

# MODELY PRE DEMOLÁCIU A NOVÚ TURBOSTOLICU 110 MW GENERÁTORA

*Daniel Bukov<sup>1</sup>*

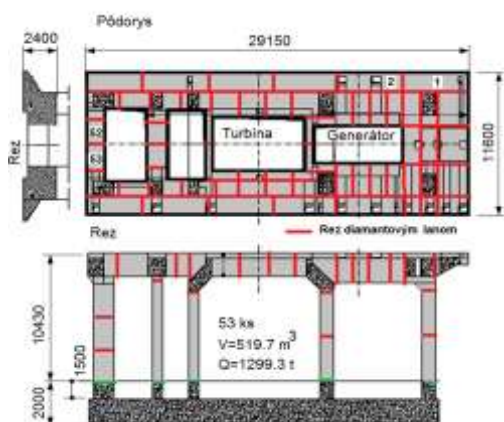
## ABSTRAKT

*Poškodená železobetónová turbostolica pre generátor s výkonom 110MW bola demolovaná rezaním na bloky do hmotnosti 20ton, počas plnej prevádzky elektrárne. Bloky boli transportované 50 tonovým mostovým žeriavom na nákladné autá. Výpočtový model rieši spoľahlivosť konštrukcie počas demolácie v rôznych štádiách rozrezania. Na mieste demolovanej turbostolice je navrhnutá nová turbostolica. V príspevku je diskutovaná problematika statického a dynamického výpočtu.*

## 1 ÚVOD

Strojovňa tepelnej elektrárne s inštalovaným výkonom 6x110 MW bola na piatom bloku zasiahnutá požiarom, ktorý znehodnotil turboset (turbína + generátor) a zároveň poškodil rámový základ turboset - turbínovú stolicu. Na základe posúdenia stavu základu bolo rozhodnuté pôvodný základ odstrániť, po úroveň 1.5 m nad základovou doskou a vybudovať novú turbostolicu. Požiadavku investora bolo uskutočniť všetky práce za plnej prevádzky elektrárne. Demolácia stolice bola vykonávaná rezaním na bloky do hmotnosti 20t s následným transportom 50-tonovým mostovým žeriavom na nákladné autá a na skládku. Zabezpečenie dostatočnej mechanickej odolnosti demolovanej konštrukcie bolo preverované statickým výpočtom pre jednotlivé štádia demolácie. Pre vybudovanie novej turbostolice bola vypracovaný realizačný projekt, ktorého súčasťou je aj statický a dynamický výpočet pomerne náročnej konštrukcie s ohľadom na požiadavky vyplývajúce z značného teplotného a hlavne dynamického zaťaženia.

## 2 VÝPOČTOVÝ MODEL PRE DEMOLÁCIU TURBOSTOLICE



Obr.1: Dispozícia turbostolice a plán rezania

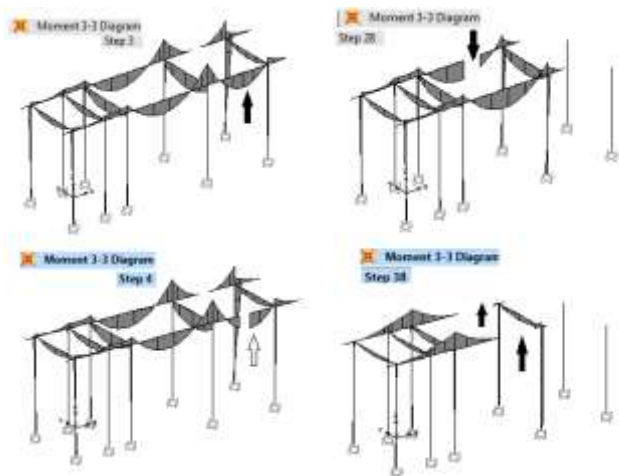
Výpočtový model turbostolice pre posúdenie mechanickej odolnosti a stability pre všetky štádia demolácie vychádza z plánu postupu demolácie. Rámový základ turbostolice bol rozdelený na bloky s hmotnosťou do 20 ton. Okrem rozdelenia na bloky bol po dohode dodávateľom stanovený postup rezania jednotlivých blokov. Bloky boli počas rezania zavesené pomocou reťazového závesu na mostový žeriav. Geometrický tvar a schéma rezania je na Obr.1. Statický model vo forme priestorového rámu Obr.2 bol vytvorený pre časť, ktorá

<sup>1</sup> Ing., Daniel Bukov OK TEAM, Bohrova 1, 851 05 Bratislava, tel.: (02)638 15362, e-mail: d.bukov@okteam.sk

zostala po odrezaní bočných konzolových častí. Pri zostavovaní modelu je plne rešpektovaný geometrický tvar, postupná demolácia bola modelovaná s využitím procedúry „štádia konštrukcie“ (angl. Stage Construction). Princíp procedúry spočíva v zadní aktívnych častí konštrukcie a zaťaženia v časovej návaznosti. Takto je možné v každom čase určiť vnútorné sily závislé od predchádzajúceho štádia konštrukcie. Výpočtový model na Obr.2 je prútvým modelom turbostlice po odrezaní konzolových častí. Pre analýzu pôsobenia konštrukcie bolo použitých 85 krokov. Výpočet s ohľadom na zmeny konštrukcie je nelineárny.



Obr.2: Výpočtový model



Obr.3: Ohybový moment M3 – zmena v čase

V každom kroku výpočtu je možné posúdiť prierez na únosnosť. Pre danú úlohu bolo dostatočné prierezy posudzovať v každom 8 kroku a posúdiť kritické zmeny za ktoré považujeme rozrezanie priečle rámu v strede rozpätia. Z priebehov vnútorných síl a deformácií sa dá vypozerovať správanie konštrukcie v rôznych štádiách demolácie. Grafické zobrazenie intenzity síl je pomerne závislé na mierke preto je pre posúdenie vhodné použiť numerické výsledky a pomocou grafickej formy

skontrolovať správnosť zadania aktívnych častí konštrukcie alebo zaťaženia. Programy v rôznej forme a kvalite spravidla takýto postup umožňujú. Za dôležité je potrebné považovať správne zadanie aktívnych častí preto je vhodné pred použitím takéhoto postupu odľadiť úlohu na jednoduchom zadaní aby nedošlo k chybnéj interpretácii manuálu programu.

### 3 VÝPOČTOVÝ MODEL NOVEJ TURBOSTOLICE

Na mieste pôvodnej turbostlice bol na pôvodnú základovú dosku a kotevnú výstuž navrhnutý nový rámový základ turbosetu. Dodávateľ turbosetu musel s ohľadom na návaznosti na existujúce technologické časti, prívod médií, existujúce pôvodné kondenzátory atď. zachovať pôvodný tvar turbostlice. Požiadavky na turbostolicu boli dodané dodávateľom zariadenia včítane statických a dynamických zaťažení, veľkosti hmôt a polohy ťažísk. Súčasťou zadania boli aj požiadavky na vlastnosti turbostlice jednak presnosť kotevných otvorov a hlavne dovolené posuny a rýchlosti kmitania pre príslušné prevádzkové režimy zariadenia.

Účelom statického a dynamického posúdenia základu turbosetu bolo preukázať mechanickú odolnosť a splnenie parametrov kmitania podľa zadania dodávateľa zariadenia a odberateľa ako aj platných technických noriem a predpisov.

Odozva rámových základov turbostolíc bola v minulosti často riešená na prútvových modeloch . Výpočtový model bol tvorený priestorovým rámom.

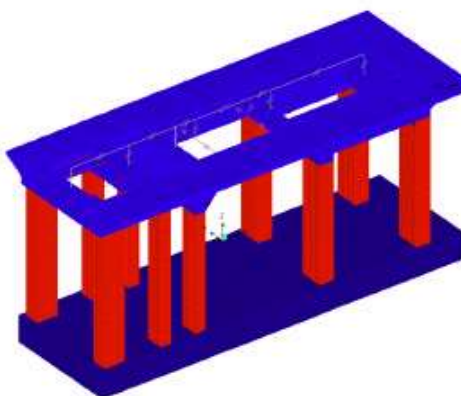
Vystihnutie tuhosti konštrukcie takýmto modelom si vyžaduje zohľadnenie masívnosti konštrukcie preto je potrebné použiť prvky s zahnutím šmyku a zvlášť sa zaoberať tuhosťou v mieste spojenia stĺpov a priečli.

Výpočtový model predmetnej turbostolice bol vytvorený pomocou 21 388 priestorových konečných prvkov typu SOLID, 8570 elementov typu LINK , ktoré umožňujú dobre vystihnúť geometrický tvar a zadanie zaťaženia a hmôt v skutočnom mieste pôsobenia. Celkový počet stupňov voľnosti bol 296 823. Analyzovaných bolo 10 statických a 7 dynamických zaťažovacích stavov. Pre riešenie odozvy na dynamické zaťaženie bola použitá metóda rozvoja do vlastných tvarov kmitania (bolo použitých 15 vlastných tvarov). Pri riešení odozvy bolo počítané s celkovým útlmom 7%. Interakcia s podložím bola riešená pomocou tuhostí s využitím vypočítaných na základe vzťahov z literatúry, a použitím elementov typu LINK.

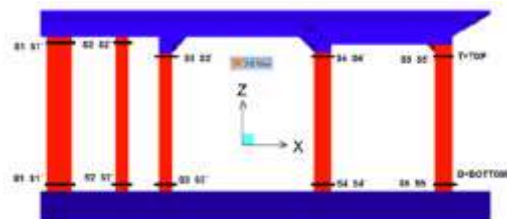
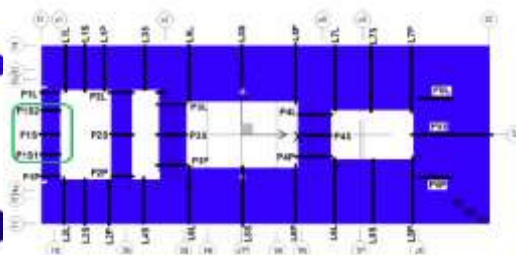
Výsledky boli získavané v časovom kroku 0.0015s. Amplitúdy zaťažovacích síl pri normálnych prevádzkových podmienkach boli pri kritických otáčkach  $1420 \text{ ot/min} = 23.67 \text{ Hz}$  v rozsahu od 1.5 do 12.0 kN vodorovne , pri druhých kritických otáčkach  $3840 \text{ ot/min} = 64 \text{ Hz}$  sú budiace sily kolmo na os turbosetu od 11.11kN do 88.5 kN. Vstave straty lopatky rotora (mimoriadna prevádzka) sú amplitúdy vodorovných síl kolmých na os turbosetu v rozsahu od 21.0 kN do 305.0 kN

Veľkou výhodou takéhoto modelu je pomere presné zadanie teplotného zaťaženia, ktoré má lineárny priebeh v smere osi prúta ale čo je pre prútvový model komplikované aj po priereze prúta.

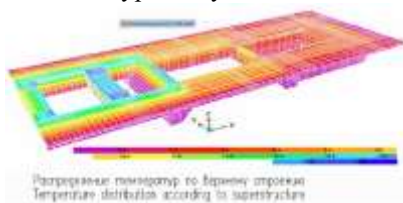
Posúdenie únosnosti prierezov základu pri použití priestorových elementov je vhodné vykonať v rezoch konštrukcie Obr.5 na integrálne výslednice ako prierez prúta. Takýto postup je použitý aj pre predmetný základ.



Obr.4 Výpočtový model TS

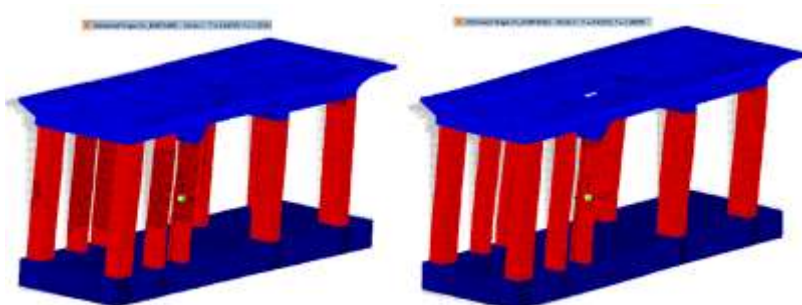


Obr.5 Rezy pre posúdenie prierezov

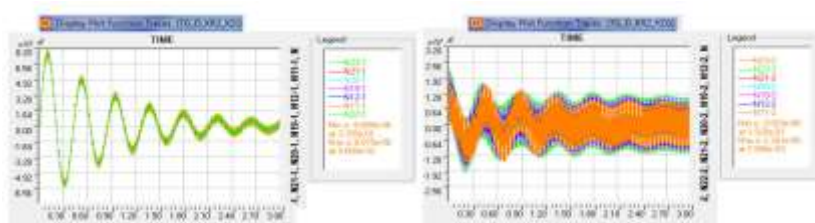


Obr.6 Priebeh teploty na hornej doske turbostolice

Vypočítané fyzikálne veličiny (posuny, rýchlosti, zrýchlenia , napätia a sily) sú využité na posúdenie podľa kritérií od dodávateľa zariadenia a podľa noriem pre posudzovanie nosných konštrukcií v prípade predmetnej turbostolice podľa STN EN 1992.



Obr.7 Prvý a druhý vlastný tvar kmitania ( $f_1 = 2.23 \text{ Hz}$  ,  $f_2 = 2.36 \text{ Hz}$ )



Obr.8 Pribeh horizontálnych posunov pri druhých kritických otáčkach

## 4 ZÁVERY

Príspevok v stručnej forme informuje o spôsobe riešenia mechanickej odolnosti základu pri demolácii existujúcej požiarom poškodenej turbostolice. Pre riešenie je použitá nelineárna metóda postupného budovania konštrukcie. V ďalšej časti je v hrubých rysoch uvedený výpočtový model pre riešenie odozvy turbostolice na statické a dynamické zaťaženie. Pre riešenie odozvy na dynamické zaťaženie je použitá metóda rozvoja do vlastných tvarov kmitania. Pri použití numerickej integrácie pohybových rovníc boli výsledky v dobrej zhode z výsledkami podľa metódy rozvoja do vlastných tvarov. Na hotovom základe bola pracoviskom TU Žilina vykonaná vibračná diagnostika , ktorá preukázala dobrú zhodu s vypočítanými hodnotami.

## Literatúra

- [1] STN EN 1992-1-1 : *Navrhovanie betónových konštrukcií*. Časť 1-1 : Všeobecné pravidlá a pravidlá pre pozemné stavby. Bratislava, 2006.
- [2] EDWARD L. WILSON: *Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures* : Computers and Structures, Inc. Berkeley, California, 2002, 423 s.
- [3] HASI-YANG-FANG : *Foundation Engineering Handbook second edition* ,Van Nostrand Reinhold ,New York 1991, 923 s.
- [4] MARIO PAZ, WILLIAM LEIGH: *Structural Dynamics– Theory and Computation*, Springer Science + Business Media. LLC, Fifth edition, 2004, 923 s.