

# Pouzdanost energetskog transformatora

---

Zec, Krunoslav

Master's thesis / Diplomski rad

2015

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:242498>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-21**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

**Sveučilišni studij**

**POUZDANOST ENERGETSKOG TRANSFORMATORA**

**Diplomski rad**

**Krunoslav Zec**

**Osijek, 2015.**

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
1.1. Zadatak diplomskog rada .....	2
2. POZADINA ISTRAŽIVANJA I MODELI MEHANIZAMA DEGRADACIJE.....	3
2.1. Društvena perspektiva .....	3
2.2. Perspektiva isporučitelja energije.....	4
2.3. Znanstvena perspektiva .....	5
2.4. Modeli mehanizama degradacije.....	6
2.4.1. Parametri kvalitete.....	6
2.4.1.1. Metode predviđanja parametara kvalitete .....	7
2.5. Dijagnoza transformatora, alati za nadziranje i predviđanje.....	9
2.5.1 Kvaliteta ulja .....	11
2.5.2 Papirna izolacija .....	12
2.5.3 Regulacijska sklopka.....	13
2.5.4 Provodni izolator .....	13
3. METODE ODREĐIVANJA STANJA DEGRADACIJE PAPIRA, POUZDANOST SKUPINE TRANSFORMATORA.....	15
3.1 Stupanj polimerizacije.....	16
3.2 Određivanje stanja degradacije izolacije papir-ulje .....	17
3.2.1 Toplinski model transformatora - temperatura toplinske točke .....	17
3.2.2 Model mehanizma degradacije papira.....	20
3.2.3 Furan analiza pouzdanosti .....	22
3.2.4 Povezanost stupnja polimerizacije i furana .....	23
3.3 Pouzdanost skupine transformatora .....	25
3.3.1 Model pouzdanosti skupine transformatora .....	25
3.3.2 Scenarij serijskog kvara .....	27
3.3.3 Utjecaj opterećenja na pouzdanost.....	29

4. Određivanje pouzdanosti pomoću stupnja polimerizacije i analize furana.....	32
4.1 Određivanje pouzdanosti stupnjem polimerizacije .....	33
4.2 Određivanje pouzdanosti analizom furana .....	35
4.3 Analiza pouzdanosti i stanje transformatora u Elektri Slavonski Brod .....	37
5. ZAKLJUČAK .....	45
LITERATURA.....	46
SAŽETAK.....	49
ABSTRACT .....	50
ŽIVOTOPIS .....	51

## SAŽETAK

U radu su opisani modeli mehanizama degradacije koji se izražavaju pomoću različitih parametara kvalitete a fokus je bio na degradaciji izolacijskog papira. U drugom poglavlju opisane su različite metode određivanja pouzdanosti transformatora, odnosno računanja preostalog životnog vijeka transformatora. Najpouzdaniji način određivanja stanja izolacijskog papira je preko stupnja polimerizacije, što je i obrađeno u 4.poglavlju.

U trećem poglavlju je opisan pojam stupnja polimerizacije, te različite metode kojima se određuje stanje izolacije (temperatura toplinskih točaka transformatorskog ulja, uzimanje uzoraka papira i određivanje stupnja polimerizacije a obrađena je i posredna metoda određivanja stupnja polimerizacije pomoću određivanja furana u transformatorskom ulju, a spomenuto je da je količina furana direktan pokazatelj stupnja polimerizacije). Pokazano je također da se korištenjem više paralelno spojenih transformatora povećava pouzdanost sustava na kojem su spojeni jer jedan uvijek služi kao rezerva.

Četvrto poglavlje daje realne primjere određivanja preostalog životnog vijeka transformatora pomoću stupnja polimerizacije i furan analize, te je prikazano stanje transformatorskog sustava Elektre Slavonski Brod.

### **Ključne riječi:**

Pouzdanost, stupanj polimerizacije, furan analiza, degradacija papira, izolacijski papir

## **ABSTRACT**

This paper describes the mechanisms of degradation models which are expressed using various quality parameters and the focus was on the degradation of the insulating paper. The second chapter describes the various methods of determining the reliability of the transformer, and calculating the remaining lifetime of the transformer. The most reliable way of determining the condition of the insulating paper is through the degree of polymerization, which is discussed in fourth chapter.

The third section describes the concept of the degree of polymerization, and various methods for determining condition of the insulation (hot-spot temperature of transformer oil, taking samples of paper and determining the degree of polymerization, also a indirect method of determining the the degree of polymerization by determining furans in transformer oil processed and it was mentioned that the amount furans is a direct indicator of the degree of polymerization). The paper also shows that the use of multiple parallel-connected transformers increases the reliability of the system to which they are connected as one always serves as a backup.

The fourth chapter gives realistic examples of determining the remaining lifetime of the transformer using the degree of polymerization and furan analysis, and the condition of the transformer system of Elektra Slavonski Brod was described.

### **Key words:**

Reliability, degree of polymerization, furan analysis, paper degradation, insulating paper