

ISAV2021

یازدهمین کنفرانس بین المللی آکوستیک و ارتعاشات

تهران - ایران

آذرماه ۱۴۰۰



انجمن آکوستیک و ارتعاشات ایران

بررسی و مقایسه نتایج تست عملکرد ارتعاشی استاک بریج دمپرها مطابق آخرین

تغییرات استاندارد IEC61897-2020

مهدی خاقانی^{۱*}، مسعود آسایش^۲

آ ایران، تهران، شهرک غرب، انتهای بلوار دادمان، پژوهشگاه نیرو، 1468613113، کارشناس پژوهشی

۲ ایران، تهران، مربی پژوهشی

mkhaghani@nri.ac.ir *

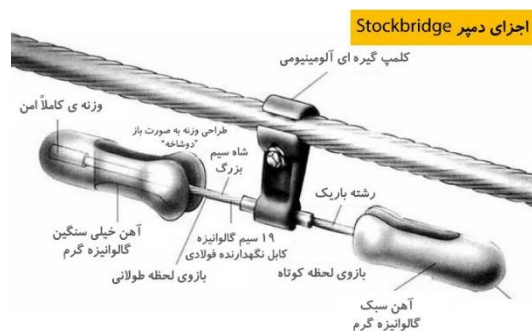
چکیده

انرژی الکتریکی تولید شده در نیروگاه‌ها توسط خطوط انتقال به پست های نزدیک محل مصرف منتقل می‌شود. کابل‌ها یا همان هادی‌ها از اصلی ترین تجهیزات خطوط انتقال می‌باشند. هادی‌ها در اثر عوامل طبیعی همچون باد، برف و یخبندان و ... دچار نوسان می‌شوند. در صورت عدم مهار انرژی حاصل از این نوسانات آسیب‌های جدی به خطوط انتقال وارد می‌شود. این نوسانات بر روی اتصالات و هادی‌های خط تأثیر نامطلوب داشته و منجر به فرسودگی زودرس، کاهش عمر مفید و نهایتاً پارگی آنها نیز می‌گردد. به همین علت محققان و طراحان خطوط انتقال نیرو همواره به دنبال شناخت دقیقتر این پدیده و یافتن راه‌هایی جهت حذف یا کاهش اثرات سوء آن بوده و هستند. یکی از راه‌های جذب و اتلاف انرژی حاصل از این نوسانات استفاده از استاک بریج دمپرها می‌باشد. عملکرد ارتعاشی این تجهیزات مطابق با دستورالعمل یا همان استاندارد IEC61897 مورد بررسی قرار می‌گیرد. در سال 2020 استاندارد نسخه جدیدی از دستورالعمل انجام این تست را منتشر نمود که مطابق آن تست خستگی استاک بریج دمپرها در همه نقاط دارای تشدید به میزان برابر انجام شود. یعنی اگر دمپر بر اساس چهار رزونانس طراحی شده باشد تست خستگی در چهار فرکانس دچار تشدید شده و هر کدام به میزان ۲,۵ میلیون سیکل و برای دو رزونانس در هر فرکانس به میزان 5 میلیون سیکل باید انجام شود. قابل ذکر است قبل از این مطابق استاندارد دمپر در بالاترین فرکانس تشدید به میزان ۱۰ میلیون سیکل خسته می‌شد. در این تحقیق عملکرد ارتعاشی تعدادی استاک بریج دمپر دو رزونانس، با طراحی مشابه و شرایط تست یکسان و براساس دستورالعمل قدیم و جدید مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن با یکدیگر مقایسه شده است. از بررسی و تحلیل نمودارها و جداول حاصل از نتایج تست نمونه‌ها مطابق دستورالعمل جدید و قدیم استاندارد این نتیجه حاصل می‌شود که نتایج تست‌ها بر اساس دستورالعمل جدید بیشتر به عملکرد دمپر بر روی خط نزدیک می‌باشد. دلیل این موضوع این است در این حالت تمام شکل مودها در تست خستگی تحریک می‌شود. در واقعیت نیز استاک بریج در روی خط در تمام فرکانس‌های تشدید، تحریک شده و در هر رزونانس رفتار جداگانه ای از خود نشان می‌دهد. پس بررسی رفتار دمپر براساس خستگی در همه فرکانس‌های تشدید واقع بینانه تر نسبت به تست دمپر با خستگی در تک فرکانس تشدید (بالاترین فرکانس تشدید) به ما می‌دهد.

کلمات کلیدی: انتقال؛ دمپر؛ فرکانس؛ تشدید

۱- مقدمه

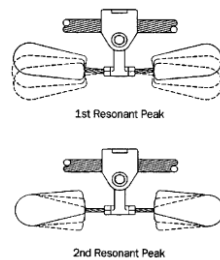
انتقال برق به معنی انتقال انرژی الکتریکی در مقیاس بزرگ از نیروگاه‌ها به پست‌های برق در نزدیکی مراکز مصرف می‌باشد. با توجه به مزیت های مهم انرژی الکتریکی بر سایر انرژی ها و به دلیل سادگی و راحتی توزیع و قابلیت انتقال برای مسافت های طولانی، امروزه پیش بینی می‌گردد که بیشترین مصرف انرژی در قرن آینده کماکان به صورت انرژی الکتریکی باشد. از اصلی ترین تجهیزات به کار رفته در خطوط انتقال می‌توان به کابلها، دکل‌ها، مقره‌ها، جاذب‌ها، اسپیسر دمپرها و.. اشاره نمود. شاید بتوان گفت اصلی ترین این تجهیزات همان کابل ها انتقال انرژی می‌باشند. خطوط انتقال به طور پیوسته در معرض آسیب‌های ناشی از عوامل محیطی و جغرافیایی از جمله باد، باران، برف، یخ و صاعقه قرار دارند. همانطور که بیان شد کابل ها به عنوان اصلی ترین جزء شبکه می‌تواند بیشترین آسیب را متحمل شده و در نتیجه منجر به ایجاد ناپایداری در شبکه انتقال و بروز خاموشی در شبکه مصرف شود. به منظور حفظ پایداری این خطوط در طول مسیر انتقال دکل‌هایی با فواصل مشخص شده و براساس استاندارد نصب می‌گردد. باد و برف و یخ زدگی را می‌توان از اصلی ترین عوامل ایجاد ناپایداری در کابل ها و در نتیجه تخریب خطوط نام برد. وزش باد و یا تخلیه برف و یخ از روی کابل ها سبب ذخیره انرژی در خطوط می‌شود. جهت جلوگیری از تخریب خطوط این انرژی باید جذب و تلف گردد. طبق بررسی های انجام شده در زمینه ارتعاشات خطوط انتقال هوایی که از سال ۱۹۳۰ آغاز شده است، این ارتعاشات در دو حالت آئولین که شایعترین نوع ارتعاش در خطوط انتقال است و ارتعاشات گالوپینگ ظاهر می‌شود. ارتعاشات آئولین در فرکانس های بالا و با دامنه کم (حدود چند سانتی متر) ظاهر می‌شود و منجر به بروز پدیده خستگی در رشته های کابل و دیگر اجزاء خط انتقال می‌شود. این نوع ارتعاشات در اثر جریان‌های باد به سرعت ۰.۵ تا ۱۰ متر بر ثانیه رخ می‌دهد و حداکثر دامنه آن در اثر ارتعاش به اندازه قطر کابل می‌رسد. شکل دیگر بروز ارتعاشات در خطوط انتقال به صورت ارتعاشات گالوپینگ می‌باشد. این نوع از نوسان برخلاف ارتعاشات آئولین در فرکانس‌های پایین (۰.۱ تا ۰.۳ هرتز) و با دامنه های بالا رخ می‌دهد. ارتعاشات گالوپینگ می‌تواند به صورت لحظه ای رخ داده و منجر به بروز خسارت های سنگینی مانند پاره شدن سیم، تخریب و شکستن دکل های انتقال و یا کاهش حداقل فاصله مجاز هادی با دیگر فاز های شود. لازم به ذکر است پدیده گالوپینگ اغلب در مناطق کوهستانی و در اثر یخبندان رخ می‌دهد. به منظور دفع انرژی جذب شده در اثر این ارتعاشات از استاک بریج‌ها یا همان دمپرها جاذب انرژی استفاده می‌شود. استاک بریج‌ها تشکیل شده است از کلمپ جهت اتصال بروی خط انتقال و دو عدد وزنه که توسط کابلی که از چند رشته سیم تشکیل شده است بهم متصل شده است. (شکل ۱).



شکل ۱. استاک بریج دمپر

دمپرها برای انواع هادی های فاز که به صورت تک هادی می باشند و همچنین برای انواع سیم های فولادی گالوانیزه، فیبر نوری، فولاد پوشش آلومینیومی و تمام آلومینیومی طراحی شده اند. ویژگی ها و مشخصات فنی دمپرها از این قرار است: ۱- پوشش دامنه گسترده ای از فرکانس برای انواع هادی های مورد استفاده در خطوط انتقال در سراسر دنیا: این ویژگی به این نوع جاذب ارتعاشی اجازه جذب مناسب انرژی در بازه گسترده ای را می‌دهد که بازده بیشتر ارتعاشی را نتیجه می‌دهد. همچنین این ویژگی باعث کاهش دامنه کرنش در پوسته خارجی هادی و در نتیجه باعث

حفاظت از هادی می گردد. ۲- طراحی بهینه وزنه ها و طول موثر کابل میراکننده در هر طرف با توجه به نیاز فرکانسی: با تغییر جرم وزنه ها، طول موثر کابل میراکننده در هر طرف دمپر و وضعیت قرارگیری کلمپ اتصال به کابل میراکننده، پاسخ فرکانسی تغییر می کند. بنابراین نقاط تشدید (رزونانس) و میزان تلف شده در این نقاط با تغییر این پارامترها به طرز بهینه ای طراحی شده است. ۳- امکان استفاده از انواع دو، چهار و شش رزونانس در بازه ارتعاشی کاربردی: دمپر ها در سه گروه اصلی دو، چهار و شش رزونانس طراحی شده اند که بازه ارتعاشی و در نتیجه حفاظت از هادی را به طور قابل ملاحظه ای بهبود می بخشد. (شکل ۲)



شکل ۲. رزونانس در استاک بریج دمپر

تمامی مراحل طراحی، ساخت و تست استاک بریج ها مطابق استاندارد استاندارد IEC 61897 می باشد. هر ساله جمعی از محققین و پژوهشگران در سراسر جهان در زمینه بهینه سازی عملکرد استاک بریج ها به تحقیق در این زمینه می پردازند. در صورتیکه این تحقیقات منجر به نتیجه ای اثر بخش در عملکرد استاک بریج ها شود توسط مراجع تعیین استاندارد مورد بررسی قرار گرفته و در صورت اثبات موضوع به عنوان تغییرات جدید در دستورالعمل استاندارد اعمال شده و جهت اطلاع سایرین به چاپ می رسد. در سالیان گذشته نیز محققان زیادی به پژوهش در این زمینه پرداخته اند که از جمله به چند نمونه از آن اشاره شده است. در این تحقیق رفتار دمپر مطابق با آخرین تغییرات استاندارد که در سال ۲۰۲۰ ارائه شده است مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن با دستورالعمل قدیمی مقایسه شده است.

آقای غلامی و همکارانش ضمن بررسی نوسانات ناشی از پدیده گالوپینگ در خطوط هوایی انتقال انرژی با ارائه مدل الکتریکی به این نتیجه دست یافتند که افزایش کشش هادی ها می تواند منجر به افزایش فرکانس های عمودی و در نتیجه کاهش دامنه جابه جایی عمودی هادی ها شود [1]. آقای آسایش و چند تن دیگر از محققین صنعت برق در زمینه تحلیل طراحی و تست دینامیکی جاذب-دمپر ارتعاشات آئولین در خطوط انتقال نیرو به این نتیجه رسیدند که عدم طراحی مناسب و یا بکارگیری دمپر در نقاط غیر طراحی شده علاوه بر عدم کارایی دمپر ممکن است سبب افزایش دامنه ارتعاشات در نقاط مورد نظر کنترل ارتعاش گردد [2]. آقای مینائی و همکارش تخمین پارامترهای میراگر استاک بریج و بررسی میزان جذب انرژی میراگر از روش بروز رسانی مدل و آنالیز مودال تجربی را به عنوان موضوع تحقیق خود انتخاب نموده که منجر به این نتیجه شد که تأثیر طول میراگر بیشتر از سایر پارامترها بوده و با کاهش مقدار طول کابل دمپر، توان تلف شده توسط جاذب به شدت افزایش می یابد [3]. آقای مظاهری نتیجه تحقیقات خود را در زمینه بررسی نرخ خرابی خطوط انتقال قدرت ناشی از نوسانات عرضی و اثر استاک بریج دمپر در کاهش آن اینگونه بیان نموده که محل نصب دمپر در کاهش و یا افزایش دامنه نوسان بسیار حائز اهمیت است تا جایی که دو دمپر در محل نامناسب روی خط می تواند تا ۲۰ برابر دامنه را نسبت به حالت بدون دمپر کاهش دهد [4]. در این تحقیق عملکرد ارتعاشی چند نمونه استاک بریج براساس نسخه استاندارد IEC61897-2020 در محل آزمایشگاه ارتعاشات و آکوستیک پژوهشگاه نیرو مورد تحقیق و پژوهش قرار گرفته است [5]. همچنین جهت تنظیم این تحقیق با مطالعه برخی منابع دیگر اطلاعات علمی و پژوهشی مفیدی حاصل گردیده است که در قسمت مراجع به آنها اشاره شده است. [6-9]

۲- مراحل تست نمونه در آزمایشگاه

در بررسی آزمایشگاهی استاک بریج دمپرها مطابق با استاندارد IEC61897 نمونه هایی که معمولاً در قالب sample test و یا type test و به صورت اتفاقی از میان قطعات ساخته شده در کارخانه توسط کارفرما و یا مشاور کارفرما انتخاب شده و جهت انجام تست رفتار ارتعاشی به محل آزمایشگاه ارتعاشات و آکوستیک پژوهشگاه نیرو انتقال داده می شود. لازم به ذکر است آزمایشگاه ارتعاشات پژوهشگاه نیرو در این زمینه آزمایشگاه مرجع و دارای گواهینامه استاندارد IEC17025 می باشد. معمولاً جهت انجام تست پاسخ فرکانسی سه نمونه انتخاب شده و در مرحله اول مشخصات ابعادی و شکل ظاهری جاذب بررسی می گردد. در ادامه جاذب ها هر کدام بر اساس قطر کابل گیر آنها و بر اساس استاندارد در محدوده فرکانسی مطابق با رابطه $\frac{1.4}{d}$ تا $\frac{0.18}{d}$ مورد آزمایش قرار می گیرد. جهت انجام این تست نمونه به کمک یک فیکسچر بر روی شیکر بسته شده و ضمن نصب یک عدد سنسور نیرو سنج بین شیکر و فیکسچر، یک عدد سنسور شتاب سنج نیز روی فیکسچر قرار داده می شود. در ادامه به کمک یک دستگاه آنالیزر به همراه نرم افزار پالس، نمونه در محدوده فرکانسی مشخص شده تحت ارتعاشات سینوسی قرار داده می شود. بر اساس استاندارد مقدار تغییر گام فرکانسی در بازه مشخص شده که برای فرکانس های زیر ۱۰ هرتز گام تغییر فرکانسی ۰,۵ هرتز و از ۱۰ تا ۱۰۰ هرتز به اندازه ۱ هرتز و برای فرکانس های بالای ۱۰۰ هرتز به میزان ۲ هرتز می باشد. استاندارد شرط عبور از یک فرکانس به فرکانس بعدی را رسیدن به سرعت ۰,۱ تا ۰,۳ متر بر ثانیه بیان کرده است. در واقع هدف انجام تست پاسخ فرکانسی استاک بریج دمپر رسیدن به میزان توان جذب شده در هر فرکانس توسط جاذب می باشد. این میزان توان جذب شده در هر فرکانس توسط جاذب برای هر فرکانس به کمک رابطه زیر (شماره ۱) محاسبه می شود.

$$P = \frac{1}{2} F_{max} V_{max} \cos \varphi \quad (1)$$

در این رابطه :

P = توان جذب شده توسط دمپر بر حسب وات

F = بیشترین نیرو در هر فرکانس بر حسب نیوتن

V = بیشترین مقدار سرعت بر حسب متر بر ثانیه

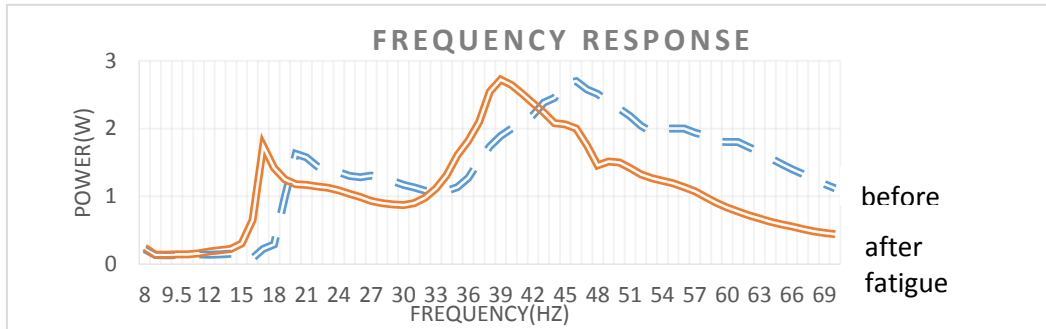
φ = اختلاف فاز بین سیگنال نیرو و سرعت

میزان توان جذب شده توسط دمپر را می توان توسط یک منحنی بر حسب فرکانس که هم امپدانس مکانیکی و هم اختلاف فاز را نیز در دل خود جای داده است توصیف کرد. پس از انجام تست پاسخ فرکانسی در این مرحله نمونه ها باید بر اساس استاندارد جهت تست خستگی بر روی دست بسته شوموند. تست خستگی دمپر ها به اینصورت است که دمپر بر روی دستگاه خستگی با دامنه پیک تو پیک ۱ میلیمتر و به تعداد ۱۰ میلیون سیکل تحت ارتعاش قرار میگیرد. حال اینکه این ارتعاش در چه فرکانسی انجام شود را طبق استاندارد و پس از بدست آوردن منحنی توان جذب شده دمپر مشخص می شود. در این قسمت مطابق بانسخه قدیم استاندارد بالاترین فرکانسی که دمپر در حین تست پاسخ فرکانسی در آن دچار رزونانس شده به عنوان فرکانس مورد نظر جهت تست خستگی در نظر گرفته می شود. این در حالی است که در نسخه جدید استاندارد تست خستگی در تمام فرکانس هایی که دمپر دچار تشدید شده است باید انجام شود. به طور مثال برای یک دمپر چهار رزونانس فرآیند خستگی در چهار مرحله و به تعداد ۲,۵ میلیون سیکل و دمپر طراحی شده با دو رزونانس هر کدام ۵ میلیون سیکل انجام می پذیرد. از مشخصات مکانیکی دمپر که بعد از تست خستگی مورد بررسی قرار می گیرد حفظ پایداری مکانیکی اجزا دمپر می باشد. اگر چنانچه در اثر ارتعاشات ناشی از تست خستگی هر یک از وزنه ها و یا کلمپ کابل دچار لقی شده باشند بیانگر این موضوع است که نمونه قابل تایید نیست و نیازی به ادامه انجام تست بر روی نمونه نمی باشد. بریدن رشته های سیم، از هم گسیختگی رشته های سیم بهم تابیده شده دمپر و یا وجود علائمی چون ترک در اجزا جاذب نیز به منزله عدم تایید در این مرحله می باشد. در صورتیکه قطعه پس از اتمام تست خستگی دچار هیچ یک از عیوب نامبرده نشد، نمونه دوباره برای انجام تست پاسخ فرکانسی بر روی شیکر بسته شده و مراحل تست دقیقاً مانند زمان قبل از خستگی تکرار می شود. با انجام تست پاسخ فرکانسی بر روی نمونه و بدست آوردن منحنی توان جذب شده توسط جاذب بر حسب فرکانس بدست می آید. شرط تایید رفتار ارتعاشی استاک بریج دمپر به گفته استاندارد به این نحو

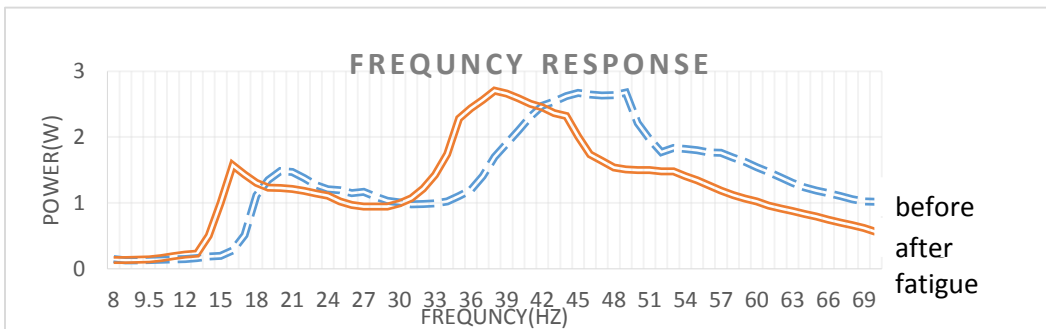
بیان شده که میزان اختلاف مقدار فرکانس و توان جذب شده در همه نقاط فرکانسی نباید از ± 20 درصد تجاوز کند. در این تحقیق برای بررسی هر چه بهتر دونمونه دمپر بر حسب دستورالعمل قدیم و دو نمونه مطابق با نسخه جدید استاندارد تست شده و نتایج آن با یکدیگر مقایسه شده است.

۳- نتایج تست

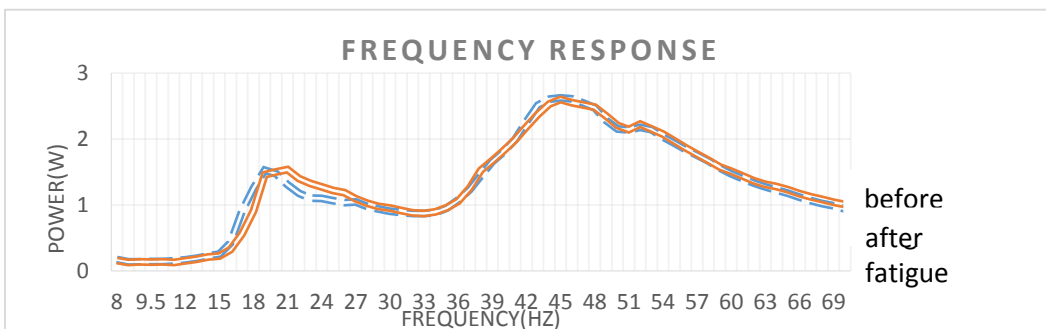
نمودارهای حاصل از نتایج تست پاسخ فرکانسی استاک بریجها در حالت قبل و بعد از تست خستگی را می توان در شکل های (۳ تا ۶) مشاهده نمود.



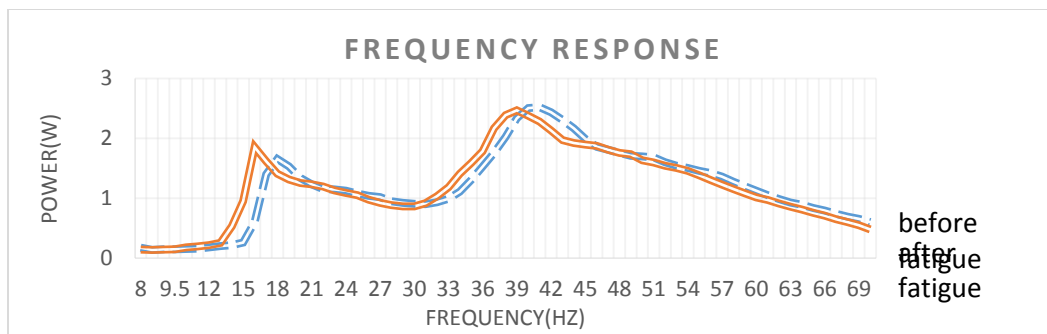
شکل ۳. نمودار نتایج تست پاسخ فرکانسی نمونه شماره ۱



شکل ۴. نمودار نتایج تست پاسخ فرکانسی نمونه شماره ۲



شکل ۵. نمودار نتایج تست پاسخ فرکانسی نمونه شماره ۳



شکل ۶. نمودار نتایج تست پاسخ فرکانسی نمونه شماره ۴

مقادیر فرکانس و توان جذب شده برای هر دمپر در جداول (۱) تا (۴) ارائه شده است.

جدول ۱. نتایج مربوط به استاک بریج شماره ۱، مطابق دستورالعمل جدید استاندارد

شماره نمونه	قبل از خستگی		بعد از خستگی		درصد اختلاف	
	فرکانس (Hz)	توان (w)	فرکانس (Hz)	توان (w)	فرکانس (Hz)	توان (w)
۱	20	1.62	17	1.74	17	-7.4
۲	46	2.69	39	2.72	15.21	-1.1

جدول ۲. نتایج مربوط به استاک بریج شماره ۲، مطابق دستورالعمل جدید استاندارد

شماره نمونه	قبل از خستگی		بعد از خستگی		درصد اختلاف	
	فرکانس (Hz)	توان (w)	فرکانس (Hz)	توان (w)	فرکانس (Hz)	توان (w)
۱	20	1.48	16	1.52	20	-2.7
۲	45	2.66	39	2.7	13.3	-1.5

جدول ۳. نتایج مربوط به استاک بریج شماره ۲، مطابق دستورالعمل قدیم استاندارد

شماره نمونه	قبل از خستگی		بعد از خستگی		درصد اختلاف	
	فرکانس (Hz)	توان (w)	فرکانس (Hz)	توان (w)	فرکانس (Hz)	توان (w)
۱	۱۹	1.52	21	1.53	-10.5	-0.65
۲	45	2.62	45	2.59	0	1.1

جدول ۴. نتایج مربوط به استاک بریج شماره ۲، مطابق دستورالعمل قدیم استاندارد

شماره نمونه	قبل از خستگی		بعد از خستگی		درصد اختلاف	
	فرکانس (Hz)	توان (w)	فرکانس (Hz)	توان (w)	فرکانس (Hz)	توان (w)
۱	17	1.61	16	1.85	5.8	-14.9
۲	41	2.52	39	2.46	4.8	2.4

۴- تحلیل نتایج

در خصوص نتایج نمونه ها مطابق به استاندارد می توان به مقدار فرکانس در دو رزونانس ایجاد شده در حین تست هر نمونه و همچنین میزان توان جذب شده در هریک از فرکانس ها در حالت قبل و بعد از خستگی در جدول شماره (۱) تا (۴) اشاره نمود. در خصوص نتایج تست پاسخ فرکانسی نمونه شماره ۱ می توان گفت که دمپر در فرکانس های ۲۰ و ۴۶ دچار تشدید شده و بر اساس دستورالعمل جدید استاندارد در هر یک از این دو فرکانس دمپر ۵ میلیون سیکل خسته شده است و تست خستگی منجر به ظهور فرکانس های ۱۷ و ۳۹ در تست پاسخ فرکانسی بعد از خستگی شده است. میزان اختلاف فرکانس ها و توان ها در نقاط تشدید را در جدول شماره (۱) می توان ملاحظه نمود. جدول شماره (۲) در واقع اطلاعات بدست آمده از تست استاک بریج دمپر شماره ۲ طبق دستورالعمل جدید استاندارد را نشان می دهد که براین اساس فرکانس های تشدید قبل و بعد از خستگی به ترتیب ۲۰ و ۴۵ ، ۱۶ و ۳۹ می باشد. تست نمونه شماره ۳ و ۴ بر اساس دستورالعمل قدیم استاندارد انجام پذیرفته است. بر همین اساس دمپر ها در بالاترین فرکانس تشدید حاصل از تست پاسخ فرکانسی به میزان ۱۰ میلیون سیکل خسته می شوند. رفتار دمپر پس از تست خستگی تحت تست پاسخ فرکانسی مجددا بررسی شده و میزان اختلاف بدست آمده به لحاظ فرکانسی و توانی محاسبه و در جداول ذکر شده به ثبت رسیده است. با توجه به اینکه شرط پذیرش نمونه در این تست در هر دو ویرایش قدیم و جدید استاندارد یکی می باشد بنابراین می توان گفت هیچ یک از نمونه ها دارای اختلاف بیشتر از ۲۰ درصد چه به لحاظ فرکانسی و چه از نظر توانی ندارند. نکته قابل توجه در این نتایج که در واقع محور اصلی این تحقیق نیز هست مقایسه نتایج نمونه بر اساس دو دستورالعمل تست است. در خصوص نتایج حاصل از تست نمونه های شماره ۱ و ۲ که میزان ۱۰ میلیون خستگی آنها به صورت دوسری ۵ میلیونی انجام شده است می توان گفت خسته شدن دمپر در همه فرکانس ها به واقعیت کاری آن بر روی خطوط انتقال نزدیکتر می باشد. این موضوع را با توجه به جابه جایی فرکانس ها در نقاط تشدید به خوبی می توان درک نمود. در این حالت دمپر در همه فرکانس ها دچار تحریک ارتعاشی شده و از خود رفتار واقع بینانه تری نشان می دهد. این در حالیست که تست خستگی برای نمونه های ۳ و ۴ به میزان ۱۰ میلیون سیکل و در یک فرکانس یعنی همان بالاترین فرکانس تشدید انجام شده است. با دقت به نمودار های پاسخ فرکانسی این دو نمونه متوجه می شویم که دمپر رفتار ارتعاشی پایداری در دیگر فرکانس ها از خود نشان داده است و فقط در فرکانس خستگی دچار تغییراتی می شود و تست خستگی منجر به تحریک ارتعاشی اجزا دمپر در دیگر فرکانس ها نمی شود.

۵- نتیجه گیری

۱-۵ با توجه به اینکه در استاندارد شرط پذیرش در این تست اختلاف کمتر از ۲۰ درصد هم به لحاظ فرکانسی و هم به میزان توان جذب شده ذکر شده، هر چهار نمونه مشکلی جهت پذیرش نتایج ندارند.

۲-۵ بر اساس نتایج می توان بیان نمود انجام تست خستگی به یک اندازه و در همه فرکانس های تشدید به وجود آمده برای دمپر در تست پاسخ فرکانسی قبل از خستگی به مراتب نتایج بهتر و نزدیکتر به عملکرد واقعی دمپر بر روی خطوط انتقال دارند.

۳-۵ خسته شدن دمپر در یک فرکانس به میزان ۱۰ میلیون سیکل منجر به عدم تحریک جاذب در دیگر فرکانس ها شده و عدم ارائه رفتار صحیحی از سوی دمپر به دنبال دارد.

۴-۵ با توجه به نکات اشاره شده اعمال تغییرات در بحث تست خستگی از سوی متولیان استاندارد کاملا با واقعیت عملکردی استاک بریج ها همخوانی دارد.

"مراجع"

- ۱- ا. غلامی، م. میرزایی "بررسی نوسانات گالوپینگ در خطوط هوایی انتقال انرژی، مدلسازی، محاسبه نقطه تعادل و ارائه مدل الکتریکی" نشریه مهندسی برق و کامپیوتر ایران، تابستان ۱۳۸۲
- ۲- م. آسایش، ع. صیامی، ا. همدانیان "تحلیل طراحی و تست دینامیکی جاذب- دمپر ارتعاشات آئولین در خطوط انتقال نیرو" بیست و ششمین کنفرانس بین المللی برق (psc 2011)، مجموعه مقالات، آبان ماه، ۱۳۹۰
- ۳- م. مینائی، م. صادقی " تخمین پارامترهای میراگر استاک بریج و بررسی میزان جذب انرژی میراگر از روش بروزرسانی مدل و آنالیز مودال تجربی " مجله مهندسی مکانیک مدرس (۱۰-۱۶) دی ماه ۱۳۹۵
- ۴- ح. مظاهری، م. صادقی "بررسی نرخ خرابی خطوط انتقال قدرت ناشی از نوسانات عرضی و اثر نصب دمپر استاک بریج در کاهش آن" بیست و یکمین کنفرانس بین المللی برق (PSC 2006) آبان ماه ۱۳۸۵

5. International standard edition 2. 2020 03

6. G. V. Parkinson, on the aero elastic instability of bluff cylinders,

Journal of Applied Mechanics, Vol. 28, No. 2, pp. 252-258, 1961

7. J.G. Allnut, M. D. Rowebotton "Damping of Aeolian on overhead

Lines by vibration dampers" IEEE Proceeding, Vol. 121, No. 10, pp. 1174, 1974.

8. M. S.Dhotard, N. Ganesan, B.V.A. Rao, Transmission line vibration with 4-R Dampers, Journal of Sound and Vibration, Vol.60, No. 4, pp. 604-606, 1978.

9. N.barbieri, R. barbieri "Dynamic analysis Stockbridge damper" advances in acoustic and vibration, 2012

پی نوشت:

1. Stockbridge

2. Resonance

3. Aeolian

4. Galloping

5. Impedance

6. Peak to peak