

# PLAN OF GRID CONNECTION FOR SMALL HYDROELECTRIC POWER PLANT

**Ján Miškovský**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xmisko02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Lukáš Radil

E-mail: radil@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The subject of this work is a plan of grid connection for small hydroelectric power plant. The introduction briefly describes the hydroelectric power plant and location of the country. The main aim of this work is project of medium-voltage substation and cable connection transformer with medium-voltage substation.

**Keywords:** small hydro power plant, medium-voltage substation, cable connection

## 1. ÚVOD

Problematika vyvedenia výkonu malej vodnej elektrárne je riešená na reálnom projekte, ktorý je aktuálne v štádiu realizačných prác. Malá vodná elektráreň Raštak sa nachádza v krajine v západnej časti Balkánskeho polostrova s názvom Čierna Hora. Po vyhlásení novej energetickej stratégie, vláda Čiernej Hory vypísala tendre na výstavbu 40 malých vodných elektrární, takýmto spôsobom chce krajina vyrábať 15-20 MW elektrickej energie a taktiež ekologickým spôsobom znížiť závislosť od susedných krajín. Ďalšie dôvody sú využitie hydroenergetického potenciálu krajiny, zlepšenie ekonomiky, pomáhať pri obhospodarovaní vodných tokov a vytvorenie pracovných príležitostí pre lokálne firmy.

## 2. MALÁ VODNÁ ELEKTRÁREŇ

Malá vodná elektráreň využíva hydroenergetický potenciál rieky Raštak. Povodie rieky má rozlohu 4,95 km<sup>2</sup> vejárovitého charakteru, čo spôsobuje rýchly odtok vody do koryta rieky. Pre výstavbu elektrárne je možné využiť spád 227 m so stredným prietokom 0,4 m<sup>3</sup>/s. Pre takéto spádové a prietokové pomery bola navrhnutá Peltonova turbína o výkone 790 kW s horizontálnou orientáciou obežného kolesa, ktorého roztočenie na menovité otáčky 1500 ot/min zabezpečuje 5 dýz. Na hriadeľ bežného kolesa je pripojený synchronný generátor GSH450L4 s parametrami uvedenými v tabuľke 1.

Veličiny	Hodnoty
Výkon na svorkách	850 kVA
Napätie	690 V
Prúd	711,2 A
Frekvencia	50 Hz
Zapojenie	hviezda

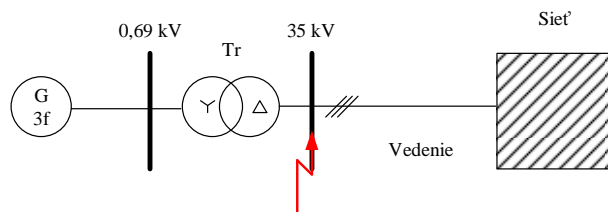
**Tabuľka 1:** Základné parametre synchronného generátora

### 3. NÁVRH ROZVODNÉHO ZARIADENIA VYSOKÉHO NAPÄTIA

Pri výbere vhodného rozvádzača sa berú do úvahy tieto parametre: menovité napätie hlavných obvodov, menovité napätie pomocných obvodov, skratová odolnosť, menovité prúdy prípojnic a počet systémov prípojnic [1].

#### 3.1. VÝPOČET SKRATOVÝCH PRÚDOV V MIESTE ROZVODNÉHO ZARIADENIA

Vďaka náročnosti získavania vstupných hodnôt pre výpočet skratových prúdov v mieste rozvodného zariadenia sa uvažuje z radov zjednodušujúcich opatrení. Vzťahy a parametre výpočtu skratových prúdov sú dané normou ČSN EN 60909-0. Pri návrhu rozvodného zariadenia sa uvažuje o jednoduchom skrate napájaného z jedného elektrárenského bloku vid'. obrázok 1.



Obrázok 1: Elektrárenský blok

Pri výpočte skratových prúdov sa postupuje:

1. Výpočet počiatočného rázového skratového prúdu  $I_k''$  podľa vzťahu (1):

$$I_k'' = k_1 \cdot \frac{c \cdot U_{VN}}{\sqrt{3} \cdot |Z_S|} \quad (\text{A}), \quad (1)$$

kde  $k_1$  je súčiniteľ rôznych typov skratov (pre trojfázový skrat  $k_1=1$ ) (-),  $c$  je napäťový súčiniteľ daný normou (-),  $U_{VN}$  je napätie v mieste skratu (V) a  $Z_S$  je celková vypočítaná impedancia ( $\Omega$ ).

2. Výpočet ekvivalentného otepľovacieho prúdu  $I_{ke}$  je zo vzťahu (2):

$$I_{ke} = k_e \cdot I_k'' \quad (\text{A}), \quad (2)$$

kde  $k_e$  je súčiniteľ ekvivalentného otepľovacieho prúdu (-).

3. Výpočet nárazového skratového prúdu v mieste rozvodného zariadenia  $I_{km}$  je zo vzťahu (3):

$$I_{km} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' \quad (\text{A}), \quad (3)$$

kde  $\kappa$  je súčiniteľ nárazového skratového prúdu (-)[2], [3].

#### 3.2. VÝBER ROZVÁDZAČA VYSOKÉHO NAPÄTIA

Pre výber správneho typu rozvádzača VN, musia byť splnené všetky požiadavky a parametre, ktoré sú uvedené v úvode tejto kapitoly. Do rozvodne malej vodnej elektrárne je vhodný VN modulárny rozvádzač SM6 vyrobený firmou Schneider Electric. Parametre rozvádzača: menovité napätie 36 kV, menovitý prúd 630 A, menovitý krátkodobý prúd 12,5 kA, menovitý dynamický skratový prúd 31,5 kA a jednoduchý systém prípojnic.

**DM1-A:** Ide o pole vyvedenia výkonu a pripojenia na sieť EPCG, ktoré je vybavené vypínačom SF1 a odpojovačom. Tento typ vypínača má tri samostatné komory s tlakom 2000 hPa pre každú fázu. Póly sú navzájom prepojené pomocou spínacieho mechanizmu. Do základného vybavenia tiež výrobca inštaluje ovládací mechanizmus vypínača a odpojovača, indikátor

prítomnosti napätia, tri prúdové transformátory, pomocné kontakty na vypínači, mechanické blokovanie vypínača a odpojovača a 150 W ohrievacie teleso.

**GBC-B:** Je pole merania. Obsahuje meracie transformátory prúdu a napätia. Keďže sa jedná o fakturačné meranie, musia byť meracie transformátory úradne ciachované. Pole obsahuje tri meracie transformátory prúdu ARM6T 25/5 A s výkonom 15 VA a triedou presnosti 0,5 a tri meracie transformátory napätia VRF3 s prevodom  $(36000/\sqrt{3})/(100/\sqrt{3})$  s výkonom 50 VA a presnosťou 0,5. Tiež je toto pole vybavené 150 W ohrievacím telesom.

**QM:** Pole vývodu transformátora 1000 kVA je vyzbrojené odpínačom s uzemňovačom a ochranou transformátora tvorenou poistkami s menovitým prúdom 40 A. Základné vybavenie poľa tvorí ovládací mechanizmus odpínača, systém indikácie prepálenia poistiek a ohrievacie teleso s výkonom 150 W [3], [4].

### 3.3. PREPOJ TRANSFORMÁTORA A ROZVODNE VYSOKÉHO NAPÄTIA

Ako prepojenie medzi rozvodňou a transformátorom je vhodné použiť celoplastové vysoko napäťové káble typu 35-AVXEKVCVE. Pre voľbu prierezu je možné postupovať spôsobom dimenzovania vodičov podľa tepelných účinkov skratových prúdov. Minimálny prierez  $S_{min}$  vypočítame zo vzťahu (4):

$$S_{min} = \frac{I_{ke} \cdot \sqrt{t_k}}{\sqrt{\frac{c(v_f + 20)}{\rho_{20}} \ln \frac{(v_f + v_k)}{(v_f + v_z)}}} \quad (\text{mm}^2), \quad (4)$$

kde  $I_{ke}$  je ekvivalentný skratový otepľovací prúd (A),  $t_k$  je doba skratu (s),  $c$  je špecifické teplo ( $\text{J}/\text{cm}^3/^\circ\text{C}$ ),  $\rho_{20}$  je špecifický odpor pri teplote  $20^\circ\text{C}$  ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ ),  $v_f$  je fiktívna teplota ( $^\circ\text{C}$ ),  $v_k$  je najvyššia dovolená teplota pri skrate ( $^\circ\text{C}$ ),  $v_z$  je najvyššia dovolená prevádzková teplota ( $^\circ\text{C}$ ). Podľa vzťahu (4) minimálny prierez vodiča vzhľadom na dimenzovanie podľa tepelných účinkov skratových prúdov je  $24,87 \text{ mm}^2$ . Z katalógu typu kábla 35-AVXEKVCVE volíme najbližší vyšší prierez  $S = 50 \text{ mm}^2$ . Zvolený prierez  $50 \text{ mm}^2$  je najmenší vyrábaný pre napäťovú hladinu 35 kV.

## 4. ZÁVER

Tento článok prináša prehľad problematiky navrhovania a dimenzovania rozvodne vysokého napätia. Samozrejme, problematika VN rozvádzačov je omnoho komplikovanejšia ako uvádza tento článok. V druhej fáze návrhu vyvedenia výkonu bude uskutočnený výpočet a návrh trasy linky vysokého napätia 35 kV o dĺžke 6,5 km, ktorá sa nachádza vo veľmi členitom horskom teréne s rôznymi prírodnými prekážkami. V tejto časti bude potrebné uplatniť znalosti mechanického dimenzovania vodičov, stožiarov a komponentov súvisiacimi s linkou.

## REFERENCIE

- [1] Janíček, F., Arnold, A., Šedivý, J., Šulc, I., Cerman, A. a Petrek, P. Elektrické stanice. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-227-3678-7.
- [2] ČSN EN 60909-0. Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 0: Výpočet proudů. 06/2002.
- [3] Orságová, J. Rozvodná zařízení. Brno, 2008, 176 s.
- [4] SM6 Modulárny rozvádzač. [online]. [cit. 2014-12-25]. Dostupné z: [http://katalog.schneider-electric.cz/dsmapp/data/pdf/CZ/CMS/SM6%202011\\_sk.pdf](http://katalog.schneider-electric.cz/dsmapp/data/pdf/CZ/CMS/SM6%202011_sk.pdf)