

برای کنترلر FIR تطبیقی، دامنه پاسخ فرکانسی ابزار به مقدار قابل توجه ۳۳ دسی بل کاهش می‌یابد. زیرا در این کنترلر، تمام هزینه عملگر فقط صرف مقابله با سیگنال اغتشاش ورودی به ابزار ناشی از تحریک ضربه خارجی می‌شود. در حالی که در سایر الگوریتم‌های کنترل ارائه شده، بخشی از هزینه عملگر صرف کنترل دامنه شتاب ایجاد شده در اثر عملکرد خود سیستم کنترل می‌گردد. در نتیجه، کارایی سیستم کنترلر FIR تطبیقی، در عمل می‌تواند بهتر از کنترلرهای PID باشد.

۵. در کنترلرهای PID تطبیقی و FIR تطبیقی، علاوه بر مدل دینامیکی مسیر مستقیم، تغییرات دینامیک فرآیند برش نیز در الگوریتم تنظیم پارامترهای تطبیق‌پذیر کنترلر دیجیتال لحاظ شده است. لذا در شرایط برشی یکسان، هزینه عملگر کنترل فعال ارتعاشات به میزان ۳ تا ۵ برابر نسبت به کنترلر PID بهینه کاهش داشته است. همچنین، برای پارامترهای برشی یکسان، مقدار زبری سطح قطعه کارها در حضور کنترلر FIR تطبیقی، نسبت به مقادیر متناظر آن‌ها در حضور دو کنترلر دیگر کمینه شده است.

۳-۹ پیشنهادهایی برای ادامه پژوهش

با توجه به اقدامات انجام شده در این رساله دکتری و محدودیت‌های موجود، می‌توان پیشنهادات مختلفی را برای تکمیل این پژوهش ارائه کرد، که در ادامه به نمونه‌ای از آن‌ها اشاره شده است:

۱. به‌روزرسانی اجزاء سخت‌افزاری و نرم‌افزاری سیستم کنترل، به‌منظور بهره‌گیری از حداقل دو سیگنال پس‌خور در ورودی بلوک کنترلر. به‌عنوان مثال، بتوان از سیگنال شتاب نوک ابزار و نیروی خروجی از عملگر، به‌صورت همزمان برای تنظیم پارامترهای کنترلر PID تطبیقی استفاده نمود.
۲. بهره‌گیری از سنسور موقعیت به‌عنوان سیگنال پس‌خور ورودی به کنترلر، با هدف ارتقاء سفتی استاتیکی سیستم کنترل حلقه بسته و بهبود کیفیت سطح قطعه کار در نسبت‌های طول به قطر بالاتر از ۸.
۳. طراحی، تحلیل و ساخت یک عملگر الکترومغناطیس خطی با قابلیت اعمال نیروی فعال دوجته (در دو راستای عمود و مماس بر سطح قطعه کار) و دارای امکان نصب در داخل بدنه ابزار برشی.
۴. استفاده از الگوریتم‌های تکراری پیشرفته‌تر در ساختار کنترلر FIR تطبیقی، برای کمینه‌کردن دامنه ارتعاشات باقیمانده ابزار در فرآیند تراشکاری داخلی عمیق. در الگوریتم‌های تکراری مبتنی بر روش گرادینان تصادفی (مانند الگوریتم NLMS)، ضرایب وزنی فیلتر کنترلر با هدف کمینه‌کردن مقدار میانگین مربعات خطا تعیین می‌شوند. اما در الگوریتم‌های تکراری مبتنی بر روش تخمین حداقل

مربعات (مانند RLS)، این ضرایب وزنی با هدف کمینه‌کردن مجموع وزن‌دار مربعات خطا در هر لحظه از زمان تنظیم می‌شوند.^۱

۵. بهره‌گیری از کنترلرهای FIR تطبیقی با ساختار پیشرفته‌تر، دارای قابلیت تخمین به‌هنگام دینامیک مسیر مستقیم در حین فرآیند تراشکاری داخلی عمیق. در کنترلرهای تطبیقی دارای ساختار پیشرفته‌تر، نیازی به شناسایی اولیه دینامیک مسیر مستقیم نبوده، و از یک فیلتر FIR با ضرایب وزنی متغیر به‌منظور تخمین به‌هنگام دینامیک مسیر مستقیم استفاده می‌شود.

۶. مطالعه دقیق ماهیت ناپایداری دینامیکی chatter و تمرکز بر مدلسازی و تحلیل رفتار غیرخطی این پدیده در فرآیند تراشکاری داخلی.

^۱ ارتباط مستقیم بین فیلترهای دارای الگوریتم RLS و دسته خاصی از فیلترهای Kalman را می‌توان به‌لحاظ ریاضی اثبات کرد [۸۵].