

ZLEPŠENIE VIBRAČNEJ ODOZVY NA SÚSTROJENSTVE TG1 VE P. BYSTRICA ÚPRAVOU VÄZBY RK – OK.

Tomáš SAUER

SE, a.s., závod Vodné elektrárne Trenčín, tomas.sauer@seas.sk

Michal HLAVATÝ

SE, a.s., závod Vodné elektrárne Trenčín, michal.hlavaty@seas.sk

Roman JUNG

SE, a.s., závod Vodné elektrárne Trenčín, roman.jung@seas.sk

ANNOTATION

The paper deals with the solution of power limitation cancelation for operation of the hydroelectric power plant equipment based on the vibration response using technical diagnostics.

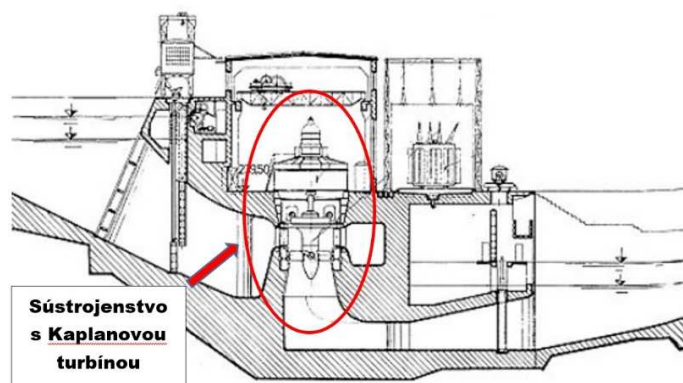
KLÚČOVÉ SLOVÁ

Vodná elektrárň, Kaplanova turbína, vibrodiagnostika, nastavenie vzájomnej väzby otvorenia rozvážacieho kolesa a obežného kolesa

1. ÚVOD.

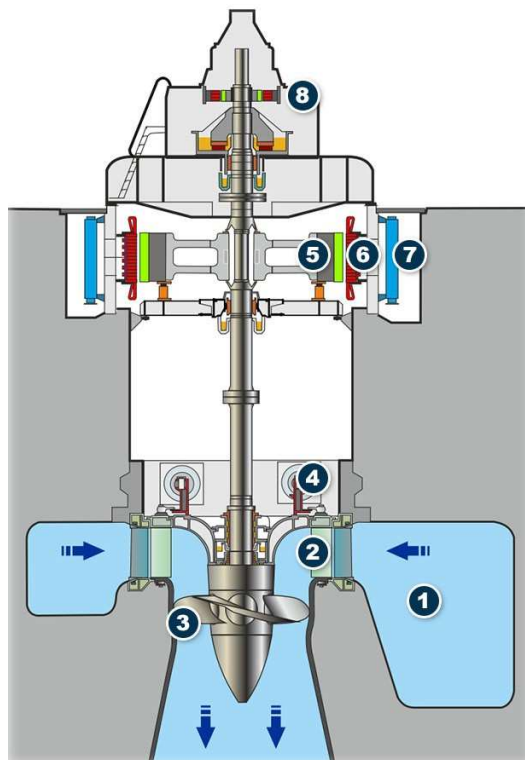
Príspevok opisuje možné riešenie nepriaznivého stavu sústrojenstva na vodných elektrárňach z pohľadu vibrodiagnostiky pri prevádzke na nízkych výkonoch úpravou vzájomnej väzby otvorenia rozvážacích lopát a lopát obežného kolesa.

2. SCHÉMA SÚSTROJENSTVA VODNEJ ELEKTRÁRNE S KAPLANOVOU TURBÍNOU.



Obr.1 Schéma vodnej elektrárne

3. ZÁKLADNÉ ČASTI SÚSTROJENSTVA VODNEJ ELEKTRÁRNE.



Obr.2 Rez sústrojenstvom vodnej elektrárne s Kaplanovou turbínou [1]

1. Betónová špirála (tzv. slimák) slúži na rovnomerné obvodové rozdelenie toku vody do turbíny. Špirála je opatrená po celom obvode pevnými (predrozdžacími) lopatkami, ktoré usmerňujú prúdenie vody a tiež podopierajú vyššie umiestené komponenty turbíny.
2. Rozvádzače lopatky usmerňujú a regulujú množstvo vody na turbínu. Umiestené sú na otočných čapoch. Slúžia aj pri poruchách turbíny k okamžitému uzatvoreniu prívodu vody.
3. Obežné koleso s otáčacími lopatkami. Voda svojou silou pôsobí na obežné koleso, ktoré sa týmto pôsobením roztočí. Zmena otvorení obežných a rozvádzačích lopatiek je možné regulovať výkon turbíny a zachovať čo najvyššiu účinnosť v širokom rozmedzí prevádzkových podmienok.
4. Regulačný kruh pomocou dvoch servomotorov cez tiahla otvára alebo zatvára rozvádzače lopatky.
5. Rotor je otáčajúca časť generátora. Do rotorového viťutia je privádzaný budiaci prúd z budiča. Budiaci prúd v cievkach rotora a zároveň otáčanie rotora má za následok vznik otáčajúceho rotorového magnetického poľa. V tomto poli sa nachádza stator v podobe cievok, čím vzniká na statore indukované napätie.
6. Stator je pevná časť generátora. Je vytvorený trojfázovým viťutím. Pohybom rotora sa indukuje napätie na statore. Odpojitým statorovým viťutím prechádza prúd a generátor pracuje naprázdno. Ak pripojíme (prifázujeme) generátor pod napätím do elektrickej siete a zvýšime mechanickú silu turbíny, generátor začne dodávať do siete požadovanú elektrickú energiu.

7. Chladiče geotermátora je zabezpečené uzavretou cirkuláciou vzduchu a vodným chladičom. Chladiaca voda je privedená priamo zo špirály turbíny.
8. Budič slúži na vytvorenie magnetického póla rotora.

4. PRINCÍP ČINNOSTI KAPLANOVEJ TURBÍNY, REGULÁCIA VÝKONU, VYSVETLENIE POJMU VÄZBA RK – OK.

Kaplanova turbína je reakčná pretlaková axiálna turbína s veľmi dobrou možnosťou regulácie. To sa využíva predovšetkým v miestach, kde nie je možné zaistiť stály prietok alebo spád.

Obežné koleso má obežné lopatky upevnené ráčavo v ráboji kolesa. Náboj má hydrodynamicky vhodný tvar (v priestore lopatiek je plocha ráboja guľová). Lopatky sú ovládané regulačným mechanizmom osadeným vo vnútri ráboja kolesa. Pri štandardných prevádzkach sa ich plynné ráčanie vykonáva počas prevádzky stroja.

Rozvádzač má taktiež ráčavé lopatky, ovládané vlastným regulačným mechanizmom. Zmena polohy (otvorenia) obežných a rozvádzacích lopatiek je vykonávaná súčasne.

Regulácia výkonu sa vykonáva zmenou prietoku vody cez turbínu. Prietok sa reguluje ráčaním rozvádzacích lopát a ako bolo už spomenuté súčasne s ráčaním rozvádzacích lopatiek sa ráčajú aj lopatky obežného kolesa. **Toto súčasné natáčanie je vzájomná väzba RK–OK (väzba regulačného kruhu – obežného kolesa).**

Vzájomná väzba RK-OK sa získava meraním účinnosti turbíny. Merať účinnosti je komplexné meranie, kde je sledovaných a vyhodnocovaných viac parametrov celého sústrojstva. Neoddeliteľnou súčasťou pri meraní účinnosti je aj meranie a vyhodnotenie vibračnej odozvy (vibrácie telies radiálnych vodiacich ložísk, telesa závesného axiálneho ložiska a hriadeľových vibrácií vo vodiacich ložiskách), ktorá má výrazný vplyv na prevádzku sústrojstva ako aj na celkovú životnosť viacerých komponentov sústrojstva. Pri správnej väzbe RK-OK je chod sústrojstva výrazne ekologickejší hlavne v dolnej časti sústrojstva.

Zatvorené RK, minimálne otvorenie OK



Otvorené RK, väčšie otvorenie OK



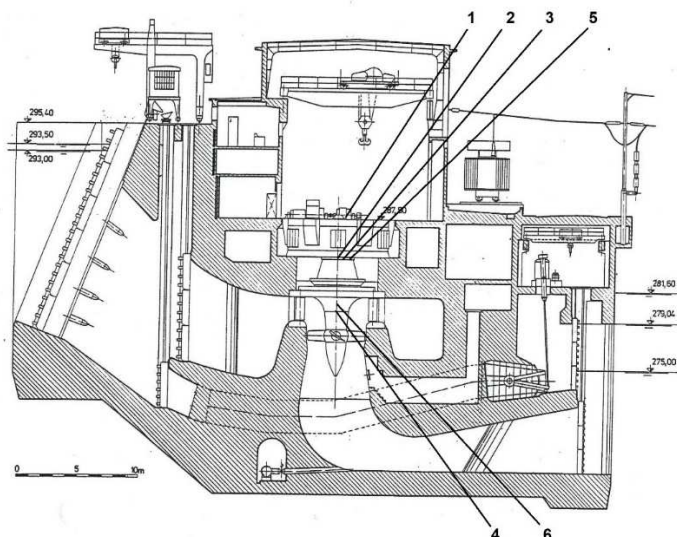
Obr.3 Ukážka vzájomnej väzby RK-OK [1]

5. ÚPRAVA VÄZBY RK-OK NA SÚSTROJENSTVE TG1 VE P. BYSTRICA .

Na VE P. Bystrica sú ištalované tri idetické sústroještva. Prevádzkový výko sústroještiev je od 5 MW do 18,4 MW. Sústroještva TG2 a TG3 boli bez problémov prevádzkované v celom rozsahu výkov, sústroještvo TG1 malo výkové obmedzenie pre prevádzku od $P_{mi} = 8$ MW z dôvodu veľmi ťkludého chodu vplyvom vyšších vibrácií pri ízkych výkoch. Bolo rozhoduté pokúsiť sa odstrániť výkové obmedzenie a sústroještve TG1 pomocou úpravy väzby RK-OK, pričom hlavným ukazovateľom bude sledovanie vibrácií a ich zmenenie v porovnaní s pôvodným stavom.

Miesta merania vibrácií boli asledové:

1. rozdeľovacia hlava v radiálnom smere (RH)
2. vodiace ložisko geerátora v radiálnom smere (VLG)
3. závesé ložisko v axiálnom smere (ZL)
4. vodiace ložisko turbíny v radiálnom smere (VLT)
5. rozkmit hriadeľa pod vodiacim ložiskom geerátora (h-VLG)
6. rozkmit hriadeľa nad vodiacim ložiskom turbíny (h-VLT)



Obr.4 Merané miesta vibrácií sústrojenstva TG1 VE P. Bystrica

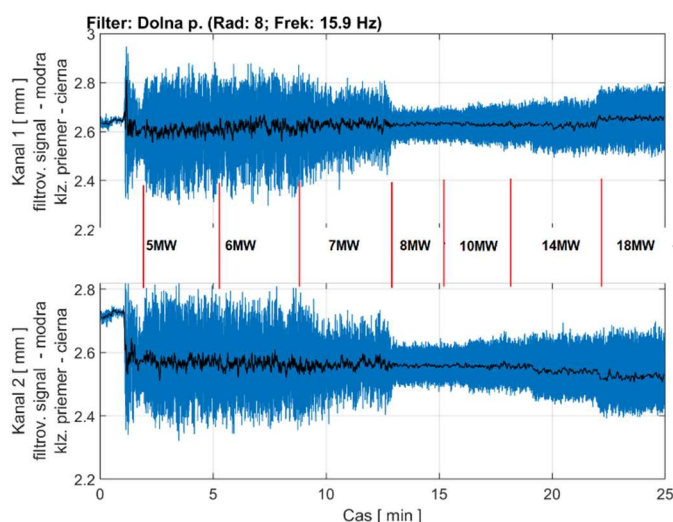
Postup merania.

Nastavovanie vzájomnej väzby RK-OK sa vykoalo lepre výky v rozsahu od 5 MW do 7 MW aakoľko chod sústroještva od výku 8 MW bol v kľudnejšom režme. Pri jednotlivých meraných výkoch (5 MW, 6 MW, 7 MW) bola väzba RK-OK astavovaná podľa pôvodného stavu, asledne sa pre konkrétý výko astavovali rôzne hodnoty väzby RK-OK a sledovali sa hodnoty vibrácií a všetkých meraných miestach. Nastavovanie jednotlivých hodôt otvorí RK-OK bolo vykoané pokuse, podľa predchádzajúcich skúseostí s podobnými problémami. Otvorenie rozvážacích a obežých lopát sa pre jedoduchosť udáva v percentuálnom vyjadrení, ktoré odpovedá uhlu átočenia. Napr. pri obežej lopate otvorenie 0 až 100% odpovedá uhlu átočenia 0 až 30°. Preto sú v tabuľke pod obr.č.8 udané hodnoty v percentách, ktoré sú asledne zadané do automatiky sústroještva.

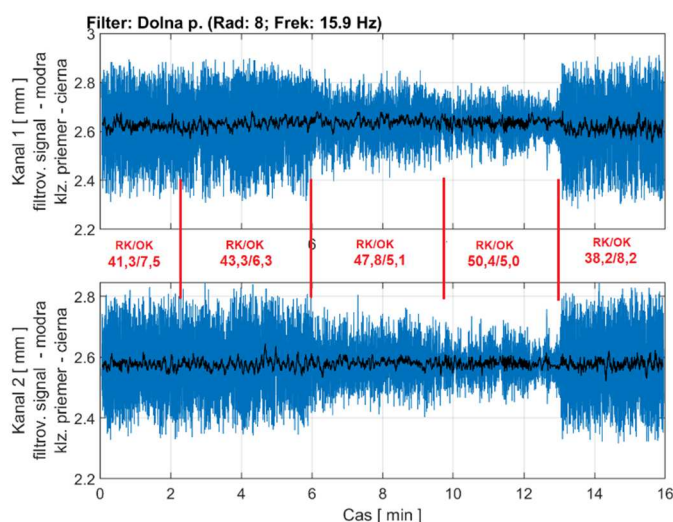
Pre nastavenie optimálnej väzby RK-OK z pohľadu vibrácií boli výhodote ako najlepší odozva pri zme parametrov hriadeľové vibrácie nad vodiacim ložiskom turbíny (obr.č.4 – meracie miesto 6 - rozkmit hriadeľa nad vodiacim ložiskom turbíny (h-VLT)), pre meranie hriadeľových vibrácií nad vodiacim ložiskom turbíny použité dva snímače umiestené v smere toku vody a kolmo na smer toku vody. Na zvyšných meracích miestach nebola vibračná odozva výrazná a zme parametrov väzby RK-OK.

Nájde hodnoty väzby RK-OK v miestach s najvyššími vibráciami boli vybra ako ové body väzby, pri ktorých sa po ovom sústroje stvo prevádzkuje.

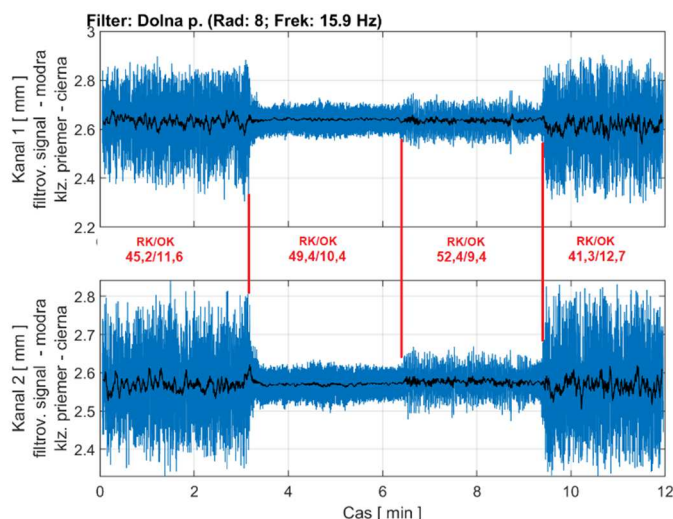
Grafické vyhodnotenie:



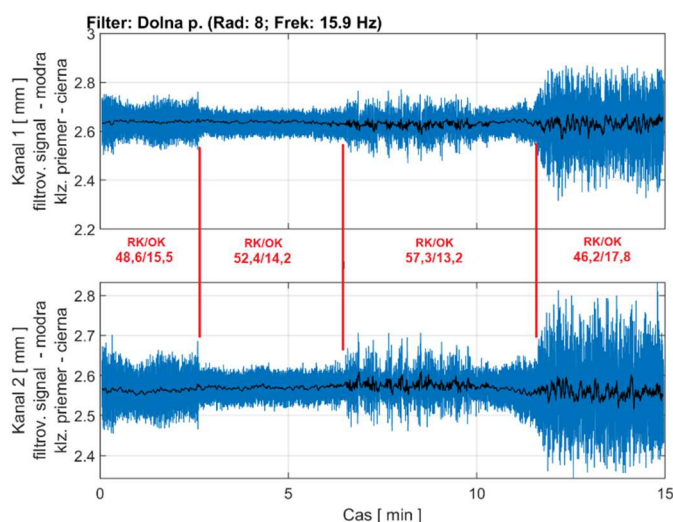
Obr.5 Rozkmit hriadeľa nad VLT – celý výkonový rozsah
(kanál 1 – STV, kanál 2 – kolmo na STV, STV – smer toku vody)



Obr.6 Rozkmit hriadeľa nad VLT – výkon 5MW, nastavenie rôznych hodnôt väzby RK-OK



Obr.7 Rozkmit hriadeľa nad VLT – výkon 6MW, nastavenie rôznych hodnôt väzby RK-OK



Obr.8 Rozkmit hriadeľa nad VLT – výkon 7MW, nastavenie rôznych hodnôt väzby RK-OK

Výkon	P = 5,0 MW	P = 6,0 MW	P = 7,0 MW
Pôvodná väzba RK-OK	41,3/7,5	45,2/11,6	48,6/15,5
Navrhovaná väzba RK-OK	50,4/5,0	49,4/10,4	52,4/14,2

Tab.1 Tabuľka s pôvodnou a navrhovanou väzbou RK-OK.

6. ZÁVER.

Úpravou väzby RK-OK sa podarilo odstrániť výkonné obmedzenie pre prevádzku sústrojstva TG1 VE P. Bystrica, sústrojstvo je prevádzkované rovnako ako zvyšné dve sústrojstvá od minimálneho výkonu $P=5$ MW. Nemáme však informáciu o tom ako bola ovplyvnená účinnosť tohto sústrojstva, všeobecne je účinnosť Kaplaňových turbín pri nízkych výkonoch nižšia preto zmeľa účinnosti musia byť výraznejšie, najvyššie hodnoty účinnosti sú pri stredných výkonoch. Odpoveď na to ako sa účinnosť sústrojstva zmenila môže dať len samotné meranie účinnosti.

7. LITERATÚRA.

- [1] www.oravska-priehrada.sk/princip