



DYNAMIC RESPONSE OF THE COOLING TOWER - ITS IDENTIFICATION

DYNAMICKÁ ODEZVA CHLADICÍ VĚŽE JAKO JEJÍ IDENTIFIKACE

Pirner M., Horyna T.

Paper presents the results of the experimental in situ on model and theoretical investigation of a cooling tower in the form of a hyperboloid. First case discusses the possibility of forced vibrations due to mechanical vibrator, the further covers the existence of some distortion of natural model due to tower imperfections.

Keywords: dynamic response with very low frequencies, experiment in situ, experiment on model, theoretical modal analysis.

Úvod

Jedním ze způsobů ověření dynamických vlastností konstrukce je srovnání vybuzených dynamických tvarů kmitání pomocí harmonicky proměnné síly s vlastními tvary teoretickými a srovnání příslušných vlastních frekvencí.

Chladicí věž v Temelíně je 150 m vysoká, dolní prstenec má průměr 118 m, korunový U nosník 82 m, průměr hrdla 77 m.

Tloušťka stěny je nad dolním prstencem 750 mm, dále se mění až nad hrdlo na 180 mm, pod horním nosníkem na 720 mm. Dolní prstenec je podepírán 56 páry šikmých sloupů. Celková hmotnost věže, podle projektu, je 28450 t.

Měření fyzikálního modelu

Model v délkovém měřítku 1 : 100 je ze ztužené epoxydové pryskyřice. Okrajové podmínky modelu se blíží skutečnosti. Rezonance byly ověřovány shodně jako u skutečného díla. Odezva modelu byla měřena laserovým snímačem VPI-OMETRON. Bylo vybuzeno deset vlastních tvarů. Některé z buzených tvarů měly po výšce věže různý počet vln na kružnicích; tak tomu je i v teoretickém řešení konstrukce s imperfekcemi a takové tvary také byly vybuzeny na skutečné věži. Shoda mezi teorií, modelem a skutečností je dobrá.

Teoretické řešení

Vzhledem ke složitosti konstrukce bylo vlastní kmitání řešeno numericky metodou konečných prvků, pomocí programu SAP5 (Structural Analysis Program for Static and Dynamic Response of Linear Systems). Pro diskretizaci konstrukce byl použit lagrangeovský skořepinový prvek, pro náhradu šikmých stojek byl použit obecný nosníkový prvek. Pro výpočet byl vytvořen matematický model chladicí věže bez imperfekcí (v tloušťce pláště) a model s tloušťkami změřenými na fyzikálním modelu (model s imperfekcemi 100 %). Dále byly odvozeny modely s 50 % a 25 % imperfekcemi, aby bylo možno sledovat vliv imperfekcí na spektrum vlastních frekvencí a na vlastní tvary kmitání. Výsledky ukazují, že imperfekce mají vliv na vlastní kmitání věže. Se vzrůstajícími imperfekcemi vzrůstá nesymetričnost vlastních tvarů a dochází k posunům vlastních frekvencí.

Dynamická odezva skutečného díla

K vybuzení tvarů kmitání chladicí věže bylo použito rotačního mechanického budiče TZÚS, typ 1 s usměrněným vektorem síly, který působil kolmo ke střednicové ploše hyperboloidu v bodě (1, 9); viz obr. 1. Odstředivé síly vyosených hmot budiče byly závislé na frekvenci podle tabulky.

Tabulka

Závislost síly na frekvenci

Frekvence (Hz)	Síla (N)
1,100	1290
1,550	2400
1,950	4270
2,500	6670
3,050	9610

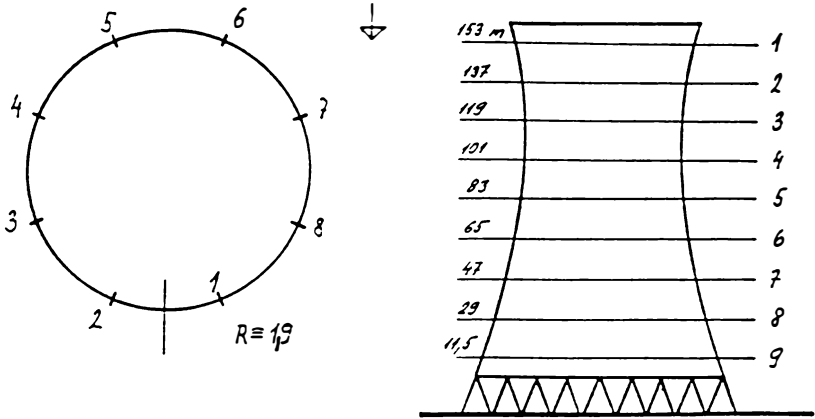
K snímání kmitání bylo použito frekvenčního snímače při bodě (1, 9) a pohyblivého snímače; oba snímaly pohyb kolmo ke střednicové ploše. Snímače byly Brüel-Kjaer, typ 8306 s prahovou citlivostí $20 \mu\text{ms}^{-2}$. Získané signály po zesílení byly zazna-

menávány měřicím magnetofonem Brüel-Kjaer, typ 7003 a současně byl zjišťován fázový posuv pohybu mezi referenčním bodem a bodem pohyblivým dvoukanalovým analyzátozem Brüel-Kjaer, typ 2034.

Záznamy magnetofonem sloužily k podrobné analýze v laboratoři.

K zjištění vlastních frekvencí věže bylo využito spektra odezvy při zatížení seizmickým neklidem a větrem. Ověřené hodnoty vlastních frekvencí byly podkladem k řízení chodu budiče, jehož otáčky lze udržet s přesností jednoho frekvenčního kroku dvoukanalového analyzátoru. Rezonance byla ověřována fázovým posuvem mezi vektorem síly a odezvou věže v místě připevnění budiče.

Podle vrcholů ve spektrální hustotě odezvy v několika bodech byly vybuzeny tvary kmitání s frekvencemi 1,062 až 1,125 Hz; 1,500 až 1,562 Hz; 1,937 až 2,000 Hz; 2,437 až 2,500 Hz; 3,000 až 3,062 Hz.



Obrázek č. 1

Literatura

- Bathe, H. J., Wilson, E. L., Peterson, F. E.: SAPIV; A structural analyses program for static and dynamic response of linear systems, Berkeley, Coll. of Eng., 1973
- Pirner, M.: Wind pressure fluctuations on a cooling tower, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 10 (1982) 343 - 360
- Simiu, E., Scanlan, R. H.: Wind effects on structures, II. vydání John Wiley and sons, 1985

Miroš Pirner, Prof. Ing. DrSc.,; Tomáš Horyna, Ing.

Ústav teoretické a aplikované mechaniky ČSAV, Vyšehradská 49,
128 49 Praha 2

Telefon: (02)297291, 296451; Fax: (02)295903