مقایسهء عملکرد سیستمهایANC پیشخور و پسخورتک کاناله
در تضعیف نویز سینوسی و هارمونیکهای آن

سپیده شماعی

دانشکده برق

دانشگا ه علم و صنعت ایران

Sepideh_shamaee@yahoo.com

چکیده : بخش عمده ای از کاربردهای ANC مربوط به حذف نویز صوتی در کانالهای باریک می باشد، که در چنین مواردی معمولا" از سیستم ANC تک کاناله استفاده می شود.سیستمهایANC انواع مختلفی دارندو از الگوریتمهای متنوعی استفاده می کنند. در این مقاله سیستمهای ANC پیشخورباند پهن و پسخور تک کاناله که از الگوریتم متداول FXLMS استفاده می کنند، به اختصار شرح داده شده و با استفاده از شبیه سازی کامپیوتری میزان تضعیف ناشی از آنها بر روی یک نویز سینوسی و هارمونیکهای آن بررسی و مقایسه گردیده است. در تضعیف نویزهای باند باریک، سیستم ANC پسخورازعملکرد بهتری نسبت به سیستم ANC پیشخورباند پهن برخوردار می باشد.سیستم پیشخور فقط قادر به تضعیف مؤلفه های فرکانسی است که در سیگنال مرجع آن وجود دارند،در حالی که چنین محدودیتی در سیستم پسخور دیده نمی شود.نتایج شبیه سازی این موضوع را به روشنی نشان می دهند.

کلمات کلیدی : *نویز سینوسی،کنترل فعال نویز،سیستم پیشخور،سیستم پسخور.*

۱- مقدمه

امروزه با پیشرفت روزافزون صنعت و تکنولوژی، توسعهء شهرهاو افزایش جمعیت، آلودگی صوتی به یکی از مشکلات جوامع بشری تبدیل شده و نیاز به حذف یا به نحوی تضعیف اصوات مزاحم به ویژه در محیطهای صنعتی به خوبی احساس می شود.

شیوهء معمول کاهش نویز صوتی استفاده از روشهای غیر فعال و جاذبهای صوتی میباشد،که این روش در فرکانسهای پایین به علت طول موج بلند نویز صوتی قابل استفاده نیست[۱].از این رو به منظور تضعیف اصوات فرکانس پایین از سیستمهای حذف فعال نویز استفاده می کنند، که کارآیی آن نسبت به روشهای غیر فعال بسیار بیشتر است. در این روش به بیانی از جمع آثار استفاذه میگردد؛ بدین ترتیب که سیگنالی با دامنه مساوی و اختلاف فاز ۱۸۰درجه نسبت به نویز اصلی ایجاد شده و باعث تضعیف نویز اصلی می گردد.

در بسیاری از کاربردهای ANC ، هدف تضعیف نویز فرکانس پایین در یک کانال باریک می باشد.تا زمانی کـه فرکـانس نویز زیر فرکانس قطع کانال باشد، انتشار صوت به صورت یک بعدی بوده و می توان از سیستم تک کانالـه بـرای حـذف چنین نویزی استفاده کرد[۲].

به دلیل خواص فیزیکی و آکوستیکی، هنگام انتشار نویز سینوسی در یک کانال ممکن است برخی هارمونیکهای آن نیز ایجاد گردند. این هارمونیکها معمولا" در بالای کانال وجود ندارند و ضمن انتشار نویز در کانـال تولیـد مـی شـوند. ایـن مقاله نشان میدهد که در چنین شرایطی سیستم پسخور از عملکـرد بـه مراتـب بهتـری نـسبت بـه سیـستم پیـشخور برخوردار می باشد.

در این مقاله در بخش ۲ سیستم ANC تک کاناله و در بخشهای ۳و۴ سیستمهای پیشخور و پسخور تک کانالـه ای کـه از الگوریتم متداول FXLMS استفاده می کنند، به اختصار شرح داده می شوند.در بخش ۵ نتایج شبیه سازی و مقایسه عملکرد دو سیستم مزبور در مقابل یک نویز سینوسی و هارمونیکهای آن ارائه می گردد و نهایتا" نتیجه گیری در بخش ۶ آورده شده است.

۲-سیستم حذف فعال نویز تک کاناله

سیستم ANC تک کاناله دارای یک"سیگنال مرجع"، یک"سیگنال خطا" و یک "سیگنال ثانویه" است . سـیگنال مرجـع x(n) ،دارای اطلاعاتی در مورد نویز صوتی مزاحم یا "نویز منبع اولیه" است. سیگنال خطای e(n) ، توسط یک میکـروفن موسوم به" میکروفن خطا" بدست آورده می شود.

میکروفن خطا در محلی قرار دارد که هدف سیستم، کاهش نویز صوتی در آن مکان است. بنـابراین در محـل میکـروفن خطا بیشترین کاهش نویز تحقق می یابد.هنگامی که سیستم ANC خاموش است، تنها سیگنالی کـه توسـط میکـروفن خطا دریافت می شود،سیگنال نویز اولیه d(n) است؛ که این سیگنال بعد از عبور نویز صوتی از محیط فیزیکـی بـا تـابع انتقال P(z) به میکروفن خطا رسیده است.سیستم ANC سیگنال ثانویه y(n) را تولید می کند که این سـیگنال توسـط بلندگو در فضا پخش می شود. این بلند گو به نام" منبع ثانویه" شـناخته مـی شـود. مجمـوع سـیگنال پخـش شـده بـا سیگنال d(n)، موجب کاهش نویز اولیه در محل میکروفن خطا می گردد.

۳- سیستم ANC پیشخور تک کاناله

در سیستم ANC پیشخور از دو سنسور، یکی به منظور اندازه گیری سیگنال مرجع و دیگری بـه منظـور انـدازه گیـری سیگنال خطای باقیمانده استفاده می شود. به عبارتی نویزناشی از منبع نویز قبل از رسیدن بـه منبـع ثانویـه در بـالای کانال اندازه گیری شده و سیگنال مرجع تولید می گردد.

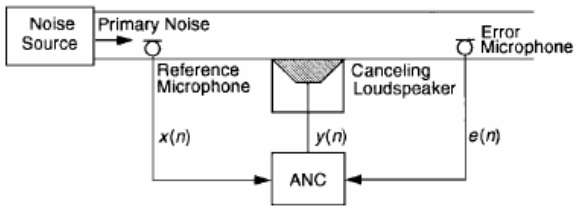
به طور کلی دو نوع نویز باند پهن و باند باریک در محیط وجود دارند.نویز باند پهن به وسیلهء اغتـشاشاتی کـه تـصادفی هستند ایجاد می گردد.در مقابل، در نویز باند باریک قسمت اعظم یا تقریبا" همهء انرژی در فرکانسهای خاصی متمرکـز شده و بنابراین چنین نویزی دارای ماهیت تناوبی می باشد. بر این اساس سیستمهای ANC پیشخور به دو دستهء باند پهن و باند باریک تقسیم می شوند. در این مقاله سیستم ANC پیشخور باند پهن به اختصار توضیح داده شده واز شـرح سیستم ANC پیشخور باند باریک صرفنظر می گردد[۳].

۳-۱ سیستم ANC پیشخور باند پهن تک کاناله

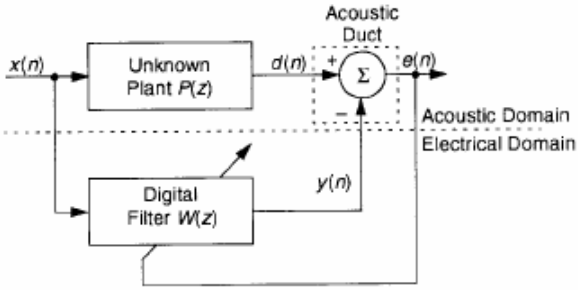
برای حذف نویز باند پهن،سیگنال مرجع باید با نویز اولیه همبسته بوده و اطلاعات کاملی را در مورد منبع نویز در بر داشته باشد. در سیستم ANC پیشخور باند پهن برای ایجاد سیگنال مرجع از یک میکروفن مرجع استفاده می شود که

فیدبک ناشی از منبع ثانویه روی این میکروفن می تواند باعث ایجاد مشکل گردد.

نمونه ای از یک سیستم ANC پیشخور باند پهن در شکل(۱) نشان داده شده است.در این شکل سیگنال ناخواسته

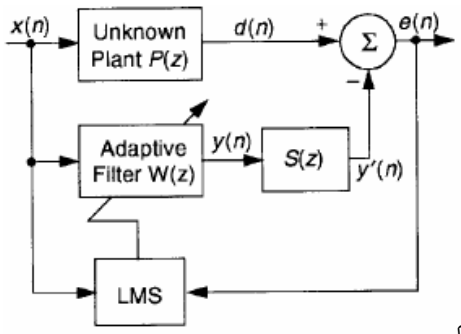


شکل۱: سیستمANC پیشخور باند پهن تک کاناله



شکل۲:بلوک دیاگرام یک سیستم ANC

x(n) قبل از رسیدن به بلندگو، توسط یک میکروفن مرجع نزدیک به منبع نویز در بالای کانال دریافت می شود.بلوک دیاگرام یک سیستم ANC پیشخور باند پهن تک کاناله در شکل(۲) نشان داده شده است. مطابق شکل، سیستم سیگنال مرجع را برای تولید سیگنال y(n) که بلندگو را تحریک می کند، بکار می برد و به این ترتیب یک نویز ثانویه با ۱۸۰ درجه اختلاف فازنسبت به نویزاولیه در کانال صوتی ایجاد می گردد؛ که نویز اولیه را حذف می کند. میکروفن خطا نویز باقیمانده e(n) را که باید از طریق اصلاح ضرایب فیلتر و وفقی مینیمم شود، اندازه گیری می کند. به منظور اصلاح ضرایب فیلتر وفقی در جهت کاهش نویز باقیمانده از سیگنالهای e(n) وx(n) استفاده می گردد. مطابق شکل یک آرایش ساده از این نوع سیستم ANC شامل فیلترW(z) است ،که به منظورتخمین یک تابع تبدیل ناشناخته P(z) بکار می رود.مسیر اولیه P(z) شامل پاسخ آکوستیکی ازسنسور مرجع ورودی تا سنسور خطا، یعنی جایی که تضعیف نویز محقق می شود، می باشد.



شکل۳:بلوک دیاگرام سیستمANC پیشخور باند پهن

شکل (۲)یک مدل ساده برای این سیستم بوده وبرای واقعی تر شدن آن باید بعضی توابع تبدیل اضافه در نظر گرفته شوند. در واقع جبران سازی مسیر ثانویه از y(n) تا e(n) ضروری می باشد.این تابع تبدیل شامل تابع تبدیل مبدل D/A فیلتر بازسازی، تقویت کننده، توان بلندگو،مسیر آکوستیکی از بلندگو تا میکروفن خطا،پیش تقویت کننده، فیلتر ضد تا خوردگی و مبدلA/D می باشد. برای احتساب نکات فوق می توان سیستم مزبور را مطابق شکل(۳)در نظر گرفت، که در آن جهت اصلاح ضرایب فیلتر وفقی از الگوریتم LMS استفاده شده است. البته چنین ساختاری به دلیل ظاهر شدن تابع تبدیل مسیر ثانویه در سیستم ANC پایدار نبوده و جهت دستیابی به همگرایی،باید الگوریتمLMS اصلاح گردد.برای جبران سازی اثر S(z) دو روش پیشنهاد شده است:

۱-قرار دادن فیلتر معکوس 1/S(z)به طور سری با S(z) به منظور رفع اثر آن.

۲-قرار دادن یک فیلتر کاملا" مشابه باS(z) در مسیر سیگنال ورودی به الگوریتم وفقی، که الگوریتم حاصل به FXLMS یا Filtered-X LMS معروف است.

چون عکس تابع انتقال S(z) جهت اجرای روش اول الزاما" وجود ندارد؛ معمولا" از روش دوم که در آن به معکوس S(z) نیاز نیست، استفاده می شود.

مطابق شکل (۳)خطای باقیمانده از رابطه زیر بدست می آید.

$$e(n) = d(n) - s(n) * \left[\mathbf{w}^{T}(n)\mathbf{x}(n) \right] \qquad (۱)$$

که s(n) پاسخ ضربه مسیر ثانویه S(z) در لحظه n و * بیانگر کانولوشن خطی می باشد.

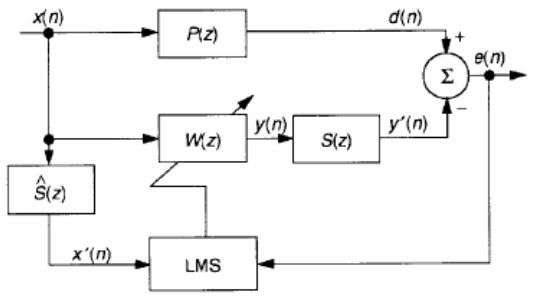
$\mathbf{w}(n) = [w_0(n), w_1(n), \ldots, w_{L-1}(n)]$ بردار ضرایب فیلتر وفقی W(z) و

$\mathbf{x}(n) = [x(n), x(n-1), \ldots, x(n-L+1)]$ بردار سیگنال مرجع در لحظه n می باشد.با استفاده از الگوریتم نزولی ترین شیب با ضریب همگرایی μ ، که بردار ضرایب را در جهت منفی گرادیان خطا بهنگام میکند؛خواهیم داشت:

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) - m/2\nabla x(n) \qquad (۲)$$

$$x(n) = E\left[e^{2}(n)\right] \qquad (۳)$$

اگر از مربع لحظه ای خطا به عنوان تخمینی برای متوسط مربع خطا استفاده کنیم، رابطهء (۲) به صورت زیرتبدیل می شود:



شکل۴: بلوک دیاگرام یک سیستم ANC پیشخورکه الگوریتم FXLMS استفاده می کند.

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) - m/2\nabla \hat{x}(n) \qquad (۴)$$

$$\nabla \hat{x}(n) = \nabla e^{2}(n) = 2[\nabla e(n)]e(n) \qquad (۵)$$

با استفاده از رابطه (۱) می توان نوشت:

$$\nabla e(n) = -s(n) * \mathbf{x}(n) = -\mathbf{x}'(n) \qquad (۶)$$

$$\mathbf{x}'(n) = [x'(n), x'(n+1), \ldots, x'(n-L+1)]^{T} \qquad (۷)$$

$$x'(n) = s(n) * x(n) \qquad (۸)$$

با جایگذاری رابطهء(۵)و(۶) در رابطهء (۴)، الگوریتم FXLMS به صورت زیر حاصل می شود:

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) - m\,\mathbf{x}'(n)e(n) \qquad (۹)$$

در عمل S(z) ناشناخته بوده و باید به وسیلهء یک فیلتر اضافی$S'(z)$ تخمین زده شود. بنابر این سیگنال مرجع فیلتر شده به وسیلهء عبور دادن سیگنال مرجع از تخمین مسیر ثانویه حاصل می شود :

$$\nabla e(n) = -\hat{s}(n) * \mathbf{x}(n) \qquad (۱۰)$$

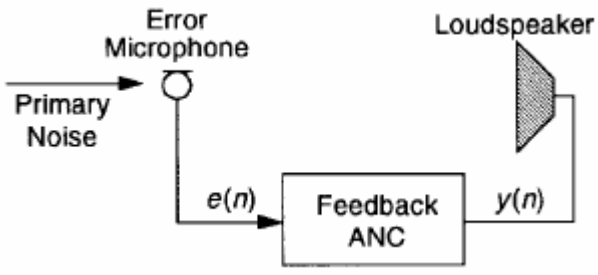
که $\hat{s}(n)$ پاسخ ضربه تخمین مسیر ثانویه$S'(z)$می باشد.بلوک دیاگرام یک سیستم پیشخور ANC که از الگوریتم FXLMS استفاده می کند، در شکل (۴) نشان داده شده است.

بدیهی است که یک سیستم ANC پیشخور باند پهن قادر به حذف نویزهای باند باریک نیز می باشد.در این مقاله عملکرد سیستم ANC پیشخور باند پهن در تضعیف نویز سینوسی مورد بررسی قرار گرفته است.

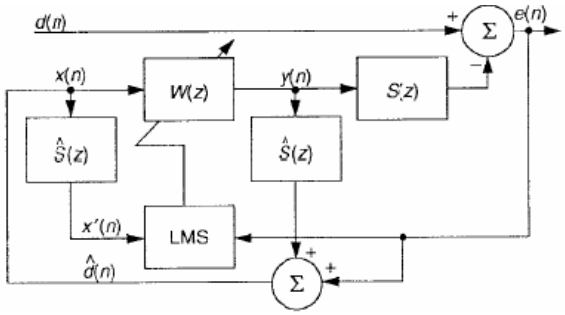
۴-سیستم ANC پسخور وفقی تک کاناله

کنترل پسخور یکی از تکنیکهایی است که درحذف فعال نویز استفاده می شود. در کاربردهایی که اندازه گیری نویز اولیه و تولید سیگنال مرجع ممکن نمی باشد، از سیستمهای ANC پسخور استفاده می گردد. یک سیستمANC پسخورتک کاناله در شکل(۵)نشان داده شده است.همانطور که در شکل دیده می شود، این نوع سیستم تنها به یک سنسورخطا احتیاج دارد و بنابراین از فیدبک آکوستیکی منبع ثانویه به میکروفن مرجع، که در بسیاری از سیستمهای

ANC پیشخور باند پهن وجود دارد؛ اجتناب می شود. دو نوع سیستم پسخور وفقی و غیر وفقی می توان در نظر گرفت، که در این مقاله سیستمANC پسخوروفقی تک کاناله به اختصار توضیح داده می شود[۳]. بلوک دیاگرام یک سیستم ANC پسخور وفقی تک کاناله که از الگوریتمFXLMS استفاده می کند، در شکل (۶)نشان داده شده است. سیستم ANC پسخور وفقی را می توان به صورت یک سیستم ANC پیشخور وفقی در نظر گرفت، که سیگنال مرجع مورد نیازش را به وسیلهء خروجی فیلتر وفقی و سنسور خطا تولید می کند. در این سیستم مطابق شکل (۶)،d(n)نویز اولیه



شکل۵: سیستمANC پسخور تک کاناله



شکل۶: سیستمANC پسخور وفقی تک کاناله که از الگوریتم FXLMS استفاده میکند.

در محل سنسور خطا،e(n) نویز باقیماندهء اندازه گیری شده به وسیلهء سنسور خطا و y(n) سیگنال کنترلی ثانویه است. W(z) تابع نبدیل فیلتر وفقی و S(z) تابع تبدیل مسیر ثانویه می باشد.در این سیستم نویز اولیه d(n) در طول عملکرد سیستم ANC نامعلوم بوده و باید به وسیلهء منبع ثانویه حذف گردد. بنابراین ایده اصلی سیستمANC پسخور وفقی، تخمین نویزا اولیه و به کاربردن آن به عنوان سیگنال مرجع x(n) می باشد. با توجه به شکل(۶) تبدیل Z نویز اولیه به صورت زیر خواهد بود:

$$D(z) = E(z) + S(z)Y(z) \qquad (۱۲)$$

کهE(z) سیگنال بدست آمده از سنسور خطا و Y(z) سیگنال ثانویهء تولید شده به وسیلهء فیلتر وفقی است. اگر تابع تبدیل مسیر ثانویه به وسیلهء $\hat{S}(z)$ تقریب زده شود، می توانیم d(n)را تخمین زده و به عنوان سیگنال مرجع ساخته شدهء x(n) بکار ببریم.

$$X(z) = \hat{D}(z) = E(z) + \hat{S}(z)Y(z) \qquad (۱۳)$$

شیوهء تولید سیگنال مرجع در شکل (۶) نشان داده شده است.در این شکل سیگنال ثانویهء y(n) به وسیلهء تخمین مسیر ثانویهء $\hat{S}(z)$ فیلتر شده و سپس با e(n) جمع می شود، تا نویز اولیه را تولید کند. همچنین مشاهده می شود که $\hat{S}(z)$ جهت جبران سازی اثر مسیر ثانویه در مسیر x(n) قرار گرفته است. سیگنال مرجع x(n) تولید شده به عنوان تخمینی از d(n) به صورت زیر بیان می گردد:

$$x(n) = \hat{d}(n) = e(n) + \sum_{m=0}^{M-1} \hat{S}_m\, y(n - m) \qquad (۱۴)$$

که $\hat{S}_m$ ضرایب فیلتر وفقی FIR با طول M هستند که برای تخمین مسیر ثانویه به کار برده شده است. سیکنال ثانویهء y(n) عبارت خواهد بود از:

$$y(n) = \sum_{l=0}^{L-1} w_l(n)x(n-l) \qquad (۱۵)$$

که $w_l(n)$ ضرایب $W(z)$ در زمان n هستند و L طول فیلتر $W(z)$ می باشد. ضرایب فیلتر به وسیلهء الگوریتم FXLMS بهنگام می شوند:

$$w_l(n+1) = w_l(n) + m\, x'(n-l)e(n) \qquad (۱۶)$$

که m اندازهء پله است و

$$x'(n) = \sum_{m=0}^{M-1} \hat{s}_m\, x(n-m) \qquad (۱۷)$$

سیگنال مرجع فیلتر شده می باشد.

سیستم ANC پسخور وفقی معمولاً در مورد نویزهای باند باریک مفید واقع می شود؛ چرا که در این سیستم خروجی سنسور خطا برای ایجاد ورودی مرجع مورد استفاده قرار می گیردو چنین عملکردی صرفاً مربوط به طبیعت قابل پیش بینی سیگنالهای باند باریک می باشد. به عبارتی عملکرد یک سیستم پسخور وفقی را می توان معادل با بکار بردن یک سیستم پیشخور باند باریک دانست که در ان سیگنال مرجع به وسیلهء خود سیستم ایجاد می شود

۵- نتایج شبیه سازی

در این بخش به کمک شبیه سازی کامپیوتری عملکرد دو سیستم ANC پیشخور باند پهن تک کانالـه و ANC پـسخور وفقی تک کاناله در تضعیف یک نویز سینوسی و هار مونیکهای آن با یکدیگر مقایسه شده است.

در شبیه سازی سیستم ANC پیشخور باند پهن، یک میکروفن مرجع، یک میکروفن خطا و یک بلنـدگوی ثانویـه، و در شبیه سازی سیستم ANC پسخور وفقی یک میکروفن خطا و یک بلند گوی ثانویه در نظـر گرفتـه شـده و بـه منظـور احتساب اثرات فیزیکی کانال، توابع انتقال لازم معلوم فرض شده اند. در هر دو سیستم ANC پیـشخور و پـسخور، یـک فیلتر IIR مرتبهء ۲۵ به عنوان تابع انتقال مسیر ثانویه $S(z)$ و علاوه بر آن یک فیلتـر IIR مرتبـهء ۲۵ بـه عنـوان تـابع انتقال $P(z)$ در سیستم پیشخور در نظر گرفته شده است. به منظور جلوگیری از نا پایداری، برای تخمـین $S(z)$ از یـک فیلتر FIR با طول ۳۲ به عنوان $\hat{S}(z)$ استفاده شده و فیلتر وفقی$W(z)$ نیز یک فیلتر FIR با تعـداد ضـرایب ۱۲۸ مـی باشد. سیگنال نویز نیز شامل یک سینوس با فرکانس۲۰۰ HZ وهارمونیکهای دوم وسوم آن بـا فرکانـسهای ۴۰۰ HZو ۶۰۰HZ است. این شبیه سازی شامل ۳ بخش است:

۱- در این بخش یک سیستم ANC پیشخور باند پهن در نظر گرفته شده و فرض میشود هر سه مؤ لفهء فرکانسی نـویز در بالای کانال وجود داشته و به وسیلهء میکروفن مرجع دریافت می شوند. بنابر ایـن سـیگنال مرجـع شـامل هـر سـه فرکانس خواهد بود. شکل ۸چگالی طیفی توان سیگنال خطای باقیمانده$e(n)$ را تحت این شرایط نشان می دهد.

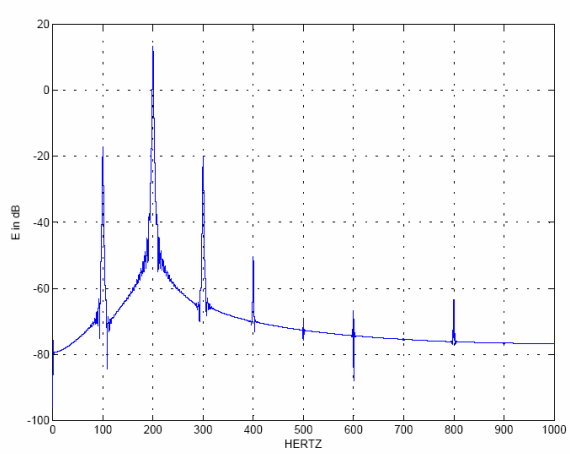
۲- این بخش شبیه سازی سیستم ANC پیشخور بانـد پهـن در شـرایطی اسـت کـه فقـط فرکـانس ۲۰۰ HZ توسـط میکروفن مرجع دریافت می شود؛ لذا سیگنال مرجع فقط شامل فرکانس ۲۰۰HZ میباشد. در عین حال فرض می شود که در نویز اولیهء $d(n)$ در محل میکروفن خطا هر سه مؤلفـهء ۲۰۰ HZ،۴۰۰ HZ و۶۰۰HZ وجـود دارنـد. نمودارهـای چگالی طیفی توان سیگنال $e(n)$ حاصل از این شبیه سازی در شکل۹ آورده شده است.

۳- در نهایت یک سیستم ANCپسخور وفقی در حالتی شبیه سازی شده است که نویز اولیهء$d(n)$ آن شامل مؤلفه های فرکانسی۲۰۰ HZ، ۴۰۰ HZو ۶۰۰ HZ می باشد. نمودار چگالی طیفی توان نویز باقیمانده حاصل از این بخش در

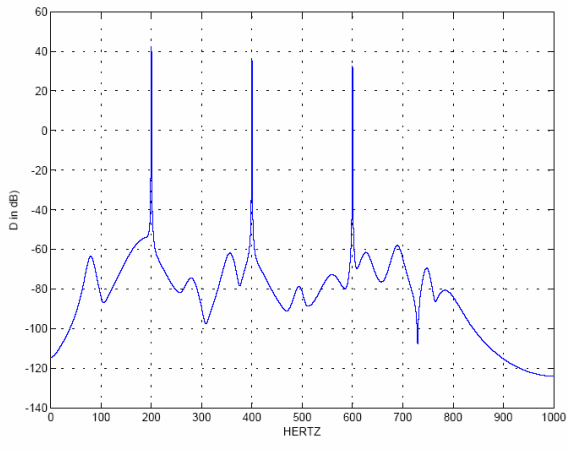
شکل ۱۰ نشان داده شده است.

تذکر: با توجه به توضیحات فوق سیگنال d(n) در هر سه بخش شبیه سازی یکسان بوده و چگـالی طیفـی تـوان آن در شکل ۷ نشان داده شده است.

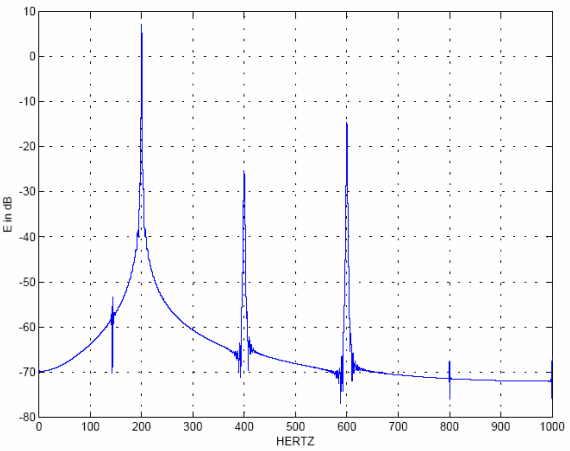
در شکل ۸ دیده می شود که سیستم ANC پیشخور باند پهن به خوبی هر سه مؤلفهء فرکانسی نـویز اولیـه را تـضعیف کرده است. ؛ از آنجا که هر سه مؤلفه در سیگنال مرجع وجوددارند، لذا سیگنال مرجع با نویز اولیه همبسته بوده و



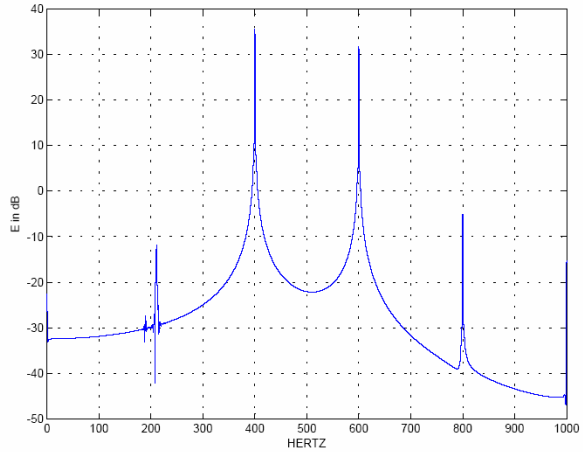
شکل۸: نمودار چگالی طیفی توان نویز باقیمانده(e(n در سیستم ANC پیشخور باند پهن ودر شرایطی که هر سه مؤلفهء فرکانسی نویز اولیه d(n) در سیگنال مرجع x(n) وجود دارند.



شکل۷: نمودار چگالی طیفی توان نویز اولیهء(d(n قبل از تضعیف



شکل۱۰: چگالی طیفی توان نویز باقیمانده (e(nدرسیستم سیستمANC پسخور وفقی تک کاناله و در شرایطی که هر سه مؤلفهء فرکانسی درنویز اولیهء(d(n وجود دارند.



شکل۹ : چگالی طیفی توان نویز باقیمانده e(n) در سیستم ANC پیشخور باندپهن ودر شرایطی که فقط مؤلفه فرکانسیHZ ۲۰۰ در سیگنال مرجع وجوددارد.

سیستمANC پیشخور به نحو قابل قبولی نویز اولیه را تضعیف خواهد کرد. شکل۹ به خوبی نشان میدهد که سیستم پیشخور مزبور فقط فرکانس HZ ۲۰۰ از نویز اولیه را که در سیگنال مرجع وجود داشته تضعیف کرده وفرکانسهایHZ ۴۰۰ وHZ ۶۰۰ همچنان بدون آنکه تضعیف شوند،باقی مانده اند.حتی بعضاً ممکن است دامنهء چنین مؤلفه هایی که در سیگنال مرجع وجود ندارند، ضمن عملکرد سیستم افزایش یابد؛ و در نهایت در شکل۱۰ دیده میشود که سیستم

ANC پسخور وفقی هرسه مؤلفهء فرکانسی را به نحو مناسب تضعیف کرده است. پس به نظر میرسد که در حذف نویز باند باریک، چنانچه برخی از مؤلفه های فرکانسی نویز اولیه در سیگنال مرجع وجود نداشته باشند، سیستم ANC پیشخور باند پهن عملکرد مطلوبی نداشته و سیستم ANC پسخور وفقی نتایج به مراتب بهتری را بدست می دهد.

در نهایت اشاره به این نکته ضروری به نظر میرسد ،که مطالب مطرح شده در این مقاله بخشی از تحقیقاتی است که جهت رفع مشکلی مشابه که در یک سیستم ANC آزمایشگاهی با آن برخورد شده است، انجام گرفته است. در یک سیستم ANC پیشخور باند پهن تک کانالهء آزمایشگاهی دیده شده که چنانچه منبع اولیهء نویز، یک نویز سینوسی تک فرکانس تولید کند، این تک فرکانس به خوبی توسط سیستم تضعیف خواهد شد؛ ولی در کمال تعجب دیده می شودکه سیگنال خطای باقیمانده حاوی حداقل ۲ هارمونیک اول نویزسینوسی تک فرکانس مزبور، با دامنهء نسبتاً قابل توجه می باشد. به نظرمیرسد که این هارمونیکها به علت برخی ویژگیهای فیزیکی نظیرغیر خطی بودن بخشهایی از سیستم یا برخی خواص آکوستیکی تولید می شوند. هدف ما از بین بردن یا تضعیف این هارمونیکها است، بدون توجه به اینکه چه عاملی منشأ تولید آنها می باشد. اگر چه در بالا نشان داده شد که سیستم پسخور قادر به رفع چنین مشکلی می باشد، ولی سیستم پسخور نیز راه حل مناسبی نبوده و ضعفهای خاص خود را دارد.مثلاً یک سیستم پسخور چنانکه قبلاً نیز ذکر شد، فقط قادر به حذف نویزهای باند باریک است.به نظر می رسد ، سیستمی که هم قادر به تضعیف نویز باند پهن و هم نویز باند باریک بوده، در عین حال بتواند مشکل ذکر شده را مرتفع ساخته ونهایتاً نتیجهء قابل قبولی را بدست دهد، میبایست تلفیقی از دو سیستمANC پیشخورو پسخور باشد. چنین سیستمی با نام سیستم هایبرید معروف است[۴] . در این مقاله شبیه سازی سیستم هایبریدومقایسه عملکردآن با دو سیستم پیشخور و پسخور مطرح نشده است؛ لیکن یقیناً مقایسهء عملکرد سه سیستم مزبور از طریق شبیه سازی و بالتبع آن پیاده سازی نتایج درخورتوجهی رابدست خواهد داد و در فرصتهای بعدی ارائه خواهد شد.

۶-نتیجه گیری

در این مقاله عملکرد دو سیستم ANC پیشخور باند پهن وپسخور وفقی تک کاناله در تضعیف یک نویز سینوسی و تعدادی از هارمونیکهای آن از طریق شبیه سازی کامپیوتری مقایسه شده و نشان داده شد که سیستم پسخور وفقی تحت شرایط خاص مطرح شده در مقاله، کارآیی بیشتری دارد. علاوه بر آن به مشکل موجود در یک سیستم ANC پیشخور باند پهن تک کانالهء آزمایشگاهی اشاره گردیده، به منظوررفع آن به نحو قابل قبولی، استفاده از سیستم هایبرید پیشنهادگردید. شبیه سازی سیستم هایبریدو بالتبع آن پیاده سازی سه سیستم پیشخور، پسخور و هایبرید در آزمایشگاه، هم اکنون مورد مطالعه بوده؛ نتایج حاصل از آن پس از تکمیل ، در فرصتهای بعدی ارائه خواهد شد.

۷-مراجع

[1] Anjelo J. Companella , "Active Noise Control or Cancellation", Companella Associates,2000

[2]Andre L'Esperace, Martin Bouchard , Bruno Pailard , Caterine Guigou and Alex Boudreau,"Active Noise Control in large circular duct using an error sensors plane", Science Direct – Applied Acoustics, Vol. 57,Issue 4, August 1999

[3]Sen M.Kuo, Dennis R. Morgan, "Active Noise Control Systems" New Yourk , John Wiley & Sons,1996

[4]Xuang Kong , Sen M. Kuo,"Multiple Channel Hybrid Active Noise Control Systems",IEEE Transaction On Control Systems Technology, Vol.6, No.6,November 1998

[5] Sen M. Kuo and Dennis R. Morgan ," Active Noise Control: A Tutorial Review", Proceeding Of The IEEE , Vol. 87 , No. 6, June 1999