

Օ.Գ. ՕԳԱՆՅԱՆ, Օ.Ն. ԴԱՍՔԱՐՅԱՆ

КОРНЕВЫЕ ГОДОГРАФЫ ДИСКРЕТНЫХ ПРОСТЫХ СИММЕТРИЧНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Предлагается новый подход к построению корневых годографов дискретных простых симметричных систем регулирования с произвольной размерностью. На основе метода характеристических передаточных функций показано, что для указанных систем можно построить корневые годографы, применяя классические методы построения корневых годографов дискретных систем с одним входом и одним выходом. Приведен численный пример расчета трехмерной простой симметричной системы.

Ключевые слова: дискретная многомерная система управления, простая симметричная система, характеристическая передаточная функция, корневые годографы.

Օ.Ն. ՕՀԱՆՅԱՆ, Օ.Ն. ԴԱՍՔԱՐՅԱՆ

ROOT LOCI OF DISCRETE SIMPLE SYMMETRIC SYSTEMS OF AUTOMATIC CONTROL

A new approach to the construction of root loci of discrete simple symmetrical control systems of arbitrary dimension is proposed. Based on the characteristic transfer function method, it is shown that the root loci for the indicated systems can be built by using the classical methods of construction of the root loci of discrete control systems with one input and one output. A numerical example for calculating a three-dimension simple symmetrical system is given.

Keywords: discrete multivariable control system, simple symmetrical system, characteristic transfer function, root loci.

ՀՏԴ 621.865

Մ.Ա. ԶԹԶՅԱՆ, Դ.Հ. ԵՂԻԱԶԱՐՅԱՆ

ՔԱՌԱՊՏՈՒՏԱԿ ՈՒՂՂԱԹԻՈՒԻ L1 ՀԱՐՄԱՐՎՈՂ ԿԱՐԳԱՎՈՐԻՉԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ՓՈՐՁՆԱԿԱՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ

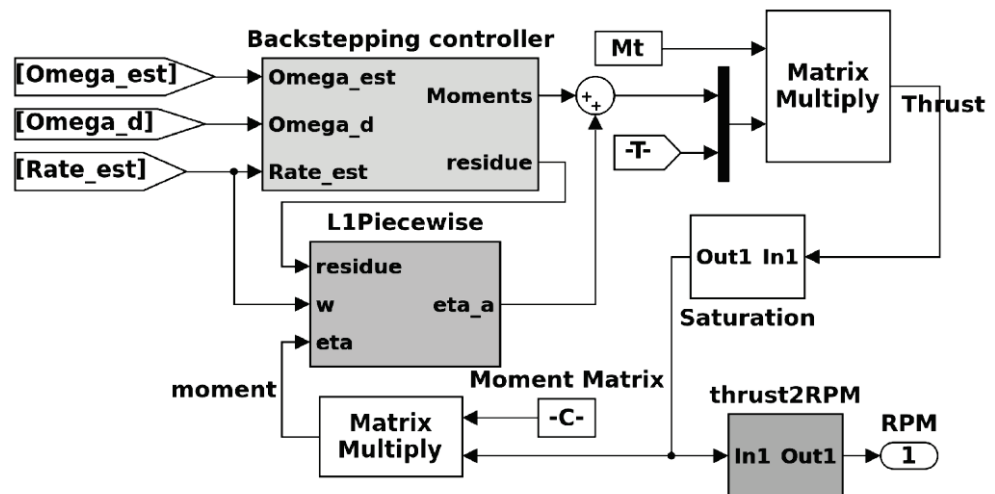
Կատարվել են L1 հարմարվող կարգավորիչով քառապտուտակ ուղղաթիռի պարամետրերի հաշվարկ և փորձարկում, որի արդյունքում ստեղծվել է ուղեցույց՝ ուղղաթիռի պարամետրերի կարգավորման համար: Վերջինս մատնանշում է պարամետրերի սկզբնական արժեքները, որոնք անհրաժեշտ է կիրառել կարգաբերման սկզբում վթարներից խուսափելու համար:

Առանցքային բառեր. հարմարվող կարգավորիչ, բազմապտուտակ ուղղաթիռ:

Ներածություն: Տեսական արդյունքները թույլ են տալիս ստանալ հարմարվող կարգավորիչի պարամետրերը նկարագրող հավասարումներ, որոնք կարծես թե լուծում են պարամետրերի հաշվարկի խնդիրը [1]: Սակայն պրակտիկ կիրառու-

թյուններում բախվում ենք այնպիսի խնդրի, ինչպիսիք է պարամետրերի անհամապատասխանությունը ֆիզիկական մոդելին: Աշխատանքում նկարագրվում են մոտեցումները, որոնց միջոցով պարամետրերը հարմարեցվում են ֆիզիկական մոդելին:

Հարմարվող կարգավորիչի սխեման բերված է նկ.1-ում [2]: Այն բաղկացած է երկու հիմնական մասերից: Առաջինը backstepping ղեկավարման հանգույցն է, որը պատասխանատու է ֆիզիկական մոդելին համապատասխանության համար: Նշենք, որ backstepping-ի փոխարեն կարող էր լինել ցանկացած այլ տիպի ղեկավարման հանգույց, որը հաշվի կառներ ուղղաթիռի դինամիկան և կինեմատիկան օպերատորի հրամաններն իրականացնելու համար: Այստեղ նաև հնարավոր է մոդելից անկախ ղեկավարման հանգույցի կիրառում, օրինակ՝ ՀԻԴ (համաչափ ինտեգրող դիֆերենցող) կարգավորիչի միջոցով: Երկրորդը L1 augmentation հանգույցն է, որը ճշգրտումներ է մտցնում backstepping հանգույցի կայացրած որոշումների մեջ, ապահովելով կայունության և արտադրողականության զգալի պաշարներ:



Նկ.1. Ղեկավարման համակարգի սխեման

Backstepping հանգույցի կարգաբերումը: Այս հանգույցի կարգաբերումը կատարվում է՝ ընտրելով այնպիսի Am_1 և Am_2 հաստատուններ, որ մոդելը հնարավորինս ճշգրիտ համապատասխանի ֆիզիկական սարքին: Կարգաբերումն իրականացվում է փուլերով հետևյալ կերպ: Կախված ուղղաթիռի քաշից՝ ընտրվում են սկզբնական արժեքներ Am_1 և Am_2 պարամետրերի համար: Օրինակ, եթե ուղղաթիռի քաշը մոտ 1կգ է, ապա որպես սկզբնական արժեքներ կարող ենք ընտրել՝

$$Am_1 = -8, Am_2 = -16: \quad (1)$$

Ավելի ծանր ուղղաթիռի համար հարկավոր է ընտրել մոդուլով ավելի փոքր բացասական թվեր: Նշենք, որ Am_1 հաստատունը պատասխանատու է դիրքի ճշգրտման արագության համար (որքան մոդուլով մեծ է, կարգավորիչն այնքան ավելի արագ է փորձում ուղղել ուղղաթիռի դիրքը), իսկ Am_2 հաստատունը պատասխանատու է դիրքի ուղղման նպատակով կիրառվող ուժի համար (որքան մոդուլով մեծ է, կարգավորիչն այնքան ավելի մեծ ուժ է պահանջելու ուղղաթիռի դիրքն ուղղելու համար): Հիմնականում Am_1 -ը մոդուլով երկու անգամ փոքր է լինում, քան Am_2 -ը:

Այնուհետև կատարվում է փորձական թռիչք, և գնահատվում է ուղղաթիռի վարքագիծը: Եթե Am_1 -ը մոդուլով մեծ է, քան անհրաժեշտ է, ապա կարգավորիչը աննշան սխալն ուղղելու համար կկիրառի մեծ անկյունային արագացում, ինչը կհանգեցնի կայուն դիրքից շեղման հակառակ ուղղությամբ: Այս երևույթը կհանգեցնի մեծ հաճախությամբ փոքր տատանումների: Եթե Am_1 -ը մոդուլով չափից ավելի փոքր է, ապա կարգավորիչը կկիրառի շատ փոքր անկյունային արագացում, ինչի արդյունքում ուղղաթիռը երբեք չի հասնի կայուն դիրքին, քանի որ արտաքին ազդեցությունները նոր շեղումների կհանգեցնեն: Այս դեպքում ուղղաթիռը կդրսևորի դանդաղարժություն:

Am_2 -ը պատասխանատու է կարգավորիչով գործադրվող ուժի համար: Հարկավոր է հաշվի առնել, որ շարժիչները կարող են սահանափակ ուժ գործադրել, և ուժի չափից ավելի պահանջը կհանգեցնի շարժիչների հագեցման, որի հետևանքով կհագենա նաև կարգավորիչի հարմարվող բաղադրիչը:

Այսպիսով, Am_2 -ի մոդուլով մեծ արժեքները կհանգեցնեն տատանումների: Հնարավոր են բարձր հաճախության տատանումներ՝ պայմանավորված համակարգի չափից ավելի ուժ կիրառելով, և ցածր հաճախության տատանումներ՝ պայմանավորված հարմարվող բաղադրիչի չափից ավելի ակտիվությամբ: Եթե Am_2 -ի արժեքը մոդուլով ավելի փոքր է, քան անհրաժեշտ է, ապա համակարգը կդրսևորի դանդաղարժություն և կդառնա վատ կառավարելի:

Մեր փորձարկումների ընթացքում մոտ 1կգ քաշով փոքր ուղղաթիռի համար ստացվել են հետևյալ արժեքները՝

$$Am_1 = -9, Am_2 = -13: \quad (2)$$

Հարմարվող հանգույցի կարգադրումը: Այս հանգույցն ունի կարգաբերման երկու պարամետր: Առաջին պարամետրը կախված է միկրոպրոցեսորի արագությունից և հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով.

$$Mu = A_{sp} \frac{e^{A_{sp} dt}}{1 - e^{A_{sp} dt}} \quad (3)$$

որտեղ dt -ն մեկ ցիկլի տևողությունն է, որը որոշվում է միկրոպրոցեսորի արագությունից և A_{sp} վիճակի գնահատման պարամետրից:

Երկրորդ պարամետրը հարմարվող բաղադրիչի գործակիցն է՝ K_1 : Հարմարվող բաղադրիչում առկա ֆիլտրը մարում է աղմուկները, թույլ չտալով, որ դրանք ազդեն հարմարվող բաղադրիչի աշխատանքի վրա: Սակայն շատ մեծ գործակիցը հարմարվող բաղադրիչում, այնուամենայնիվ, կհանգեցնի տատանումների: Մյուս կողմից՝ փոքր գործակիցը թույլ չի տա համակարգին բավականին արագ հարմարվել այնպիսի փոփոխություններին, ինչպիսիք են շարժիչի կամ ուղղաթիռի կառուցվածքի խափանումը:

Այսինքն՝ անհրաժեշտ է ընտրել որքան հնարավոր է մեծ K_1 ՝ մինչև ժամանակ խուսափելով տատանումներից:

Մեր ուղղաթիռի համար ստացված արժեքն է՝ $K_1=21$:

Պտուտակի պտտող մոմենտի կարգաբերումը: Պտուտակի առաջացրած վերամբարձ ուժը հաշվարկվում է հետևյալ բանաձևով [3].

$$F=4.392399 * 10^8 * \text{RPM} * \frac{d^{3.5}}{\sqrt{p}} * (4.23333 * 10^{-4} * \text{RPM} * p - V_0) \quad (4)$$

Սակայն պտուտակը նաև առաջացնում է պտտող մոմենտ ուղղահայաց առանցքի շուրջ: Այս հատկությունն օգտագործվում է ուղղաթիռը ուղղահայաց առանցքի շուրջը պտտելու համար: Համապատասխանաբար հարկավոր է կարգաբերել պտուտակի պտտող մոմենտի գործակիցը՝ K_2 -ը: Այս գործակցի փոքր արժեքների դեպքում ուղղաթիռը չի պտտվի ուղղահայաց առանցքի շուրջը: Այսինքն՝ հնարավոր չի լինի ուղղել պատահական քամիներից առաջացած շեղումները: Պարամետրերի չափից ավելի մեծ արժեքների դեպքում կարգավորիչը պտուտակի արագության մեծ փոփոխություն կպահանջի ուղղահայաց առանցքի շուրջը պտույտի համար, ինչի հետևանքով կտուժի նաև ուղղաթիռի դիրքը հորիզոնական հարթության մեջ: Վերջինս կհանգեցնի ուղղաթիռի կայուն դիրքի կորստի: Մեր ուղղաթիռի վրա դրված են 8×4.5 չափանի պտուտակներ, որոնց դեպքում գտնվեց գործակցի հետևյալ արժեքը՝ $K_2=20$:

Եզրակացություն: Ստացված ուղղաթիռը դրսևորում է աննախադեպ թռիչքային հատկություններ, միաժամանակ լինելով կայուն և ճշգրիտ կատարելով օպերատորի հրահանգները: Կատարված փորձնական թռիչքների հետևանքով ստացվեցին պրակտիկ տվյալներ պարամետրերի արժեքների համար: Այդ արժեքների համաձայն հնարավոր է օդ բարձրացնել մեր մշակած հարմարվող կարգավորիչով ցանկացած այլ ուղղաթիռ՝ իմանալով նրա ֆիզիկական պարամետրերը: Այսպիսով, ստեղծվեց պրակտիկ ուղեցույց՝ հարմարվող կարգավորիչով ուղղաթիռը կարգաբերելու համար՝ առանց այն վնասելու:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Զթյան Մ.Ա., Եղիազարյան Դ.Հ.** Քառապտուտակ ուղղաթռի հարմարվող կարգավորիչի մշակումը և փորձարկումը: - Երևան, 2014:
2. **Hovakimyan N. and Cao C.** L1 Adaptive Control Theory.- Philadelphia, 2010.
3. **Staples G.** Propeller Static & Dynamic Thrust Calculation, 2013.

Մ.Ա. ՇՏՉԻԱՆ, Դ.Ս. ԵԳԻԱԶԱՐԻԱՆ

НАСТРОЙКА ПАРАМЕТРОВ КВАДРАТОРА С L1 АДАПТИВНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ОПЫТНЫМ ПУТЁМ

Произведены расчёт параметров и тестирование квадратора с адаптивной системой управления, в результате чего получена методика настройки параметров квадратора. В последнем даны первоначальные значения параметров, которые следует применять в начале настройки, чтобы избежать аварий.

Ключевые слова: адаптивная система управления, мультиротор.

M.A. CHTCHYAN, D.H. YEGHIAZARYAN

TUNING OF A QUADROTOR WITH AN L1 ADAPTIVE CONTROL SYSTEM BY AN EXPERIMENT

An empirical tuning and testing of a quadrotor with an L1 adaptive control system are carried out. As a result, a method for empirical tuning of the quadrotor parameters is obtained. The latter depicts the initial values for the parameters which should be applied at the beginning of tuning to avoid crashes.

Keywords: adaptive control system, quadrotor.

ՀՏԴ 62-50

Հ.Գ. ԴԱՐԲԻՆՅԱՆ

ՔԱՌԱՊՏՈՒՏԱԿԻ ԽԱՓԱՆԱԿԱՅՈՒՆ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԴԻՆԱՄԻԿ ՄՈԴԵԼԸ SIMULINK ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ

Ուսումնասիրվում են քառապտուտակների խափանակայուն կառավարման համակարգերի կառուցվածքները և նախագծման մեթոդները: *Simulink* փաթեթի միջավայրում մշակվել է քառապտուտակի ոչ գծային մոդելը, որը հնարավորություն է տալիս հաշվի առնել շարժիչների խափանումները և հետազոտել կառավարման համակարգի դինամիկան այդ դեպքերի համար:

Առանցքային բառեր. խափանակայուն համակարգ, քառապտուտակ, կառավարման համակարգ, դինամիկ մոդել:

Ներածություն: Մեր ժամանակներում փոքր անօդաչու թռչող ապարատները (ԱԹԱ)՝ որպես անվտանգ և էժան միջոցներ, լայնորեն կիրառվում են ռազմական նպատակներով, դիտարկումներ և հետախուզություն կատարելու համար: Բացի