

ИСПИТИВАЊЕ И ДИЈАГНОСТИКА УЗРОКА ПОВЕЋАНИХ ВИБРАЦИЈА НОСЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ АГРЕГАТА ВЕНТИЛАТОРА

Ђерђ Варју¹
Љиљана Тадић²

УДК: 624.042.3

DOI: 10.14415/zbornikGFS28.03

Резиме: У раду је приказана процедура утврђивања узрока повећаних вибрација једног вентилаторског постројења и његове носеће конструкције у ЈКП „Суботичка топлана“. На агрегату су након уградње фреквентног регулатора примећене прекомерне вибрације. Примењен је методолошки приступ испитивања-анализа-дијагноза. Након дефинисања узрока наведеног проблема, одређени су правци могућих санационих захвата.

Кључне речи: анализа вибрација, носећа конструкција, фреквентни спектар вибрација, ударни тест

1. УВОД

За време трајања грејне сезоне у топланама је од битног значаја непрекидан рад неких кључних машина. Једна таква машина у ЈКП „Суботичка топлана“ је вентилатор свежег ваздуха котла „К58“, који је инсталиран 1987. године. 1994. године јавили су се први застоји у његовом раду, да би касније постајали све чешћи. У циљу избегавања ових изненадних кварова и побољшања ефикасности одржавања, уведено је систематско вибродијагностичко испитивање. Мерења су вршена на почетку, у средини и на крају грејне сезоне. На тај начин су се неисправности машина могле на време дијагностиковати, а термин за њихово отклањање планирати. Захваљујући томе, у потпуности је избегнут непланирани застој агрегата. Савремени тренд нашег времена је аутоматизација процеса у индустрији. У циљу аутоматског управљања бројем обртаја ротора агрегата, 2008. године уграђен је фреквентни регулатор. Поред контроле брзине рада машине, коришћење фреквентног регулатора даје низ других предности, међу којима се посебно издвајају:

- уштеда енергије (утрошак енергије је сразмеран трећем степену брзине код вентилатора) и
- могућност подешавања брзине, која пружа бројне предности у погледу повећавања продуктивности, смањења трошкова одржавања и сл.

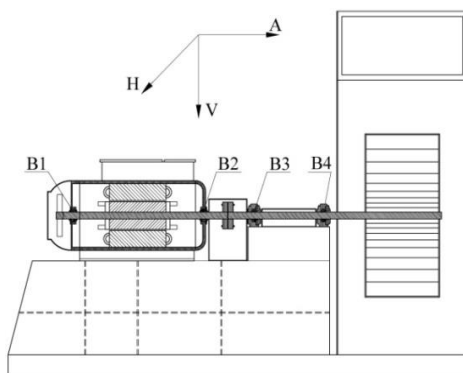
¹ мр Ђерђ Варју, дипл.инж. грађ., Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, Суботица, Србија, тел: 024 554 300, е – mail: varjuy@gf.uns.ac.rs

² мр Љиљана Тадић, дипл.инж.грађ., Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, Суботица, Србија, тел: 024 554 300, е – mail: tadic@gf.uns.ac.rs

Након уградње фреквентног регулатора већ у току прве грејне сезоне постигнута је знатна уштеда електричне енергије. Међутим, нови, неочекивани проблем, који се појавио, биле су повремене прекомерне вибрације на агрегату. У циљу избегавања те нежељене неправилности било је неопходно дефинисати узрок њене појаве.

2. ИСПИТИВАЊЕ

Пре испитивања, ради побољшања стања агрегата, урађени су уобичајени захвати одржавања, као што су: замена лежајева, ласерско подешавање саосности вратила и динамичко уравнотежење радног кола вентилатора. Захваљујући овим активностима умањене су силе динамичке побуде, а тиме и амплитуде вибрација. Број обртаја вентилатора пре уградње фреквентног регулатора је био сталан и износио је 1490обр/мин, тј. 24.83Hz. То значи да је било довољно урадити вибродиагностичко испитивање само на тој једној фреквенцији [1]. Фреквентни спектри снимљени су са лежајевима (B1-B4) у вертикалном, хоризонталном и аксијалном правцу. Мерна места приказана су на *слици 1*.

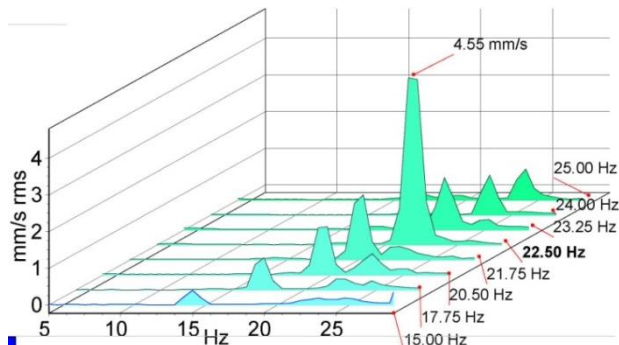


Слика 1. Мерна места агрегата вентилатора

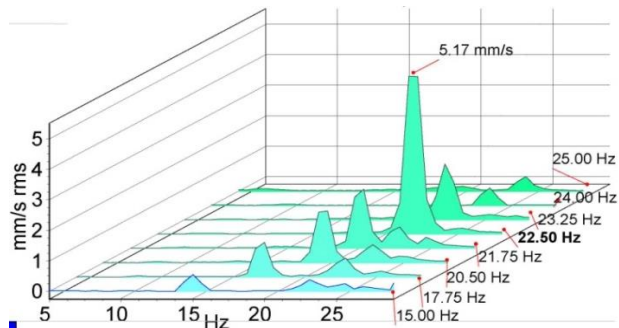
С обзиром на то да фреквентна регулација нуди могућност промене броја обртаја зависно од захтеване количине топлоте, испитивање се врши на више фреквенција. Имајући у виду да вентилатор током грејне сезоне ради у фреквентном опсегу од 15 до 25Hz, испитивање је рађено на радним фреквенцијама 15Hz, 17.75Hz, 20.5Hz, 21.75Hz, 22.5Hz, 23.25Hz, 24Hz и 25Hz.

Испитивањем је установљено да су се прекомерне вибрације јавиле само на мерним местима B3-H и B4-H (тј. на лежајевима вентилатора у хоризонталном правцу), па су истраживања ограничена само на та мерна места. Снимљени спектри на наведеним радним фреквенцијама приказани су на слици 2 и слици 3, у облику „waterflow“ дијаграма. Поред сваког спектра, са његове десне стране, налази се радна фреквенција при којој је вршено мерење. Осим тога, на дијаграму је дата и вредност највеће амплитуде.

С обзиром на чињеницу да се прекомерне вибрације јављају само при одређеном броју обртаја, постоји могућност да носећа конструкција има сопствену фреквенцију у радном фреквентном опсегу.

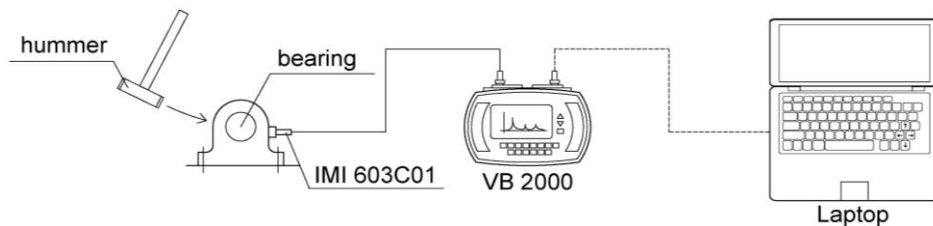


Слика 2. Фреквентни спектри снимљени са мерног места V3-N



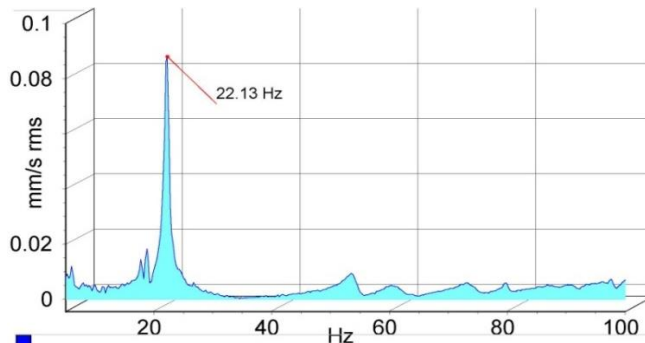
Слика 3. Фреквентни спектри снимљени са мерног места V4-N

За одређивање ове фреквенције извршено је мерење динамичког одзива носеће конструкције. У ту сврху коришћен је претварач вибрационог убрзања типа IMI ICP®, модел 603C01. Добијени сигнал је обрађен помоћу VB2000™ FFT анализатора динамичког сигнала, произвођача Commtest Instruments са Новог Зеланда. Анализатор поседује фабрички уграђену функцију Bump Test [2], једноставну методу за испитивање сопствене фреквенције структуре. Побуђивање је вршено чекићем масе 500г. Мерни ланац је приказан на слици 4.

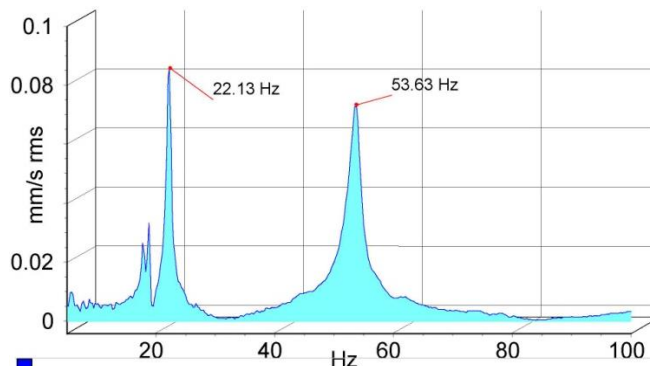


Слика 4. Мерни ланац за снимање фреквентног одзива

Обрада снимљених података је вршена софтвером ASCENT 2007+ [3]. Спектри фреквентног одзива са мерних места V3-N и V4-N приказани су на слици 5 и слици 6.



Слика 5. Спектар фреквентног одзива снимљен са мерног места V3-N



Слика 6. Спектар фреквентног одзива снимљен са мерног места V4-N

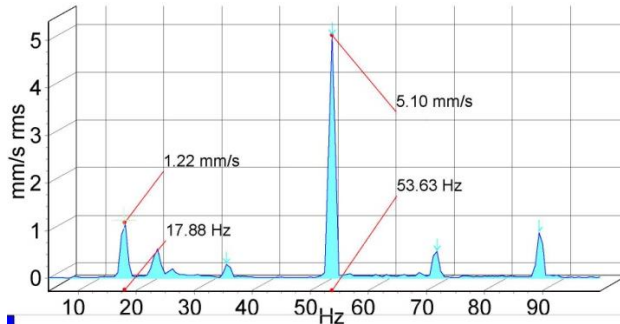
3. АНАЛИЗА

Посматрајући фреквентне спектре, приказане на слици 2 и слици3, може се уочити следеће:

- На сваком спектру, поред компоненте радне фреквенције, присутна је и компонента од око 22Hz.
- Ова компонента је највећа на спектру која је снимљена на 22.5Hz.

Наведена запажања указују на могућност постојања сопствене фреквенције носеће конструкције у близини те фреквенције [1], а доказ ове тврдње је могуће добити анализом спектра фреквентног одзива (слика 5 и слика 6).

Сопствене фреквенције одговарају местима врхова на овим дијаграмима. Најизраженији врхови су на фреквенцијама 22.13Hz и 53.63Hz. Први се налази у радном фреквентном опсегу, те из тог разлога може бити директно побуђен при раду агрегата. Други је ван те области и може да буде побуђен само услед виших хармоника радне фреквенције [4]. У овом случају то је трећи хармоник ако је радна фреквенција 17.88Hz, како је то приказано на слици 7.



Слика 7. Фреквентни спектар снимљен са мерног места В4-Н при радној фреквенцији 17.88Hz-а

4. ДИЈАГНОЗА

Анализе показују да је узрок повећаних вибрација у томе што носећа конструкција има две сопствене фреквенције, које могу бити побуђене при раду агрегата. Прва од око 22.13Hz се налази у радном фреквентном опсегу, одакле следи да је носећа конструкција агрегата у резонантном стању ако машина ради при овој фреквенцији.

Друга, 53.63Hz, такође може да представља опасност за погонску сигурност агрегата при раду на 17.88Hz.

Како би се остварило поуздано функционисање агрегата, неопходно је отклонити наведене узроке прекомерних вибрација.

5. РЕШЕЊЕ

Као брзо, једноставно, али само привремено решење може послужити следеће:

- Смањење димичких сила побуде на могући минимум одговарајућим захватима одржавања.
- Програмирање фреквентног регулатора тако да радна фреквенција „прескочи“ нежељене фреквенције.

Поуздано и трајно решење проблема може да буде једино промена сопствених фреквенција носеће конструкције тако да оне не буду унутар радног опсега. Могући правци санације у ту сврху су:

- Повећавање крутости носеће конструкције тако да сопствене фреквенције буду изнад радног опсега. Ово је могуће постићи побољшањем веза постоља са темељем [5], као и са додавањем челичних укрућења унутар самог постоља.
- Смањење сопствене фреквенције се постиже додавањем маса, нпр. испуњавањем постоља бетоном или реконструкцијом темеља. Сличан ефекат се може добити и применом виброзаштитних елемената [4, 6].

Код ових решења је неопходно формирање динамичког модела система тло-темељ-постоље-машина. Применом Методе коначних елемената могуће је симулирати и

детаљно анализирати поједина решења са разних аспеката и на тај начин изабрати најцелисходније решење.

6. ЗАКЉУЧАК

Један од начина за повећавање продуктивности и уштеде енергије у производном процесу је варирање броја обртаја машина. Међутим, с обзиром на то да је при пројектовању носеће конструкције код ових машина био предвиђен само сталан број обртаја, често се дешава да се након уградње фреквентног регулатора јављају непредвиђена повећања вибрација. У овом раду је приказан поступак за идентификацију узрока настанка наведеног проблема у једном таквом случају. Дакле, најпре се изврше испитивања вибрација са могућим бројевима обртаја ради утврђивања места и фреквенције при којој се јављају прекомерне вибрације. Снимањем фреквентног одзива одређује се могућа сопствена фреквенција. Анализом резултата наведених испитивања се може дефинисати узрок повећања вибрација, као и правци могућих санација. Приказани поступак представља једно једноставно, ефикасно и јефтино решење у дијагностификовању узрока код изложеног проблема.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Документација ЈКП „Субитичка топлана“ и с.р. „VSA“, **2008 i 2014.**
- [2] VB 2000 Instrument reference guide, Commtest Instruments Ltd, Christchurch, Нови Зеланд, **2006.**
- [3] Ascent software reference guide, Commtest Instruments Ltd, Christchurch, Нови Зеланд, **2007.**
- [4] Гајин, С., Кузмановић, С., Варју, Ђ., Маго, Н.: Приказ санације вибрација постројења расхладниг торњева. *II Саветовање ЈУКЕМ*, Тузла, **1991.**
- [5] Варју, Ђ., Тадић, Љ., Харкаи, К.: Анимационо испитивање у функцији поузданости носеће конструкције постројења. *Зборник радова Грађевинског Факултета*, **2013.**, vol. 22, стр. 139-144.
- [6] Кукарас, Д, Гајин, С., Chouw, N.: Significance of numerical simulation in repairing processes of a large vertical cooling water pump, *Journal of the Faculty of Environmental Science and Technology, Okayama University*, **2005.**, Vol.10

TESTING AND DIAGNOSIS OF THE CAUSE OF INCREASED VIBRATION OF THE FAN PLANT'S SUPPORT STRUCTURE

Summary: This paper presents a procedure of determining the causes of increased vibration of a fan plant and its support structure in the PUC „Subotička toplana“.

Excessive vibrations were observed following the installation of the frequency converter, thus a methodological approach of testing-analysis-diagnosis has been applied. Based on the definition of the causes of this problem, the paper also suggests possible repair procedures.

Keywords: *vibration analysis, support structure, vibration frequency spectra, shock test*