سیستم‌های هدایت و کنترل موشک

علی اصغر آقا بالازاده

ادامه مقاله از شماره یکم

خلاصه ای از بخش اول:

موشک ها سلاح هایی هستند که امروزه در تمام اشکال مختلف جنگ یکی از موثرترین و جنجالی ترین ابزارهای نظامی به حساب آمده و با پیشرفت فنآوری روز رفته رفته پیچیده تر و دقیق تر می شود. سیر تکاملی موشک ها از اواسط جنگ دوم جهانی تا به امروز نشان دهنده علاقه وافر طراحان نظامی به این سلاح می باشد، این مقاله سعی بر این دارد تا به صورت اجمالی خوانندگان عزیز را با انواع مختلف موشک ها و نیز دو عامل تعیین کننده دقت، هدایت و کنترل آشنا نماید که در قسمت اول بحث عامل هدایت بیان شد و در این قسمت به ارایه موضوع کنترل پرداخته می شود.

۱–هدایت پیش تنظیم

روش هدایت پیش تنظیم همان طور که گفتیم مبتنی بر هدایت در راستای یک مسیر از پیش تعیین شده می باشد که ساده‌ترین نوع این روش هدایت خط مستقیم است. این روش برای اهداف ثابت و فواصل نزدیک کاربرد دارد. فرد شلیک کننده به سمت هدف نشانه می‌رود و شلیک می‌کند. سیستم هدایت وظیفه دارد موشک را در راستای خط مستقیم به سمت هدف هدایت کند. شاید در وهلهٔ اول به نظر برسد که حرکت در خط مستقیم هدایت لازم ندارد، ولی اگر توجه کنیم که حرکت

طبیعی موشک به صورت پرتابه‌ای است و پس از گذشت فقط ۲ ثانیه موشک ۲۰ متر پائین می‌افتد . آنگاه متوجه لزوم این امر می‌شویم .

روش کروز یکی دیگر از روشهای هدایت پیش تنظیم است که در بخش اول شرح دادیم، روش دیگر، هدایت موشک در مسیر بالستیک است.

در موشکهای بالستیک همان طور که گفتیم ایدهٔ اصلی، حرکت پرتابه‌ای و سقوط آزاد است یعنی موشک را در یک مسیر معین به یک نقطهٔ مناسب ببریم یا با سرعتی خاص رها کنیم بطوریکه طبق روابط سقوط آزاد روی نقطهٔ هدف فرود بیاید، عملاً اجرای چنین سناریویی مقرون به صرفه نیست، چون الزامی ندارد که حتماً مسیر خاصی طی شود و انرژی را برای بردن موشک به نقطه‌ای خاص هدر دهیم. از طرف دیگر در هر نقطه که باشیم، بی‌نهایت بردار سرعت می‌توان یافت که به هدف برسند. روش معقول‌تری که عملاً استفاده می‌شود روشی معروف به«سرعت لازم» است در این روش با حل مسئلهٔ لامبرت[1]،برای هر نقطه از فضا،بردار سرعت لازم به نحوی محاسبه می‌شود که اگر در آن نقطه از فضا، جسمی دارای بردار سرعت محاسبه شده باشد و غیر از نیروی جاذبه نیروی دیگری به آن وارد نشود، آنگاه جسم مزبور با طی کردن یک مسیر سقوط آزاد به هدف اصابت کند. بنابراین در این روش هدف یکی کردن سرعت کنونی موشک با سرعت لازم و سپس خاموش کردن موتور موشک در لحظهٔ برابری این دو سرعت است .

1- Lambert

۲- هدایت راهبردی:

در روش هدایت راهبردی همواره یک«خط دید» (LOS) [1]وجود دارد ، یعنی خطی که در راستای آن هدف را می‌بینیم . در یک دسته‌بندی کلی هدایت راهبردی را به دو دستهٔ دو نقطه‌ای و سه نقطه‌ای تقسیم می‌کنند. در روش دو نقطه‌ای دو نقطهٔ اصلی وجود دارد: موشک و هدف،خط دید در این حالت خط واصل بین موشک و هدف است . قانون هدایت در این روش بر مبنای میانگین چرخش خط دید است و لذا گاهی این روش، روش«میانگین خط دید»[2]نامیده می‌شود. این روش برای زمانی که موشک هدف را می‌بیند ، یعنی در مرحلهٔ نهایی پرواز مناسب است و این گونه هدایت اصطلاحاً آشیان یابی نامیده می‌شود. در این روش موشک باید وسیله‌ای داشته باشد که بتواند هدف را تعقیب کند.این وسیله که می‌تواند رادیویی ، حرارتی ، لیزری یا تلویزیونی باشد جستجوگر نامیده می‌شود و معمولاً در نوک موشک نصب می‌شود.

دستهٔ دیگری از روشهای هدایت راهبردی ،روش سه نقطه‌ای است که در این روش سه نقطهٔ اصلی وجود دارد: موشک، هدف، ردگیر.خط دید در این روش با روش دو نقطه‌ای فرق می‌کند و خط واصل بین ردگیر و هدف است . ردگیر وسیله‌ای است که به صورت دستی یا خودکار همواره هدف را دنبال می‌کند. قانون هدایت در این روش به بیانی نه چندان دقیق نگه داشتن موشک روی خط دید است یعنی خود خط دید مهم است و بر خلاف روش دو نقطه‌ای،میانگین خط دید در قانون هدایت وارد نمی‌شود.لذا به این روش، روش خط دید نیز گفته می‌شود. واضح است که در این روش باید هدف توسط ردگیر مشاهده شود. این روش استفادهٔ

1- Line Of Sight
2- Line of Sight rate

وسیعی به خصوص برای موشکهای ضد تانک با برد کم ـ تا حدود ۵ کیلومتر) و موشکهای زمین به هوا ارتفاع کم دارند . مزیت عمده این روش آن است که احتیاج به جستجوگر در سر موشک نداریم، لذا موشک ساده و ارزان تمام می‌شود . علاوه بر این سرموشک را از نظر ائرودینامیکی می‌توان با دست بازتری طراحی کرد و به ساختار ائرودینامیکی بهتری رسید. یک عیب این روش آن است که موشک در تمام طول مسیر باید توسط ردگیر تعقیب شود و نمی‌توان به صورت «شلیک کن و فراموش کن»[1] عمل کرد . علاوه بر این هر شرایطی(مانند شرایط آب و هوایی) که باعث شود دید ردگیری مختل شود و خط دید نداشته باشیم این سیستمها را از کار می‌اندازد .

ت– کنترل :

سیستم کنترل، آن بخش از موشک است که دستورات بخش هدایت رامی‌گیرد و کاری می‌کند تا موشک این دستورات را اجرا کند. مثلاً بخش هدایت می‌گوید که شتاب جانبی $5m/s$رو به بالا لازم است و بخش کنترل با در نظر گرفتن حالت موشک این دستور رامثلاً به ۳ درجه انحراف در بالکهای افقی تبدیل می‌کند. باید توجه داشته باشیم که همیشه $5m/s$ به ۳ درجه تبدیل نمی شود. مثلاً اگر سرعت موشک کمتر باشد ۳ درجه انحراف کم است . حالت موشک هم حتماً باید در نظر گرفته شود. مثلاً اگرموشک ۹۰ درجه چرخیده باشد این انحراف ۳ درجه‌ای باید به بالکهای عمودی (که حالا در راستای افقی قرار دارند) اعمال شود نه به بالکهای افقی .

1- Fire and Forget

همان طور که قبلاً اشاره کردیم بـه طـور کلـی در سیسـتم کنتـرل دو بخـش مهـم وجـود دارد: خلبـان خودکـار و کارانـداز[۱]. خلبـان خودکـار سیستمی کنترلی است که به کار انـداز فرمـان مناسـب را می‌دهـد. ایـن سیستم توسط مهندسان کنترل طراحی می‌شود و می‌توان آن را مانند هر سیستم کنترلی دیگر به صورت مکانیکی یا الکترونیکی پیاده سازی کرد.

۱–کنترل ائرودینامیکی:

معروفترین روش کنترل، استفاده از بالک و اعمال نیروی ائرودینامیـک است. جزئیات بحث ائرودینامیک خود به تنهایی احتیاج به چندین کتـاب دارد و بسیار دامنه‌دار است. ابتدا اصـطلاحات حرکتهـای دورانـی موشـک راشـــرح میدهیم.بـــه دوران موشـــک حـــول محورطـــولی خـــود چرخش[۲]می‌گویند به دورانی که باعث بـالا و پـائین رفـتن سـر موشـک می‌شود پیچش گفته می‌شود و دورانی که باعث می‌شـود سرموشـک بـه چپ و راست بچرخد گردش نام دارد. معمولاً موشکها(یا هواپیماها) چهار دسـته بالـک در چهـار جهـت عمـودبرهم دارنـد . ایـن بالکهـا راتک‌تـک نامگذاری نمی‌کنند، بلکه هر جفت از آنها را بسته به تأثیری که می‌گذارند ، نام‌گذاری می‌کنند. بالکهایی که باعث حرکت گردش شوند سـکان نـام دارند .بالکهایی که حرکت پیچش را ایجاد کنند، بالابر نامیـده می‌شـوند و بالکهایی که موشک را بچرخانند (چرخش بدهند)اصطلاحاً شهپر[۳]نامیـده می‌شوند. بنابراین بالکهای عمودی در حالتی که هـم جهـت عمـل کننـد،

1- Actuator
2- Roll
3- Pitch

نقش سکان و اگر عکس هم عمل کنند نقش شهپر را دارند . بالکهای افقی نیز اگر هم جهت عمل کند بالابر و در صورتی که عکس هم بچرخانند شهپر هستند . در عمل زاویه‌ایی که هر بالک چرخانده می‌شود مجموع جبری زوایای لازم برای عمل سکانی(یا بالابری) به اضافه عمل شهپری است .نیروهای ائرودینامیک وارد بر موشک هم نام‌گذاری شده‌اند . نیرویی که در راستای سرعت موشک(نسبت به ذرات هوا) مقاومت می‌کند نیروی پسا نام دارد و نیروی عمود بر بردار سرعت نیروی برا نامیده می‌شود. ضمناً همان طور که به نقطهٔ وارد شدن برآیند نیروهای گرانشی مرکز ثقل می‌گفتیم و آن را با CG[1] نمایش می‌دادیم ، به نقطه وارد شدن برآیند نیروهای ائرودینامیک مرکز فشار[2] می‌گویند و آن را با CP نمایش می‌دهند .

اگر در موشکی مرکز جرم جلوتر از مرکز فشار باشد این موشک مانند توپ پایدار است ، یعنی در اثر نیروهای ائرودینامیک همواره سرش روبه جلو قرار می‌گیرد و در غیر این صورت موشک ناپایدار خواهد بود.

۲- کنترل بردار پیشرانه (TVC)[3]:

شعلهٔ بلند ناشی از احتراق سوخت موشک طبق قانون عمل و عکس‌العمل، نیرویی[4] به موشک وارد می‌کند که پیشرانه نام دارد. پیشرانی موشک خود فصل بزرگی از مبحث موشک است. مباحثی مانند نوع سوخت، نوع موتور، شکل شیپوره[5] ،خروجی و ..... که در هر کدام تحقیقات زیادی شده است.

1- Central gravity
2- Central Pressure
3- Thrust Vector Control
4- Thrust
5- Nuzzle

اگرگازهای خروجی از موشک را به طریقی منحرف کنیم که نیروی عکس‌العمل وارد شده T ، به انداز δ نسبت به محور طولی موشک کج شودآنگاه نیروی جانبی Tsin δ به موشک وارد خواهد شد که می‌توان از آن برای منحرف کردن موشک به سمت دلخواه سود برد.طبیعی است که وقتی ائرو(هوا) یا دینامیک(حرکت) نداشته باشیم یا حضورشان ضعیف باشد مجبوریم روشهای ائرودینامیک راکنار بگذاریم. مثلاً در طبقات بالایی جو که هوا رقیق می‌شود استفاده از بالک جواب خوبی نمی‌دهد یا مثلاً در موشکهای هوا به هوا که از هواپیما شلیک می‌شوند، موشک پس از شلیک هنوز سرعت لازم برای استفاده از نیروی ائردینامیک را نگرفته است و استفاده از بالک کارآیی ندارد. در چنین مواردی باید از روشی غیر از ائرودینامیک مثلاً TVC استفاده کرد برای مثال درموشکهای بالستیک در مرحلهٔ پرتاب، موشک باپیشرانهٔ بزرگی به صورت عمودی روبه بالا می‌رود خواه ناخواه نیروی پیشران ،انحرافی از مرکز جرم خواهد داشت که باعث انحراف موشک از مسیر مورد نظر می‌شود. برای جبران این خطا استفاده از ائرودینامیک مقرون به صرفه نیست. زیرا نیروی پیشران بسیار بزرگ بوده و مقابله ائرودینامیک با آن تلفات زیادی دارد لذا استفاده از خود نیروی پیشران خیلی بهتر است . درچنین مواردی از TVC استفاده می‌کنند همچنین در مواردی که سرعت مانور بالامورد نیاز باشد TVC راه حل خوبی است . مثلاً درموشکهای هوا به هوا که برای غلبه بر مانور هواپیما باید دارای سرعت مانور بالا باشد از TVC استفاده می‌شود ، یا در موشکهایی که از کشتی پرتاب می‌شوند برای حذف نقاط کور(ناشی از

تجهیزات موجود در عرشه) بهتر است که موشک را به صورت عمودی پرتاب کنیم ولی می‌خواهیم هرچه سریعتر موشکها را در مسیر افقی مناسب قرار دهیم . برای چنین مانوری نیز TVC راه حل مناسبی است .

۳– کنترل باجت جانبی :

برای کنترل موشک یک روش ساده و مؤثر استفاده از جت‌های جانبی است . جت جانبی می‌تواند یک مسیر خروج هوای فشرده(یا دیگر گازها) باشد یا می‌توان با روش انفجار نیروهای کوچک جانبی وارد کرد و یا روشهای دیگر .

استفاده از این روش برای کنترل مسیر چندان متداول نیست، اما عملی است واز چند دهه قبل موشکهایی ساخته شده‌اند که از این روش استفاده می‌کند. مثلاً موشک ضدتانک دراگون ۶۰ نارنجک کوچک حول بدنهٔ خود داردکه آن را روی خط دید نگه می‌دارند . اخیراً نیز برخی شرکتها برای ساخت موشکهای ضد موشک کوچک و ارزان از این روش استفاده کرده‌اند .

ث – نتیجه :

در پایان همانند آنچه در بخش هدایت گفتیم ، باید بگوییم که در کنترل نیز محدود به استفاده از روشی خاصی که معرفی شد نیستیم و ممکن است بسته به مورد، روش جدیدی کارآمدتر باشد.اینجا نیز تلفیق روشهای مختلف کارآیی دارد، مثلاً ممکن است پیچش وگردش را با روش TVC کنترل کنیم و چرخش را با جت جانبی یا در یک فاز از کنترل ائرودینامیک استفاده کنیم ودر فاز دیگر از TVC مانند هر مسئله مهندسی دیگر، بهترین روش را برحسب مورد باید یافت .

: منبع
Janes Strategic Weapon System 98-99
-FM-80 Weapon System-MS-7 Missile OMD 13-11