

21. **Поле 21 «Контейнеров».** Указывается количество контейнеров в цифровом выражении. Данное поле отображается в случае если в интерфейсе оформления заявки выбран «Контейнерный вид отправки».

22. **Поле 22 «Тонн».** Указывается количество тонн в цифровом выражении.

Условие: на данном этапе осуществляется проверка соответствия введенного значения в поле «Вагонов».

Значение поля «Тонн» должно соответствовать статической нагрузке на один вагон с выбранной номенклатурной группы, т.е. выполняется проверка количества тонн в вагоне.

В случае не соответствия, выводится уведомления с указанным допустимым диапазоном (не больше и не меньше) в соответствии со значением поля «Вагонов».

23. **Текстовый блок 23 «Количество вагонов в маршруте».** Отображается в случае если в интерфейсе оформления заявки выбран тип заявки «Маршрутная» либо «Маршрутная в распылении» отображаются данные о доступном количестве вагонов в маршруте согласно установленных норм. Для отображения данного поля обязательно должны быть указаны станция отправления и станция назначения. В случае маршрута в распылении указывается норма до станции распыления (мин\макс).

24. **Текстовый блок 24 «Количество тонн в маршруте».** Отображается в случае если в интерфейсе оформления заявки выбран тип заявки «Маршрутная» либо «Маршрутная в распылении» отображаются данные о доступном количестве тонн в маршруте согласно установленных норм. Для отображения данного поля обязательно должны быть указаны станция отправления и станция назначения. В случае маршрута в распылении указывается норма до станции распыления.

25. **Поле 25 «Условный код и наименование контейнера».** Указывается справочное значение о наименовании контейнера. Отображается в случае если в интерфейсе оформления заявки указан вид «Контейнерная». Является обязательным к заполнению.

26. **Текстовый блок 26 «Длина контейнера».** Автоматически указывается справочное значение о длине контейнера. Отображается в случае если в интерфейсе оформления заявки указан вид «Контейнерная».

27. **Признак 27 «Не габаритный груз».** Указывается грузоотправителем либо плановиком. При указанном флажке устанавливается признак негабаритности груза. [3 с. 225]

28. **Поле 28 «Примечание к согласованию».** Является текстовым и предназначено для ввода сведений при согласовании заявки. Не является обязательным к согласованию.

29. **Поле 29 «Причина отказа».** Указывается причина отклонения строки заявки. Является обязательным к заполнению.

Список использованных источников

1. Перепон В.П. Организация перевозок грузов. – М.: Маршрут, 2003, 614 с.
2. Дудченко В.А. Технология грузовых перевозок. Иллюстрированное учебное пособие – М.: Маршрут, 2006, 19 с.
3. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах, учебник для студентов вузов железнодорожного транспорта. – М.: Маршрут, 2006, 544 с.

ӘОЖ 004

PID-РЕТТЕУШІНІ БАПТАУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ІСКЕ АСЫРУ

Нұрбапа Темірлан Талғатұлы

tnurbapa@mail.ru

Автоматтандыру және басқару мамандығының 2 курс магистранты
Л.Н. Гумилева атындағы ЕҰУ, Ақпараттық технологиялар факультеті
Ғылыми жетекші - Ускенбаева Гульжан Амангазиевна

Аннотация: Мақалада асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын басқару жүйесін зерттеу сипатталған. Асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығын басқару жүйесінің параметрлерін орнату, коэффициенттерді таңдау үшін көп уақытты қажет ететін қиын жүйе болып табылатындығына байланысты, қазіргі уақытта бұл тақырып өзекті болып табылады.

Түйінді сөздер: PID-реттеуші, асинхронды қозғалтқыш, коэффициенттерді автоматты түрде таңдау.

PID-реттеушіні баптау әдістерін зерттеу

PID-реттеушілері қазіргі заманғы автоматты басқару жүйелерінде кеңінен қолданылады, мысалы жылу жүйелерін және позициялау жүйелерін басқару. PID-реттеушілерін қолдану жүйені күйге келтіруге жұмсалған шығындарды азайтуға және қажетті параметрлерге жылдам қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Реттеуші дұрыс жұмыс істеуі үшін оның коэффициенттерін дұрыс таңдау қажет. Жүйенің дәлдігі мен жылдамдығы коэффициенттерді дұрыс таңдауға байланысты болады. Көбінесе эмпирикалық коэффициенттерді таңдау қажетті нәтиже бермейді және көп уақытты алады. Осыған байланысты контроллерді реттеудің математикалық әдістерін қолдану қажеттілігі туындайды. Осындай бірнеше әдістер бар, бірақ бұл жұмыста біз ең кең таралғанын қарастырамыз: Зиглер-Никольс әдісі, CHR әдісі және Коэн-Кун әдісі.

Зиглер мен Николс PID-реттеушілерін баптаудың екі әдісін ұсынды [1]. Олардың бірі объектінің бірлік сатылы секіруге жауап беру параметрлеріне, екіншісі - басқару объектісінің жиілік сипаттамаларына негізделген.

Сапалық критерий ретінде 4-ке тең өшу декрементін қолданған Зиглер мен Николске қарағанда, Chien, Hrones және Reswick (CHR) [2] қайта реттеу болмаған жағдайдағы немесе қайта реттеу 20 пайыздан аспаған жағдайдағы максималды өсу жылдамдығы критерийін қолданған. Мұндай критерий Зиглер-Николс әдісіне қарағанда тұрақтылықтың үлкен шегін алуға мүмкіндік береді.

CHR әдісі реттеуші параметрлерінің екі түрлі жүйесін береді. Олардың біреуі белгіленген нүктенің өзгеруіне реакцияны байқау арқылы алынған, ал екіншісі сыртқы ауытқуларға реакцияны байқау арқылы алынған. Қай параметрді таңдау, нақты реттеуші үшін ненің неғұрлым маңызды болатындығына байланысты: белгіленген нүктені өзгерту кезіндегі реттеу сапасы немесе сыртқы әсерлердің әлсіретілуі. Егер екеуі де маңызды болса, онда екі еркіндік дәрежесі бар реттегіштерді қолдану қажет.

CHR әдісі объектінің бірінші ретті кешігуі бар модельін аппроксимациялауды қолданады.

Коэн-Кун баптау ережелері өзін-өзі реттейтін барлық процестерде жақсы жұмыс істейді. Бұл ережелер бастапқыда тез жауап қайтару үшін жасалған, бірақ бұл үлкен қайта реттеуі бар тербелістерге алып келеді. Коэн-Кун баптау ережелеріне аз ғана өзгеріс енгізсек басқару контурлары тез жауап қайтарып, бірақ тербелістерге аз бейім болады [3].

Қарастырылып отырған әдістер негізінен үлкен инерциялы жүйелер үшін қолданылады. Олар реттеу уақыты ұзақ уақыт алатын жүйелермен жақсы жұмыс істейді (бір, ондаған секунд немесе одан да көп). Осыған байланысты, аз уақыт тұрақтылары бар инерциялығы төмен жүйелер үшін қарастырылып жатқан әдістердің орындылығын тексеру қажет болады.

PID-реттеушісін баптау әдістерін зерттеу үшін желдеткіштің шығыс құбырындағы қақпағы бар желдеткішті айналдыратын асинхронды қозғалтқыш, желдеткіш қақпағының орналасу датчигі және желдеткіштен ауа ағынын реттейтін желдеткіш қақпағына қысымның өзгеруінің имитаторы кіретін стенд жасалды. Ауа ағынының қуатын автоматты түрде басқару PID контроллеріне негізделген.

PID-реттеуші үш сигналдың қосындысынан тұратын басқару сигналын қалыптастырады, олардың біріншісі *кіріс сигналы мен кері байланыс арасындағы айырмашылыққа* (сәйкессіздік сигналы) пропорционал, екіншісі – сәйкессіздік сигналының интегралды бөлігі, ал үшіншісі – сәйкессіздік сигналының туындысы.

Әзірленген зертханалық стендте PID реттеудің екі түрлі нұсқасын қолдану мүмкіндігі бар: рекуррентті және дискретті. Тәжірибе барысында алынған мәліметтерді қолдана отырып, реттеушінің коэффициенттерін есептеудің негізгі әдістері таңдалды.

Автоматты басқаруды бағдарламалық іске асыру әдісін қолданған кезде көбінесе реттеушіні рекуррентті іске асыру қолданылады. Рекуррентті іске асырудың ерекшелігі - ағымдағы және алдыңғы екі қадам үшін сәйкессіздік қатесін қолданады:

$$U(n) = U(n-1) + K_p(\varepsilon(n) - \varepsilon(n-1)) + K_i\varepsilon(n) + K_d(\varepsilon(n) - 2\varepsilon(n-1) + \varepsilon(n-2)), \quad (1)$$

мұнда ε – сәйкессіздік қатесі; K_p , K_i , K_d – пропорционалды, интегралды және дифференциалды коэффициенттер.

Сәйкессіздік қатесі келесі формула бойынша есептеледі

$$\varepsilon = y_i - y_{set}, \quad (2)$$

мұнда y_i – жүйенің шығыс мәні; y_{set} – берілген кіріс мәні (уставка).

Шығыс сигналын дискретті есептеу әдісінде келесі формула қолданылады

$$U(n) = K_p\varepsilon + K_i \sum_{i=0}^n \varepsilon_i + K_d(\varepsilon_i - \varepsilon_{i-1}), \quad (3)$$

мұнда ε – сәйкессіздік қатесі; K_p , K_i , K_d – пропорционалды, интегралды және дифференциалды коэффициенттер.

Сәйкессіздік қатесі (2) формула бойынша есептеледі.

Тәжірибелер барысында Коэн-Кун әдісі инерциялығы төмен жүйелер үшін жарамсыз екендігі анықталды. Коэн-Кун әдісі бойынша есептеу нәтижесінде алынған коэффициенттермен жүйе тұрақсыз жұмыс істейді.

CHR және Ziegler-Nichols әдістері инерциялығы төмен жүйелер үшін жарамды. Инерциялығы төмен жүйелер үшін ең жақсы жүзеге асатын әдіс - CHR әдісі.

PID-реттеушіні баптау әдістерін іске асыру

Реттеуші дұрыс жұмыс істеуі үшін оның коэффициенттерін дұрыс таңдау қажет және сыртқы әсерлердің өзгеруіне байланысты коэффициенттерді өзгертіп отыру қажет. Осыған байланысты контроллерді баптаудың математикалық әдістерін іске асыру үшін бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу қажеттілігі туындайды.

Қолданылған $U[n]$ шығыс сигналын дискреттеу уақыты T -ға тең, тең уақыт аралығында есептеу әдісі бойынша, $n * T$ -ға тең уақытта келесі формула қолданылады

$$U[n] = K_p\varepsilon_n + K_i \sum_{n=0}^N \varepsilon_n + K_d(\varepsilon_n - \varepsilon_{n-1}), \quad (4)$$

мұнда n – ағымдағы дискреттеу периодының номері;

ε_n және ε_{n-1} – сәйкесінше ағымдағы және алдыңғы қадамдағы сәйкессіздік қателігі;

K_p , K_i , K_d – PID-реттеушінің пропорционалды, интегралды және дифференциалды коэффициенттер.

Реттеушілерді жүзеге асыру процесінде программалық басқару тұрғысынан біркелкі дискреттеу периодын ұстап тұру мүмкін емес жағдайлар туындайды. Бұл жағдайда бақылау сапасы айтарлықтай нашарлайды, өйткені шығыс сигналын есептеу кезінде дискреттеу уақытының біркелкі еместігі ескерілмейді. Бұл ағымдағы қадамда шығыс сигналының мәнін дұрыс есептемеу сияқты проблемаға әкеледі. Бұл жағдайда реттеуші коэффициенттерін интегралды T_i және дифференциалды T_d уақыт тұрақтылары арқылы сипаттауға кірісу керек:

$$K_i = \frac{T}{T_i}, \quad (5)$$

$$K_d = \frac{T_d}{T}, \quad (6)$$

Мұнда T – дискреттеу периоды.

Соңында $U[n]$ сандық контроллердің шығыс сигналын есептеу формуласы келесі форманы алады:

Реттеушінің шығыс сигналын $U[n]$ есептеудің соңғы формуласы келесі түрде болады:

$$U[n] = K_p \left(\varepsilon_n + \frac{T_n}{T_i} \sum_{n=0}^N \varepsilon_n + \frac{T_d}{T_n} (\varepsilon_n - \varepsilon_{n-1}) \right), \quad (7)$$

мұнда n – ағымдағы дискреттеу периодының номері;

T_n – ағымдағы қадамдағы дискреттеу периоды;

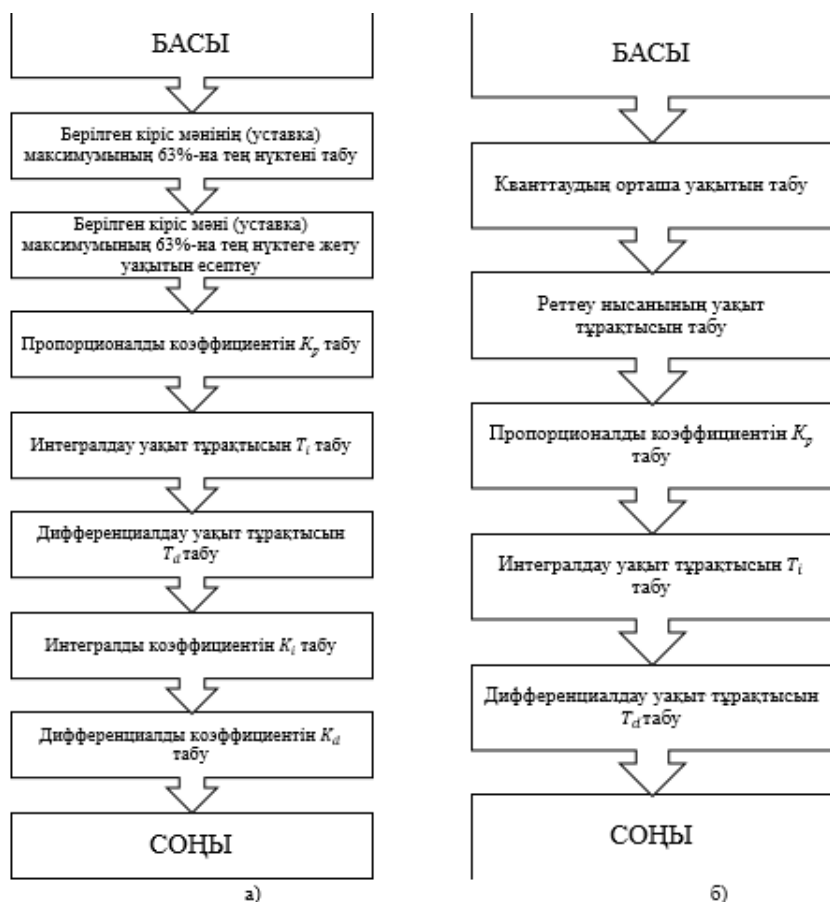
t_n, t_{n-1} – ағымдағы және алдыңғы қадамдағы реттеуші функциясының қосылу уақыты;
 T_i – интегралдау уақыт тұрақтысы;
 T_d – дифференциалдау уақыт тұрақтысы;
 K_p – PID-реттеушінің пропорционалды коэффициенті;
 Ағымдағы қадамдағы дискреттеу периоды келесі формула бойынша анықталады:

$$T_n = t_n - t_{n-1} \quad (8)$$

Бұл ауысу жоғарыда аталған реттеу сапасының нашарлау проблемасын толығымен жояды, өйткені мұнда шығыс сигналын алдыңғы есептеу моментінен бастап өткен уақыт ескеріледі.

Коэффициенттерді есептеудің классикалық алгоритмін шешілетін тапсырмаға бейімдеу үшін PID реттеушінің модификацияланған бағдарламалық жасақтамасы әзірленді және енгізілді. Классикалық PID реттеушісі үшін коэффициентті есептеу алгоритмі 1, а суретте, модификацияланған PID-реттеушісі үшін 1, б суретте көрсетілген.

Төменде реттеушіні іске асыруға арналған ішкі бағдарламаның мәтіні келтірілген



Сурет 1. PID-реттеуші коэффициенттерін есептеу алгоритмі: а) классикалық; б) модификацияланған

```

private double prevError; private double prevCur; private double prevPrevCur; private
double out; private double sumError; private int PidNumber;
public double PIDcontroll(double Kp, double Ti, double Td, double dT, double setP, double
Cur)
{
    if (Cur > 100) Cur = 100;
    if (Cur < 0) Cur = 0;
    if (setP > 100) Cur = 100;
    if (setP < 0) Cur = 0;
    double curError = setP - Cur;
    
```

```

double velocity = curError - prevError;
switch (PidNumber) { case (0): out = setP;
break; case(1):
sumError = sumError + curError;
out = Kp * (curError + dT / Ti * sumError + Td / dT * velocity);
break; case (2):
out += Kp * (-Cur + prevCur + dT / Ti * (curError) + Td / dT * (-Cur + 2 * prevCur -
prevPrevCur));
break;
}
prevError = curError; prevPrevCur = prevCur; prevCur = Cur;
if (out > 100) { out = 100; }
if ((out < 0)) { out = 0; }
return out;
}

```

Стендте өткізілген сынақтар ұсынылған алгоритм мен оның бағдарламалық жасақтамасының тиімділігін көрсетті.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Ziegler, J. G., Nichols N. B. Optimum settings for automatic controllers // Trans. ASME. 1942. Vol. 64. P. 759768.
2. Chien, K. L., Hrones J. A., Reswick J. B. On automatic control of generalized passive systems // Trans. ASME. 1952. Vol. 74. P 175185.
3. Метод Коэна-Куна. [Электронды ресурc]. URL: <https://www.dataforth.com/tuning-control-loops-for-fast-response.aspx>.
4. ПИД-регулятор. [Электронды ресурc]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ПИД-регулятор>.
5. Назначение регуляторов. [Электронды ресурc]. URL: <https://elektronchic.ru/avtomatika/pid-regulyator-polnoe-opisanie-primenenie.html>.

УДК 004

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИНХРОННЫМ ГЕНЕРАТОРОМ С ПОСТОЯННЫМ МАГНИТОМ ВЕТРЯНЫХ ТУРБИН

Нұрланұлы Бегасыл

begassyl.n@gmail.com

Магистрант специальности Автоматизация и Управление ЕНУ им. Л.Н.Гумилева,

Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – А. К. Шукирова

1 Введение

Ветряная энергетика - одна из самых быстрорастущих технологий возобновляемой энергетики, доступных сегодня. Глобальный Совет по ветроэнергетике (GWEC) опубликовал свой отчет о ветроэнергии, в котором говорится, что несмотря на традиционные технологии производства электроэнергии, ежегодное обновление рынка ветроэнергии показывает зрелую отрасль, успешно конкурирующую на рынке. В 2017 году было добавлено более 52 ГВт чистой, свободной от выбросов энергии ветра, в результате чего общее количество установок в мире достигло 539 ГВт [1]. Среди существующих в настоящее время систем преобразования энергии ветра (WECs), ветрогенераторы с переменной скоростью вращения предпочтительнее ветрогенераторов с фиксированной скоростью вращения благодаря их способности максимизировать энергию извлечения энергии и повысить эффективность [2]. В ветряных турбинах с переменной скоростью вращения, которые основаны на синхронном генераторе с постоянными магнитами (СГПМ), предлагают несколько преимуществ в области