

Vibrationer

1 Teoretisk bakgrund

Vibrationer uppträder vid moderata vindhastigheter (teoretiskt 2-6 m/s) och vindriktningen ungefär tvärskepps. Masten utför en periodisk svängningsrörelse i båtens långskeppsplan (d.v.s. vinkelrät vindriktningen).

Svängningarna indiceras av en periodisk virvelavlösning på mastens läsida (s.k. Karman effekt). Denna virvelavlösningens frekvens (frekvens = svängningar per sekund) är beroende av vindhastighet, mastens mått tvärs vindriktningen (långskepps) och, i ringa mån, den yttre konturen av mastens tvärsektion.

Karmaneffekten innehåller emellertid, trots sin stora tekniska betydelse inte bara för segelbåtmaster utan även för TV-master och liknande, fortfarande många oklara detaljer.

När virvelavlösningens frekvens överensstämmer med mastens egen frekvens (för svängningsrörelse långskepps) uppstår resonans s.k. ”stall flutter”.

Vibrationerna börjar bli märkbara då vindhastigheten är ca 80% av resonansvindhastigheten och ökar sedan med ökande vindhastighet (på grund av att vinden ”uppfattar” den vibrerande masten större än dess verkliga långskeppsmått) för att åter avtaga då vindhastigheten ökat till ca 1,5 ggr. resonansvindhastigheten.

2 Faktorer som påverkar amplituden

Amplituden (amplitud = avstånd mellan mastens ytterläge och mittläge), hos svängningarna är i mycket hög grad beroende av mastens tvärmått, men även vikten per meter och yttre mekanisk (teoretiskt även aerodynamisk) dämpning påverkar amplituden.

Genom att göra masten smal i långskeppsriktningen minskar amplituden. Ökas vikten per meter erhålles också amplitudminskning. Ökad vikt blir automatiskt en följd av minskade yttermått om yttröghetsmomenten långskepps och tvärskepps skall bibehållas av hållfasthetstekniska skäl. Önskar man en mastsektion med mindre amplitud blir den alltså tyngre och därmed dyrare.

Ökad dämpning (endast den mekaniska dämpningen är av praktisk betydelse) minskar också amplituden, men är svår att åstadkomma. Vi experimenterar fortgående på detta område men hittills har vi inte funnit lämpliga lösningar.

En typ av dämpning är att staga upp mastens mittpunkt långskepps både för- och akterut med relativt kraftig wire (vanlig lina saknar helt dämpande effekt), se 3.

Ett principiellt annat sätt att minska amplituden och vanligen helt stoppa vibrationerna, är att störa den periodiska virvelavlösningen.

Den av oss rekommenderade ”slipsen” arbetar efter denna princip. Den vibrationshindrande effekten beror, här med största sannolikhet, på att virvelavlösning blir oregelbunden bakom den böjliga ”slipsen” och att resonanssvängningar därmed förhindras.

Principen med virvelstörande spiraler (s.k. scrutonspiraler, som finns i toppen av vissa höga skorstenar) kan utföras på master genom att montera en list i spiral kring mastens mellersta femtedel. För att erhålla maximal effekt skall listens mått vinkelrät ut från mastytan vara minst $0.1 \times D$ (D = mastens långskeppsmått). Stigningen skall vara ca. $5 \times D$ och det vertikala måttet mellan två närliggande lister skall vara ca. $1,7 \times D$.

3 Faktorer som påverkar resonansvindhastigheten

När man vidtar åtgärder som ändrar resonansvindhastigheten så återkommer resonansen vid en annan vindhastighet. Man flyttar alltså problemområdet.

I vissa lägen kan det dock visa sig praktiskt att ändra resonansvindstyrkan. För en given mast kan egensvängningstalet bl.a. ändras genom en uppstagning av mastens mittpunkt eller ökad axiallast.

En uppstagning av mastens mittpunkt (som för att vara verksam måste utföras med kraftig wire både för- och akterut och med minst 20° vinklar mellan stagningswirar och masten) kan ge en avsevärd ökning av mastens egenfrekvens och därmed en ökning av resonansvindhastigheten.

Ökad axiallast (som kan erhållas t.ex. genom uppspanning av för/ akterstag) ger en minskning av mastens egenfrekvens och därmed en minskning av resonansvindhastigheten. Ökas spänningen i för/akterstag med 50% minskar resonansvindhastigheten med ca 15%. Det är alltså här tal om mycket små effekter.

4 Litteratur

För ytterligare studier i ämnet finnes bl.a. följande litteratur:

Handboken Bygg	Del 1 A, kap. 133:7	(Aerodynamik, instationära effekter)
	Del 1 B, kap. 169:3	(Balkars egenböjsvängning)
	Del 1 B, kap. 169:84	(Dynamiska instabilitets fenomen)
Svensk Byggnorm	(SBN 1975) 21:64	(Vindens dynamiska verkningar)
Sachs, Peter		Wind forces in engineering
Rosemeier		Winddruckprobleme beiBauwerken

Ovanstående verk innehåller dessutom relativt omfattande litteraturlistor för fördjupande studier.