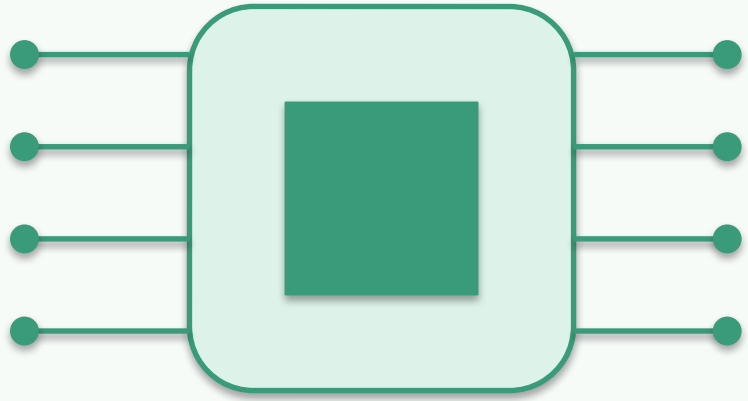
CONTROL / PID

РОБОТТАРДЫ БАСҚАРУ ТЕОРИЯСЫ ЖӘНЕ PID РЕТТЕГІШІ

Басқару контуры • тұрақтылық • пропорционалдық-интегралдық-дифференциалдық реттеу



CONTROL • COMPUTE • CONNECT

Балжан Ибрагимқызы
PhD, ассистент-профессор

Дәрістің мақсаты және басқару жүйесі

Басқару теориясы роботтың қажетті қозғалыс пен нақты күй арасындағы айырманы азайтуға мүмкіндік береді.

Мақсаты

Робот қозғалысын басқарудың негізгі ұғымдарын және PID реттегішінің жұмысын түсіндіру.

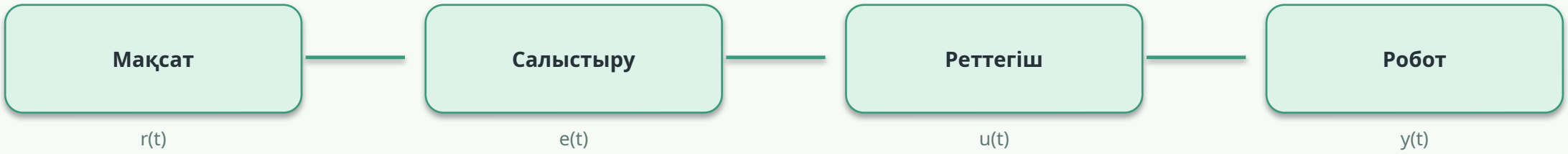
Міндеттері

Кері байланыс, қате сигналы, тұрақтылық және реттеу параметрлерін қарастыру.

Нәтиже

Қарапайым мотор немесе робот үшін PID басқару құрылымын түсіндіру.

Жабық контурлы басқару жүйесі



1. Басқару теориясының негізгі ұғымдары

Басқару жүйесі объектінің күйін өлшеп, оны берілген мақсатқа жақындататын әсерді қалыптастырады.

Басқару объектісі

Мотор, роботтың шассиі, манипулятор немесе басқа динамикалық жүйе.

Басқарушы әсер

Жетекке берілетін кернеу, ток, PWM сигналы немесе момент.

Кері байланыс

Энкодер, гироскоп немесе басқа сенсор нақты күйді өлшейді.

Басқару сапасының негізгі көрсеткіштері

Дәлдік

орныққан қате

Жылдамдық

өсу уақыты

Тұрақтылық

тербеліс / орнығу

Робастылық

кедергіге төзімділік

2. Ашық және тұйық басқару контурлары

Тұйық контурда өлшенген нәтиже мақсатпен салыстырылады; ашық контурда мұндай түзету жоқ.

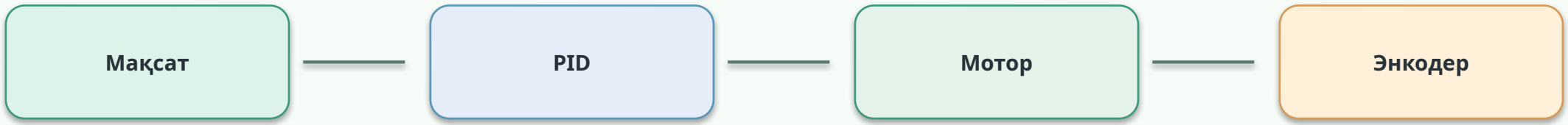
Ашық контур

Мысал: моторды 2 секунд қосу. Жүктеме өзгерсе де команда автоматты түзетілмейді.

Тұйық контур

Мысал: энкодер жылдамдықты өлшейді, контроллер PWM-ді қате бойынша өзгертеді.

Кері байланыс тізбегі



Өлшенген жылдамдық контроллерге қайтып келіп, келесі басқару командасын түзетеді.

3. PID реттегішінің құрылымы

PID үш әсерді біріктіреді: ағымдағы қатеге, жиналған қатеге және қатенің өзгеру жылдамдығына жауап береді.

P — пропорционал

Қазіргі қатеге пропорционал әсер береді. Kp артса жауап жылдамдауы мүмкін, бірақ тербеліс те артуы ықтимал.

I — интегралдық

Қатені уақыт бойынша жинақтап, тұрақты орныққан қатені азайтады.

D — дифференциалдық

Қатенің өзгеруін ескеріп, тербелісті бәсеңдетуге көмектеседі.

PID басқару заңы

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(\tau)d\tau + Kd \cdot de(t)/dt$$

Мұнда $e(t) = r(t) - y(t)$ — берілген және өлшенген мәндердің айырмасы.

4. PID параметрлері жүйеге қалай әсер етеді?

Kp, Ki және Kd мәндері өзара байланысты; оларды жүйенің динамикасына қарай таңдау қажет.

Kp	Қате өскенде басқару әсері күшейеді	Тым жоғары болса — тербеліс
Ki	Жинақталған қатені өтейді	Тым жоғары болса — асып кету
Kd	Қатенің өзгерісін тежейді	Өлшеу шуына сезімтал

Теңшеудің мақсаты: жылдам жауап, аз асып кету, қысқа орнығу уақыты және шағын тұрақты қате.

5. PID реттегішінің уақыттық жауабы

Өтпелі процесс графигі жүйенің мақсат мәніне қаншалықты тез және тұрақты жететінін көрсетеді.

Өсу уақыты

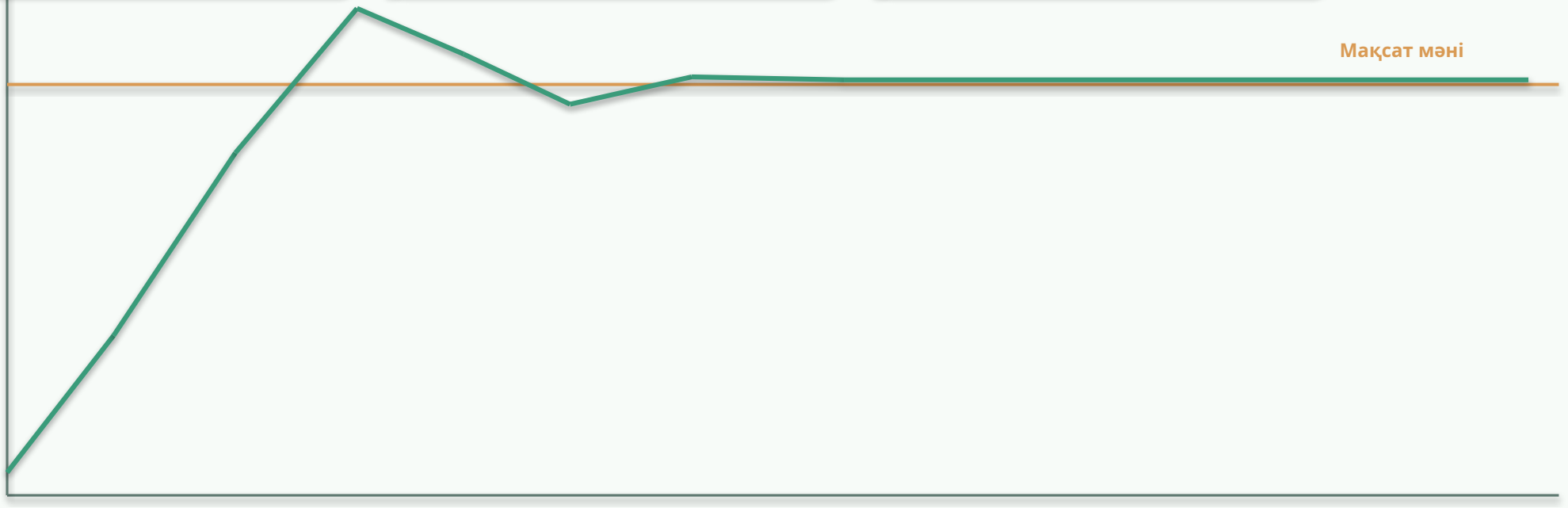
мақсатқа жақындау

Асып кету

шектен артық мән

Орнығу

тұрақты аймақ



Шартты PID жауабы: мақсатқа жақындау, аздап асып кету және орнығу.

6. PID реттегішін роботта қолдану

PID жылдамдықты, бұрышты, позицияны және температураны басқару сияқты міндеттерде қолданылады.

Дөңгелек жылдамдығы

Энкодер өлшемі бойынша мотордың айналу жылдамдығын тұрақтандыру.

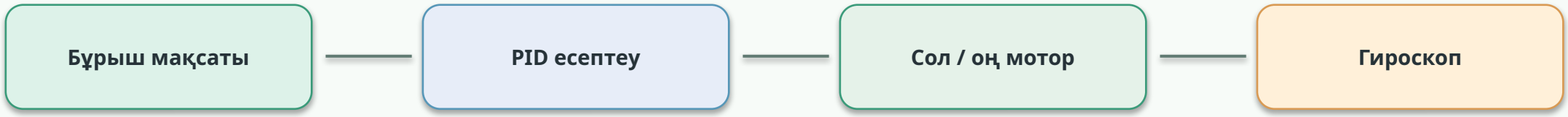
Бағытты ұстау

Гироскоп бұрышын мақсатпен салыстырып, сол/оң моторды түзету.

Манипулятор

Серво немесе жетектің позициясын берілген бұрышқа келтіру.

Практикалық мысал: роботтың бағытын түзету



Мақсат бұрыш пен нақты бұрыш айырмасы PID алгоритміне беріледі.

7. PID баптау әдістері және практикалық шектеулер

PID-ті баптау кезінде қауіпсіздік, сенсор шуы және жетектің физикалық шектеулері ескеріледі.

Қолмен баптау

Kp, Ki, Kd мәндерін біртіндеп өзгертіп, жауапты бақылау.

Ziegler–Nichols

Тұрақты тербеліс шегін пайдаланып, бастапқы параметр бағасын алу.

Anti-windup

Жетек шектелгенде интегралдың шамадан тыс жиналуын шектеу.

Практикалық тексеру тізімі

- ✓ Моторды көтеріп немесе қауіпсіз стендте бастапқы сынақ жасау
- ✓ Сенсор бағытын, өлшем бірлігін және нөлдік ығысуын тексеру
- ✓ PWM / ток / жылдамдық шектерін орнату
- ✓ Әр параметр өзгерісінен кейін график пен нәтижені тіркеу

PID әмбебап шешім емес: күрделі, бейсызық немесе өзгермелі жүйелерге қосымша басқару әдістері қажет болуы мүмкін.

Қорытынды және бақылау сұрақтары

PID реттегіші кері байланыс арқылы роботтың қателігін азайтады; тиімділік параметрлерді дұрыс баптауға тәуелді.

Негізгі қорытынды

P — ағымдағы қате, I — жиналған қате, D — қатенің өзгеру жылдамдығы бойынша әсер етеді.

Инженерлік қағида

Реттегішті нақты жүктемеде сынап, өлшеу шуын және жетектің шектеулерін ескеріңіз.

Бақылау сұрақтары

1. Ашық және тұйық басқару контурының айырмашылығы қандай?
2. PID реттегішіндегі P, I және D мүшелері нені білдіреді?
3. Ki тым үлкен болса қандай мәселе туындауы мүмкін?
4. Өтпелі процестің негізгі көрсеткіштерін атаңыз.
5. PID роботтың қай міндеттерінде қолданылады?

Әдебиет: K. J. Åström & R. M. Murray, Feedback Systems; K. Ogata, Modern Control Engineering.