы жұмыс істейді.

Контактілі температура датчигі



Өлшенетін ортамен жанасу қажет.

Қалқылы деңгей датчигі



Сұйықтықпен жанасу арқылы жұмыс істейді.

Контактісіз датчиктер

Объектімен физикалық жанасу қажет емес.

Мысалдар:

- индуктивті датчик;
- оптикалық датчик;
- ультрадыбыстық датчик;
- инфрақызыл датчик.

Индуктивті датчик



Металл объектілерді анықтау.

Оптикалық датчик



Жарықтың шағылуымен анықтау.

Ультрадыбыстық датчик



Ультрадыбыстық толқындар арқылы қашықтықты өлшеу.

Инфрақызыл датчик



ИК-сәуле арқылы объектіні анықтау (жарықтық тосқауыл).

Мысал: индуктивті датчик



Датчик электромагниттік өрісті пайдаланып, металл объектінің бар-жоғын механикалық жанасусыз анықтайды.

Маңызды!

Контактілі немесе контактісіз датчикті таңдау қолдану шарттарына байланысты: орта, жылдамдық, тозу, қажетті дәлдік және т.б.

Активті және пассивті датчиктер

Электрлік сигналдың қалыптасу тәсілі бойынша классификация

Терминдер әртүрлі дереккөздерде әртүрлі болуы мүмкін. Мұнда ең кең тараған классификация келтірілген.

Активті (генераторлық) датчиктер

Өлшенетін шаманың әсерінен өздігінен электрлік сигнал (ЭҚК, кернеу немесе заряд) қалыптасады. Сыртқы қорек көзі қажет емес.

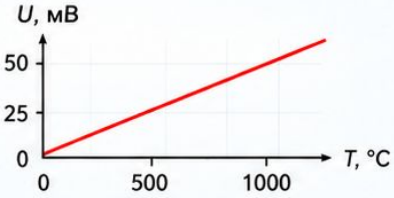
Мысалдар:
- терможұп
- пьезоэлектрлік датчик

Терможұп



Зеебек эффектісі: температуралар айырмасынан ЭҚК пайда болады.

$$\Delta T \rightarrow U$$



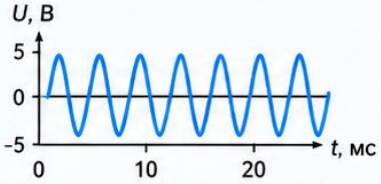
Мысал: тип K ≈ 41 мкВ/°C

Пьезоэлектрлік датчик



Механикалық әсер (қысым, үдеу, діріл) кезінде пьезоэлектрлік элементте электрлік заряд пайда болады.

$$F \rightarrow Q(U)$$



Мысал: дірілді өлшеу (үдеу датчигі).

Пассивті (параметрлік) датчиктер

Өлшенетін шама әсерінен датчиктің электрлік параметрі (*R*, *C*, *L*) өзгереді. Өздігінен ЭҚК қалыптаспайды, сондықтан сыртқы қорек көзі қажет (тұрақты ток немесе айнымалы ток).

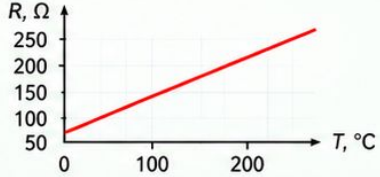
Мысалдар:
кедергі, сыйымдылық, индуктивтілік
(R, C, L)

Терморезистор (Pt100)



Температура артқан сайын кедергі өзгереді.

$$T \uparrow \Rightarrow R \uparrow$$



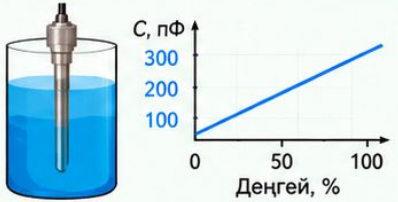
Pt100 (IEC 60751):
R_0 = 100 Ω (0 °C), | R ≈ 138,5 Ω (100 °C)

Сыйымдылықты деңгей датчигі



Ортаның деңгейі өзгергенде датчиктің сыйымдылығы өзгереді.

$$L \uparrow \Rightarrow C \uparrow$$



Мысал: резервуардағы сұйықтық деңгейін өлшеу.

Негізгі айырмашылығы

Активті датчиктер
- өздігінен электрлік сигнал қалыптастырады;
- сыртқы қорек көзі қажет емес;
- мысалдар: терможұп, пьезоэлектрлік датчик.

Пассивті датчиктер
- электрлік параметрі (*R*, *C*, *L*) өзгереді;
- сыртқы қорек көзі қажет;
- мысалдар: Pt100, тензодатчик, сыйымдылықты датчик.

Аналогтық және цифрлық датчиктер

Датчиктер аналогтық немесе цифрлық шығыс сигналын қалыптастыруы мүмкін.

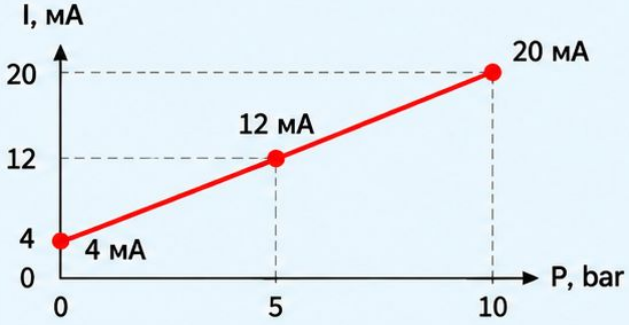
Датчиктердің түрін таңдау қолдану міндеттеріне, қажетті дәлдікке және пайдалану жағдайларына байланысты.

Аналогтық шығыс

Шығыс сигналы өлшенетін шамаға үздіксіз және пропорционалды түрде өзгереді.



Қысым датчигі (4–20 мА)
WIKA A-10



Мысал:

0 bar	→	4 мА
5 bar	→	12 мА
10 bar	→	20 мА

Стандартты диапазондар:

- 0–10 В
- 4–20 мА (кеңінен қолданылады)
- 0–20 мА

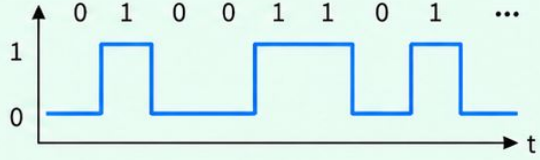
Цифрлық шығыс

Ақпарат дискретті түрде (сандық мәндер немесе цифрлық протокол арқылы) беріледі.



Температура және ылғалдылық өнеркәсіптік датчигі SICK THTL-2xx
Интерфейс: Modbus RTU (RS-485)

Деректердің тізбектей берілуі (мысалы, Modbus RTU)



Мысал (SICK THTL-2xx):

- цифрлық интерфейс: Modbus RTU (RS-485);
- өлшенген мәндерді беру (температура, ылғалдылық және т.б.);
- жоғары кедергінің иммунитеті;
- ПЛК және SCADA-ға қосу мүмкіндігі.

Маңызды!

- Аналогтық сигнал — үздіксіз өзгеретін шама (мысалы, 4–20 мА).
- Цифрлық сигнал — дискретті деректер (мысалы, Modbus, 1-Wire, IO-Link).
- Датчиктерді автоматтандыру және өнеркәсіптік жүйелерде кеңінен қолданылады, олар Modbus, Profibus, Ethernet және т.б. арқылы біріктіріледі.

Цифрлық интерфейстер мысалдары:

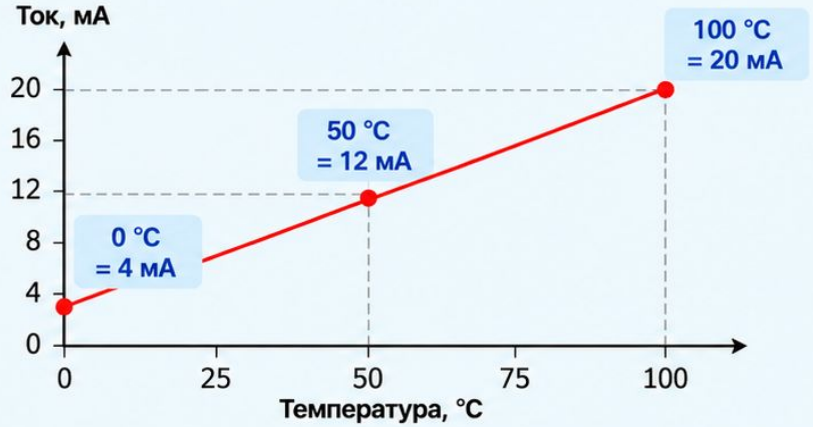
- Modbus RTU / Modbus TCP
- IO-Link
- Profibus
- Profinet
- Ethernet/IP
- 1-Wire (қарапайым датчиктер үшін)

Неліктен өнеркәсіпте 4–20 мА қолданылады?

Бұл – өлшеу ақпаратын беру үшін сенімді және қарапайым стандартты токтық сигнал.

Мысал: температура датчигі 0...100 °C

Температура мен ток арасындағы сызықтық тәуелділік:



Стандартты диапазон 4–20 мА

- 4 мА өлшенетін шаманың минималды мәніне сәйкес келеді.
- 20 мА өлшенетін шаманың максималды мәніне сәйкес келеді.
- Ток өлшенетін шамаға пропорционалды түрде өзгереді.
- Стандарт кеңінен қолданылады (қысым, температура, деңгей және т.б. датчиктерінде).

Неліктен 0–20 мА емес?

- «Тірі нөлдің» (4 мА) болуы жұмыс істеп тұрған датчикті тізбектің үзілуінен немесе қоректенудің жоғалуынан ажыратуға мүмкіндік береді.
- Кедергілерге төзімділігі жоғары (наводкалар мен шудың әсері аз).
- Халықаралық өнеркәсіптік стандарттарда қабылданған (IEC 60381, NAMUR).
- Өнеркәсіптік жабдықтардың көпшілігімен үйлесімді (ПЛК, контроллерлер, екінші реттік аспаптар).

Типтік қосылу сұлбасы (екі сымды жүйе)



4–20 мА артықшылықтары

- Тізбектің үзілуін бақылау (0 мА = ақау).
- Кедергілерге төзімділігі жоғары.
- Қарапайым және сенімді іске асыру (екі сымды схема).
- Ұзақ қашықтыққа сигнал беруге мүмкіндік береді (жүздеген метр).
- Жабдықтардың кең үйлесімділігі.
- Әртүрлі физикалық шамалар үшін қолайлы.

Қорытынды: 4–20 мА — өнеркәсіптік автоматтандыру жүйелерінде аналогтық ақпаратты берудің қарапайым, сенімді және стандартталған тәсілі.

Слайд 14. Датчиктердің негізгі сипаттамалары

Датчикті дұрыс таңдау және қолдану үшін оның не өлшейтінін ғана емес, сонымен қатар оның қалай жұмыс істейтінін жақсы түсіну маңызды.

Өлшеу диапазоны

Датчик өлшей алатын физикалық шамалардың аралығы.

Мысалы: −50 ... +200 °C

Дәлдік / қателік

Өлшенген мәннің шынайы мәнге қаншалықты жақын екенін көрсетеді.

Мысалы: ±0,2 °C (А классы)

Сызықтылық

Шығыс сигналының өлшенетін шамаға пропорционалды өзгеру дәрежесі.

Мысалы: ауытқу диапазоннан ≤ 0,1 %

Жауап беру уақыты

Датчиктің өлшенетін шама өзгерісіне қаншалықты тез әрекет ететінін көрсетеді.

Мысалы: $t_{90} \leq 2$ с



Сезімталдық

Өлшенетін физикалық шама өзгергенде шығыс сигналының қаншалықты өзгеретінін көрсетеді.

Мысалы: Pt100 үшін α = 0,385 Ω/°C

Ажыратымдылық

Датчик анықтай алатын минималды өзгеріс мәні.

Мысалы: 0,1 °C (цифрлық датчик үшін)

Қайталанғыштық

Бірдей өлшеу жағдайларында датчиктің тұрақты және қайталанатын нәтижелер беру қабілеті.

Мысалы: ±0,1 °C

Қорытынды:

Бұл сипаттамалар датчиктің мүмкіндіктерін бағалауға көмектеседі, нақты міндеттерге жарамды датчикті таңдауға және оны дұрыс қолдануға мүмкіндік береді.

Слайд 15. Өлшеу диапазоны

Өлшеу диапазоны — бұл датчиктің беріген сипаттамалармен (дәлдік, сызықтықтық және т.б.) өлшей алатын физикалық шаманың мәндерінің аралығы.

Мысал:

−50 °C ... +150 °C

Бұл нені білдіреді:



Маңызды!

Егер процестегі өлшенетін шаманың мәні осы диапазоннан тыс болса, мұндай датчикті қолдануға болмайды.

Мысалы:

Егер процесте

T = 250 °C

болса, мұндай датчикті қолдануға болмайды, себебі 250 °C мәні −50 ... +150 °C диапазонынан тыс.



Өнеркәсіптік температура датчигі (Pt100)

Өлшеу диапазоны:

−50 ... +150 °C

Слайд 16. Сезімталдық

Сезімталдық — кіріс (өлшенетін) шаманың өзгергенде шығыс сигналының қаншалықты өзгеретінін көрсететін шама.

Формуласы:

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

мұнда:

ΔX — өлшенетін шаманың өзгерісі;

ΔY — шығыс сигналының өзгерісі.

Мысал:

Температураның өзгеруі: 20 °C → 30 °C

Шығыс сигналының өзгеруі: 2 V → 3 V

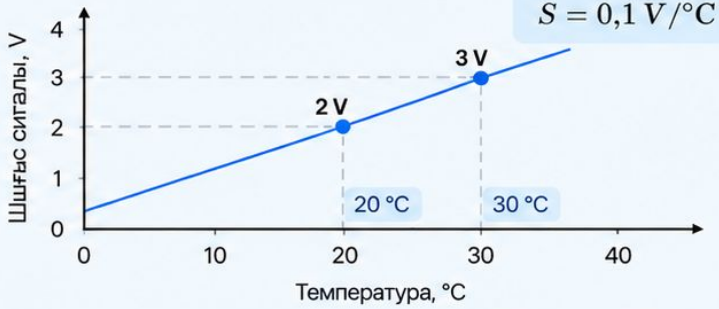
Сонда:

$$S = \frac{3-2}{30-20} = 0{,}1\,V/°C$$

Яғни, температура **1 °C**-қа өзгергенде шығыс сигналы **0,1 V**-қа өзгереді.

Графикалық түрде бейнелеуі

$S = 0{,}1\,V/°C$



Қорытынды: Сезімталдық датчиктің өлшенетін шаманың өзгерісіне қаншалықты күшті реагиция жасайтынын көрсетеді және шығыс сигналының қалай өзгеретінін түсінуге көмектеседі.

Слайд 17. Өлшеу қателігі

Өлшеу қателігі — датчик корсететін мән мен өлшенетін шаманың шынайы (нақты) мәні арасындағы айырма.

Мысал

Нақты температура: $T_{real} = 50\,°C$

Датчик көрсетеді: $T_{meas} = 51\,°C$

Абсолюттік қателік:

$$\Delta T = T_{meas} - T_{real}$$
$$\Delta T = 51 - 50 = 1\,°C$$



Маңызды түсіну

- Ешбір нақты датчик абсолютті дәл өлшемейді.
- Қателік әрқашан болады.
- Ол оң (+) немесе теріс (–) болуы мүмкін (датчик шынайы мәннен жоғары немесе төмен көрсетуі мүмкін).
- Техникалық құжаттамада қателік әдетте % түрінде, °C, %, немесе комбинацияда көрсетіледі (мысалы, ±0,5% диапазоннан).

Қорытынды

Өлшеу қателігі датчик көрсеткішінің шынайы мәннен қаншалықты ауытқитынын көрсетеді. Қателік неғұрлым аз болса, өлшеу соғұрлым дәл болады.

Слайд 18. Ажыратылымдылық

Ажыратылымдылық — датчик немесе өлшеу жүйесі ажырата алатын өлшенетін шаманың ең кіші өзгерісі (яғни, жаңа мән ретінде көрсете алатын ең аз қадам).

Мысал 1. А датчигі (жоғары ажыратылымдылық)

Көрсеткіштері:	20.0	20.1	20.2 °C
Ажыратылымдылық:	**0,1 °C**		

Мысал 2. В датчигі (төмен ажыратылымдылық)

Көрсеткіштері:	20	21	22 °C
Ажыратылымдылық:	**1 °C**		

Маңызды!

- Ажыратылымдылық — бұл дәлдік емес.
- Көрсеткіш көп таңбалы болуы мүмкін, бірақ бұл әрдайым жоғары дәлдікті білдірмейді.
- Ажыратылымдылық датчиктің конструкциясына және өлшеу жүйесіне (АЦП, дисплей, интерфейс) байланысты.

Салыстыру



Қорытынды

Ажыратылымдылық датчиктің көрсете алатын ең кіші қадамын сипаттайды. Дәл өлшеу үшін тиісті ажыратылымдылығы бар датчикті таңдау қажет.

Слайд 19. Сызықтықтық

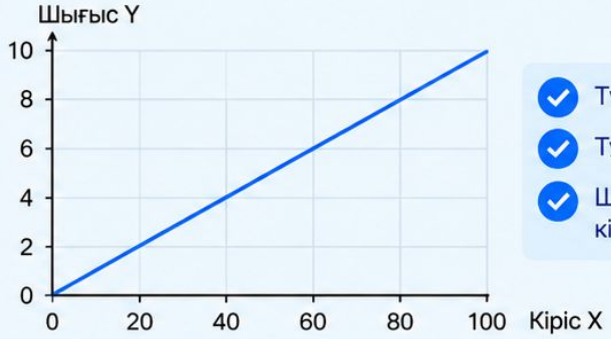
Сызықтықтық — бұл датчиктің нақты (нақты) сипаттамасы мен идеал түзу сызықтың жұмыс диапазонында қаншалықты сәйкес келетінін көрсететін шама.

Идеалды сызықтық тәуелділік:

$$Y = kX + b$$

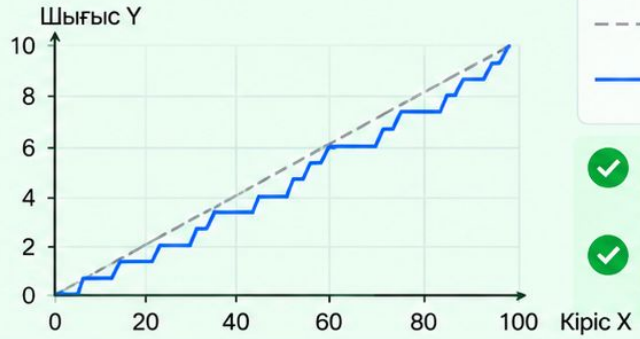
мұнда:
X — кіріс (өлшенетін шама);
Y — шығыс сигнал;
k — коэффициент (өңістік);
b — ығысу (жылжу).

Идеалды датчик (сызықтық тәуелділік)



- Түзу сызық
- Тұрақты сезімталдық
- Шығыс сигнал кірісіне пропорционал

Нақты датчик (сызықтық емес сипаттама)



- Түзу сызықтан ауытқу бар (сызықтық емес)
- Сезімталдық диапазонның әр түрлі учаскелерінде өзгереді

Сызықтықтықтың қателігі

Сызықтықтық нақты сипаттаманың идеалды түзу сызықтан максималды ауытқуын сипаттайды.

$$\delta = \frac{Y_{\text{real}} - Y_{\text{ideal}}}{FS} \cdot 100\%$$

мұнда:
Y_{real} — нақты шығыс сигнал;
Y_{ideal} — идеалды (есептік, түзу сызық бойынша) шығыс сигнал;
FS — шығыс сигнандың толық диапазоны.

Маңызнды түсіну

- Идеалды сызықтық датчиктер іс жүзінде болмайды.
- Сызықтықтық өлшеу дәлдігіне әсер етеді.
- Техникалық құжаттамада әдетте рұқсат етілген сызықтықтық қателігі көрсетіледі (мысалы, ±0,1% диапазоннан).

Қорытынды

Сызықтықтық датчиктің нақты сипаттамасы мен идеалды түзу сызықтың кіріс пен шығыс арасында насколықты жақын екенін көрсетеді.

Слайд 20. Жауап беру уақыты

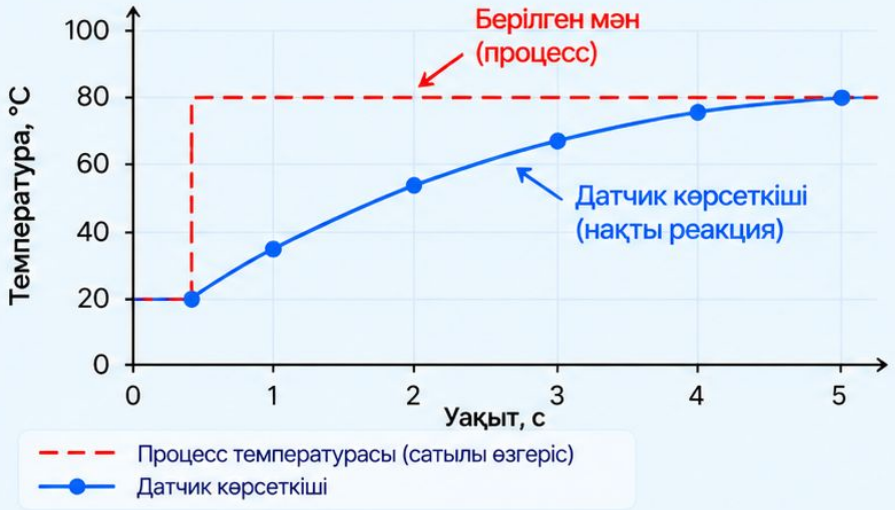
Жауап беру уақыты — бұл кіріс (өлшенетін шама) өзгергеннен кейін датчиктің шығыс сигналы жаңа мәнге жетіп, оны сақтап тұратын уақыт.

Маңызды!

Датчик кіріс өзгерісіне әрқашан бірден реакция бермейді. Процесс неғұрлым жылдам өзгерсе, соғұрлым жылдам әрекет ететін датчикті қолдану маңызды.

Мысал: температураның сатылы өзгеруі

Температура 20 °C-тан 80 °C-қа күрт өзгерді.



Сандық мысал

Уақыт, с	Датчик көрсеткіші, °C
0	20
1	35
2	55
3	70
4	78
5	80

Жауап беру уақытын бағалау

Көбінесе өзгерістің **90%**-ына жету уақыты қолданылады.

90% of 80 °C = 72 °C

Датчик шамамен 72 °C-қа **3 секундта** жетеді.

Демек, **жауап беру уақыты** **t ≈ 3 с** (90% критерийі бойынша).

Ескерту

Жауап беру уақыты датчиктің конструкциясына, жылулық инерциясына және орнату жағдайларына байланысты.

Қайда жылдам әрекет ететін датчик маңызды?

- Апаттық қорғау (қ қызып кетуді, қысымның артуын және т.б. тез анықтауға).
- Технологиялық процестерді басқару.
- Динамикалық процестерді бақылау.
- Робототехника және жоғары жылдамдықты технологиялық процестер.

Қорытынды

Жауап беру уақыты датчиктің өлшенетін шаманың өзгеруіне қаншалықты тез әрекет ететінін көрсетеді. Жылдам өзгеретін процестер үшін жауап беру уақыты кіші датчиктерді пайдалану қажет.

Өнеркәсіптік автоматтандырылған жүйедегі датчиктер

Нақты қондырғыларда бір датчик қолданылады. Сенімді және қауіпсіз басқару үшін процесті бірнеше параметр бойынша өлшейтін бірнеше датчик қолданылады.



Біз келесі параметрлерді бір уақытта өлшей аламыз:

- температура;
- қысым;
- деңгей;
- шығын (ағын).

Неліктен бірнеше датчик кажет?

- Процесті жақсы түсіну.
- Қауіпсіздікті арттыру.
- Нақты және тұрақты басқару.
- Апаттық жағдайларды анықтау мүмкіндігі.

Барлық деректер контроллерге түседі:



Қорытынды: Көптеген өнеркәсіптік жүйелерде процесті бақылау және басқару үшін бірнеше датчик қолданылады, ал барлық деректер контроллерге түседі.

Бұл нақты қондырғыларда кеңінен қолданылатын стандартты шешім.

Датчик автоматтандыру жүйесінде ақпарат көзі ретінде

Нақты қондырғыда барлық элементтер біртұтас жүйе ретінде жұмыс істейді — физикалық процестен бастап қажеттӣ басқару әрекетіне дейін.

1. Физикалық процесс



Процесте физикалық шама өзгереді (температура, қысым, деңгей, ағын және т.б.).

2. Датчик



Датчик физикалық шаманы электрлік сигналға түрлендіреді (мысалы, 4–20 мА, 0–10 В, цифрлық сигнал).

3. Өлшеу



Сигнал өлшенетін шаманың мәнін береді және контроллерге беру үшін дайындалады (аналогтық немесе цифрлық түрінде).

4. Өңдеу



Контроллер сигналды өңдейді: сүзгілеу, масштабтау, логикалық салыстыру, алгоритм бойынша есептеу.

5. Шешім қабылдау



Өлшеу нәтижелеріне сәйкес контроллер басқару шешімін қабылдайды (мысалы, клапанды ашу/жабу, сорғыны қосу, қыздырғышты басқару).

6. Атқарушы құрылғы



Басқару сигналы атқарушы құрылғыны орындайды (клапан, сорғы, қөзғалтқыш, қыздырғыш және т.б.).

7. Процеске әсер ету

Атқарушы құрылғының әрекеті процесс параметрлерін өзгертеді.

Бұл автоматтандырудың мәні:

Өлшеу → Өңдеу → Шешім қабылдау → Әрекет ету → Шаманың өзгеруі.

Маңызды түсіну:

Өнеркәсіптік жүйелерде бірнеше датчик нен атқарушы құрылғылар бірлесіп жұмыс істейді, бұл процесті кауіпсіз, тұрақты және тиімді басқаруға мүмкіндік береді.