TERMOVIZIJA U DIJAGNOSTICI MALIH HIDROELEKTRANA
THERMOGRAPHY IN DIAGNOSIS OF SMALL HYDROPOWER PLANTS

Zoran Stević, Mirjana Rajčić-Vujasinović, *Tehnički fakultet u Boru, Univerzitet u Beogradu,*
Miroljub Jevtić, *Tehnički fakultet u K. Mitrovici*
Sanja Bugarinović, IHIS Zemun
Miloš Tripunović, *Telekom Srbija, A.D*

Sadržaj – *Mini hidroelektrane instalisane snage ispod 100 kW često se nazivaju i mikroelektranama. Radi se o obnovljivom izvoru električne energije koji po svakom kWh proizvedene energije uštedi od 1,6 kg do 2,2 kg uglja (zavisno od vrste i kvaliteta) ili oko 0,25 kg mazuta. To je u funkciji održivog razvoja ne samo u pogledu očuvanja postojećih prirodnih resursa, već i u pogledu zaštite životne sredine od emisije oksida ugljenika, sumpora i azota. U Srbiji postoji više mikro hidroelektrana, a neke od njih su bile predmet analize za potrebe projekta tehnološkog razvoja kod MNTR. U okviru te analize radjena je termovizijska dijagnostika opreme. Rezultati tih ispitivanja prikazani su u ovom radu.*

Abstratct – *Mini hydro power plants with installed capacity below 100 kW are often called micro power plants. They represent a renewable source of electrical energy with savings of 1.6 kg to 2.2 kg of coal, or about 0.25 kg of fuel oil, per kWh of manufactured energy (depending on type and quality). This contributes to constant development not only in terms of preserving the existing natural resources, but also in terms of environmental protection from emissions of oxides of carbon, sulfur and nitrogen. In Serbia there are more micro hydropower plants, some of which were the subject of analysis for the project of technological development with MSTD. As part of this analysis, thermal imaging diagnostics of equipment was performed. The results of these tests are presented in this paper.*

1. UVOD

Male hidroelektrane (MHE) pokrivaju oblast instalisane snage ispod 10 MW, a one ispod 100 kW često se nazivaju i mikroelektranama. Podizanjem svesti o neophodnosti uvođenja obnovljivih izvora energije ove elektrane sve više postaju popularne. To je u funkciji održivog razvoja ne samo u pogledu očuvanja postojećih prirodnih resursa, već i u pogledu zaštite životne sredine od emisije štetnih gasova.

Primena termovizije kao savremene metode za merenje, ali i metoda skladištenja i analize podataka, njihovog poređenja i on line monitoringa u oblasti distribucije električne energije i kontrole elektroenergetskih postrojenja omogućava stvaranje tehničkih, eksploatacionih i organizacionih preduslova za povećanje energetske efikasnosti mreža svih naponskih nivoa [1-3].

Termovizijskom kontrolom mogu se postići značajni efekti kako u prevenciji kvarova, tako i u smanjenju gubitaka energije. Termovizijski nadzor omogućava detekciju zagrevanja ležajeva, loših spojeva na priključcima generatora, transformatora, prekidača, sabirnica i drugih ključnih elemenata elektroenergetskih postrojenja, čime se obezbeđuje pravovremena intervencija i time smanjuje broj zastoja [4,5].

U cilju utvrđivanja trenutnog stanja opreme i njegove analize sa aspekta eksploatacije, preventivnog, tekućeg i havarijskog održavanja, izvršena su preliminarna termovizijska snimanja više mikroelektrana u slivu reke Timok. Ovde su prikazani karakteristični snimci, izabrani među više stotina načinjenih.

2. OPREMA ZA TERMOVIZIJSKA MERENJA

Korišćena je digitalna termovizijska kamera Wohler IK 21, čiji se rad zasniva na nehlađenom germanijumskom termoelektričnom linijskom detektoru. Ona formira termalnu sliku merenjem infracrvene radijacije određenog tela ili celokupne scene. Softver, koji kamera sadrži, vrši neophodnu korekciju pri konverziji termalne slike u odgovarajući termogram, koji predstavlja aproksimaciju tačne temperature snimljenog objekta, ili temperaturnu raspodelu u sceni. Jedna od prednosti kamere IK 21 je širok temperaturni opseg, odnosno ona može, u jednoj slici, da prikaže velike razlike u temperaturi. Napaja se pomoću standardne baterije za video kamere. Slike se prikazuju u boji na LCD ekranu dijagonale 10.2 cm. Temperaturna raspodela površine koje se snima prikazuje se varijacijom boja [6].

Termogrami se mogu snimmiti na memorijskoj PC kartici i kasnije se analizirati. IK 21 je aparat za ručnu upotrebu, ali se, uz odgovarajući pribor, može instalirati kao nepokretni senzor i njime upravljati preko kompjutera. Opremljena odgovarajućim priborom za povezivanje i softverom, omogućava kontinualno snimanje objekata. Kamera i računar se mogu na jednostavan način programirati, tako da se termogrami snimaju u redovnim vremenskim intervalima. Moguće je, čak, kameru programirati da identifikuje, na termogramu, temperature koje odstupaju od propisanih vrednosti, i pošalje alarmni signal računaru. Alarmi mogu biti

odstupanje maksimuma, minimuma, srednje vrednosti i/ili temperature tačke, skupa tačaka, linije ili oblasti termograma od dozvoljenih vrednosti.

Memorijska PC kartica omogućava memorisanje brojnih termograma, koji se po želji mogu preneti na kompjuter. Zatim je moguće, na kartici, memorisati individualne parametre podešavanja kamere, pri čemu se, prethodno memorisana konfiguracija kamere može veoma brzo učitati. Svaki korisnik kamere može da poseduje sopstvenu PC karticu za memorisanje, tako da su mu uvek na raspolaganju potrebna podešavanja.

3. DIJAGNOSTIKA STANJA OPREME U MHE SLIVA REKE TIMOK

Na više objekata MHE u slivu reke Timok vršena su termovizijska snimanja u cilju dijagnostike stanja opreme, kako mašinske, tako i električne. Praćeni su svi ležajevi rotacionih elemenata, brane, generatori, elementi razvoda, kompenzacije i zaštite. Praktično na svim objektima otkrivena su potencijalno opasna mesta. Ovde su prikazani neki karakteristični primeri.

Mikro HE na Crnom Timoku kod Zaječara (sl. 1)

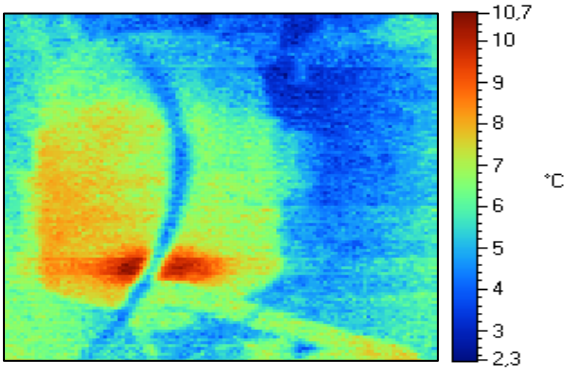
Osnovni podaci [7]**:**

H=2m;
Q=2.5m^3/s;
Generator 1: P_n = 37kW, I_n = 75A, n = 750min^{-1}, U = 380V, konpenzacija 20kVAr;
Generator 2: P_n = 30kW, I_n = 62A, n = 750min^{-1}, U = 380V, konpenzacija 15kVAr;
Turbina: propelerna S, prečnika 990 mm, 750min^{-1}, snage 40kW, stepen korisnog dejstva 0,8;
Godišnja proizvodnja oko 350.000 kWh.

Slika 1 Mikrohidroelektrana kod Zaječara [7]

Na slici 2 prikazani su fotografski (a) i termografski (b) snimak asinhronog generatora kod koga je dotrajao prednji ležaj, a na slici 3 mehanički prenos sa turbine, gde se takođe može uočiti zagrevanje ležaja.

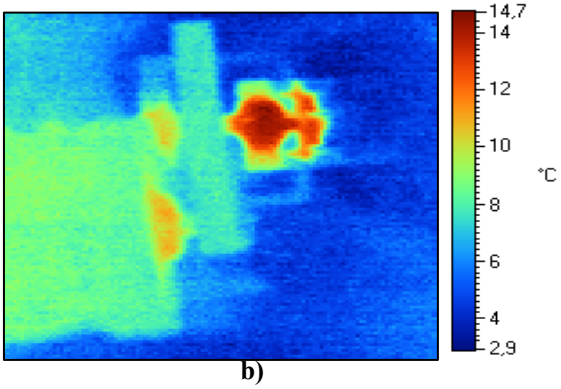
a)



b)

Slika 2 Asinhroni generator

a)



b)

Slika 3 Mehanički prenos turbina - generator

Mikro HE na Trgoviškom Timoku kod Knjaževca (sl. 4)

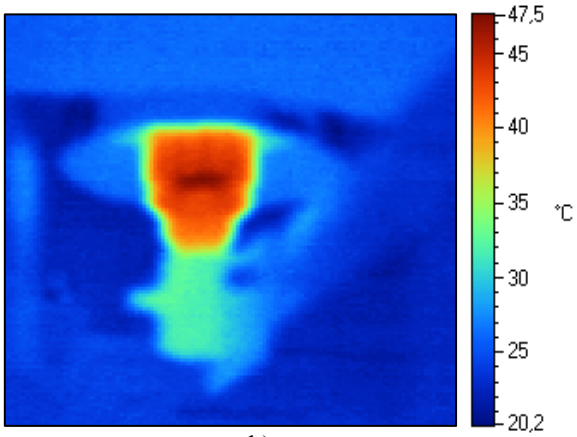
Osnovni podaci [7]**:**

H=2,5m;
Q=2,2 m^3/s
Generator: P_m=34kW, n = 750min^{-1}, U = 380V.
Turbina: Vertikalna, Francisova.
Godišnja proizvodnja oko 150.000 kWh.

Slika 4 Mikrohidroelektrana kod Knjaževca [7]

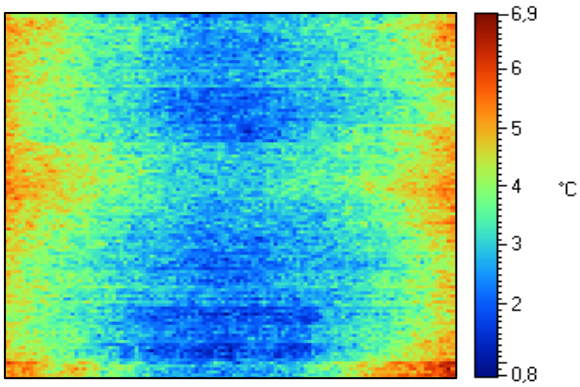
Na slici 5 prikazani su fotografski (a) i termografski (b) snimak zatezne remenice čiji je ležaj dotrajao, a na slici 6 snimci brane, kod koje se uočava nehomogenost betona.

a)



b)
Slika 5 Zatezna remenica

a)



b)
Slika 6 Betonska brana

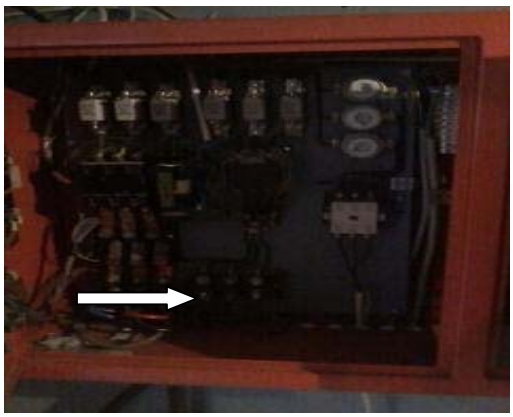
Mikro HE Debela stena na Aldinačkoj reci (sl. 7)

Osnovni podaci [7]**:**

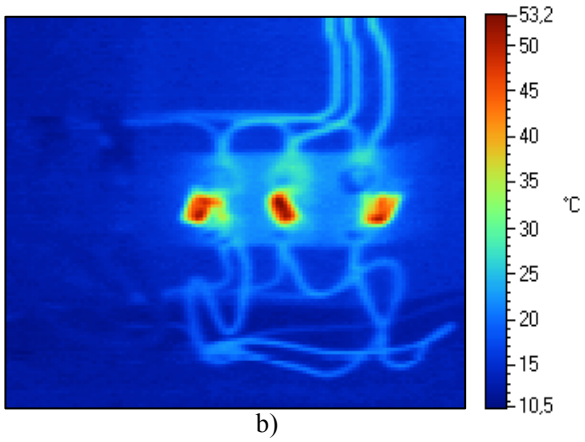
Q_1=2,25m^3/s;
Generator 1: P = 11kW, n = 750min^{-1}, U = 380V;
Turbina 1: Horizontalna, Francisova;
Q_2=0,55m^3/s;
Generator 2: P = 26kW, n = 750min^{-1}, U = 380V;
Turbina 2: Cevna, izrađena u sopstvenoj režiji;
Godišnja proizvodnja oko 100.000 kWh.

Slika 7 Mikrohidroelektrana Debela stena [7]

Na slici 8 prikazani su fotografski (a) i termografski (b) snimak pregrejanih strujnih mostova, a na slici 9 snimci direktnog prenosa turbina - generator, kod koga se uočava pregrevanje ležajeva.



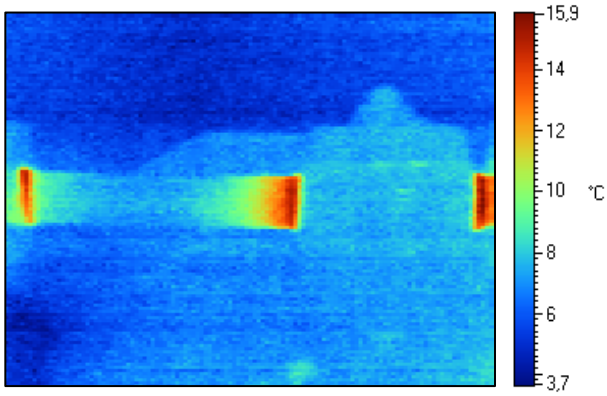
a)



b)

Slika 8 Strujni mostovi električnog razvoda

a)



b)

Slika 9 Direktan prenos turbina - generator

4. ZAKLJUČAK

Termovizija je veoma moćna tehnologija za nadzor, dijagnostiku, preventivno održavanje i upravljanje različitim tehnološkim procesima. Pokazano je da se, fizički veoma složen proces infracrvene termografije, može uz pomoć relativno jednostavne i ne tako skupe opreme, primeniti u realnim sistemima kakve su mikroelektrane.

Izvedena termovizijska snimanja, deo su definisanog plana sistematskog snimanja energetskih objekata u Timočkom regionu. Rezultati snimanja se sistematizuju i omogućiće formiranje baze termovizijskih snimaka.

Pored navedenog, analiza dosadašnjih rezultata snimanja, omogućila je otkrivanje brojnih nedostataka i potencijalno veoma opasnih mesta na skoro svim objektima, što je predočeno vlasnicima.

Uvođenje termovizijskog nadzora bar jednom godšnje omogućilo bi:

- stvaranje tehničkih, eksploatacionih i organizacionih preduslova za povećanje energetske efikasnosti MHE;
- uvođenje savremenih metoda merenja, nadzora i dijagnostike u elektroenergetske objekte;
- povećanje kapaciteta i upravljanje tokovima snage u ED;
- uvođenje novih metoda u planiranje, eksploataciju i upravljanje mrežom u ED, koje će obezbediti sigurnost rada i visoku energetsku efikasnost, pouzdanost i kvalitet isporučene energije u skladu sa evropskim standardima;
- podizanje opšteg nivoa znanja kod stručnog kadra.

LITERATURA

[1] Krutikov VN., The history of the development and the present state of radiation receivers as primary converters of optical quantities, signals and images, *Measurement techniques*, 2002,Vol. 45, N° 9, 935–942.

[2] Zoran Stević, *Optoelektronika*, Tehnički fakultet, Bor, 2005.

[3] Zoran Stević, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Dejan Antić, *Primena Termovizije*, Tehnički fakultet u Boru, 2008.

[4] Zoran R. Andjelkovic, Dragan R. Milivojevic, Zoran M. Stevic, Thermovisual camera commands decoding and ISI format encrypting, *Journal of Scientific and Industrial Research*, 2010,Vol. 69, 523–528.

[5] З. Стевич, М. Райчич-Вуясинович, Д.В. Антич, З. Дамнянович, Современая инфракрасная термография в контроле и диагностике оборудования**,** *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*, 2006, N°3, 56–58.

[6] Infrared Solutions Inc. http://www.infraredsolutions.com

[7] Nemanja Sologub, *Primena termovizije u hidroelektranama i visokonaponskim postrojenjima*, Diplomski rad, Tehnički fakultet u Boru, 2011.