

Милић Д. Ерић^{1*}, Предраг Љ. Сидефановић¹, Драгица М. Кисић²

¹ Лабораторија за термотехнику и енергетику,

Институт за нуклеарне науке „Винча”, Универзитет у Београду, Београд, Србија

² ЈП Електропривреда Србије, Београд, Србија

Верификација смањења емисије прашкастих материја после реконструкције електрофилтерских постројења на блоковима А1, А2 и А4 у ТЕ „Никола Тесла”

Стручни рад

UDC: 621.311.2:621.359:662.613.11

Електропривреда Србије мора да усагласи свој рад у погледу емисија штећних и опасних материја у ваздух са захтевима ЕУ до 2016. године. Планом ЕПС-а до 2015. године, поред осталих мера, предвиђене су реконструкције електрофилтера на преосталим блоковима термоелектрана у саставу ЈП ЕПС Србије.

У периоду 2004–2007. године урађене су реконструкције електрофилтерских постројења на блоковима А1, А2, А4 и А5 ТЕ „Никола Тесла”. Испоручилац електрофилтерских постројења је гарантовао излазну концентрацију прашких материја која је $\leq 50 \text{ mg/m}^3$, што је потврђено гаранцијским испитивањима према стандарду ИСО 9096. Смањење излазне концентрације прашких материја је остварено повећањем висине и броја шаложних електрода, додавањем још једног поља електрода и побољшањем струјно–напонских карактеристика секција електрофилтера.

У овом раду су приказани резултати гаранцијских испитивања којима је потврђена излазна гарантована концентрација прашких материја за реконструисано електрофилтерско постројење.

Кључне речи: прашких материја, емисија, електрофилтер, реконструкција

Увод

Ради очувања животне средине, термоелектране као један од највећих загађивача, улажу значајна средства у изградњу нових постројења за смањење емисије прашкастих материја, сумпорних и азотних оксида.

* Одговорни аутор; електронска адреса: milic@vinca.rs

Дугогодишњим испитивањем емисије прашкастих материја од стране овлашћених институција, пре реконструкција електрофилтера, утврђено је да су највеће емисије биле на блоковима А1 и А2, до 2000 mg/m^3 , док су на блоковима А3 до А6, од 80 до 400 mg/m^3 . Најстарији блокови А1 и А2, са најнижим степеном отпашивања пре реконструкције, имали су у укупној емисији честица летећег пепела удео од 66% у ТЕ „Никола Тесла” А, а производили су само 15% од укупне производње електричне енергије ове термоелектране [1].

Анализом стања електрофилтерских постројења у Електропривреди Србије, која се налазе у погону од 20 до 35 или више година утврђено је да су њихове перформансе у односу на пројектне вредности значајно погоршане. Електропривреда Србије је усвојила дугорочни програм модернизације за смањење загађења околине. У циљу снижења емисије честица на ниво испод 50 mg/m^3 , извршене су реконструкције постојећих електрофилтерских постројења у ТЕ „Никола Тесла” на блоковима А1, А2, А4 и А5 и у ТЕ „Костолац” на блоковима А1 и А2.

На блоковима А1 и А2 ТЕ „Никола Тесла” електрофилтерска постројења су реконструисана и модернизована у периоду од 1. јуна до 6. новембра 2005. године на блоку А2 и од 27. марта до 21. октобра 2006. године на блоку А1.

На блоку А4 ТЕ „Никола Тесла” електрофилтерска постројења су реконструисана и модернизована у периоду од 13. марта до 6. децембра 2007. године.

Основни подаци о блоковима А1 и А2

Блокови А1 и А2, називне снаге 210 MW, уведени су у експлоатацију 1970. године. Котлови са сагоревањем угљеног праха са уграђеном решетком за догоревање, природном циркулацијом и међупрегревањем паре произведени су у СЕС, Словачка. Основне пројектне карактеристике котловског постројења дате су у табл. 1 [2].

Парна турбина је троцилиндрична кондензациона К-200-130, снаге 210 MW, произведена у Лењинградском металском заводу у Русији. Турбинско постројење је реконструисано за потребе даљинског грејања Обреновца. Загревање се врши паром

на регулисаном притиску иза кућишта турбине средњег притиска. Пара се кондензује помоћу расхладног система отвореног типа кондензатора расхладном водом из реке Саве.

Таблица 1. Основне пројектне карактеристике котловског постројења за блокове А1 и А2

Назив величине / параметра	Вредност
Номинална продукција паре, [t/h]	650
Притисак прегрејане паре, [bar]	136
Температура напојне воде, [°C]	240
Температура прегрејане / међупрегрејане паре, [°C]	540
Притисак међупрегрејане паре, [bar]	24,5
Температура загрејаног ваздуха, [°C]	300
Температура излазних димних гасова, [°C]	160

Основни подаци о блоку А4

Блок А4, називне снаге 308,5 MW, уведен је у експлоатацију 1978. године. Котао је са сагоревањем угљеног праха у лету са уграђеном решетком за догоревање, принудном цирку-

лацијом и међупрегревањем паре. Произведен је у СЕС, Словачка. Турбину и генератор произвео је ЦЕМ, Француска. Основне пројектне карактеристике котловског постројења дате су у табл. 2 [3].

Основни подаци о електрофилтерским постројењима

Хоризонтални електрофилтери произвођача „ELWO“, из Пољске уграђени су (по два по блоку) на блоковима ТЕ „Никола Тесла“ А1 и А2 током 2005/2006 године и служе за прецишћавање димних гасова који настају током сагоревања лигнита, сл. 1 [2].

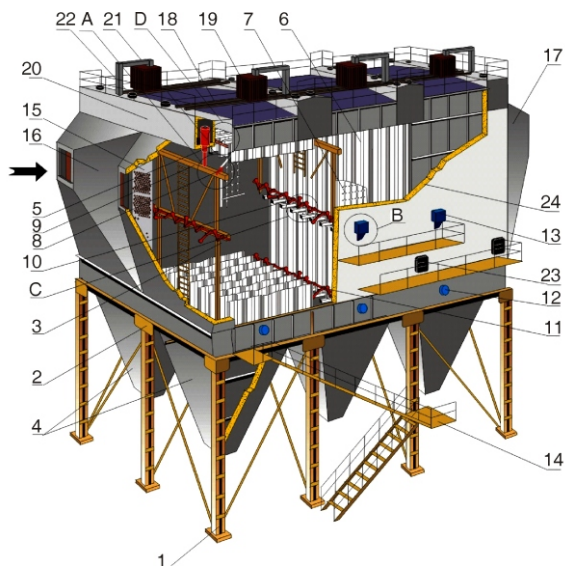
На блоку А4 ТЕ „Никола Тесла“ уграђена су два електрофилтера по Лургијевој лиценци типа 2ХЕКЕ2-52/12/2х12-6/250 произведена од стране ЗВВЗ из некадашње ЧССР. То су електрофилтери са две коморе, а свака комора је издељена на две секције. Иза улазних конуса, а испред комора су уграђени перфорирани лимови који треба да обезбеде равномерно струјање димних гасова дуж коморе, уз истовремено механичко отпашивање улазне струје димног гаса. Свака секција је опремљена са по два левка за скупљање летећег пепела, што чини укупно осам левкова по електрофилтеру. Из левкова се пепео даље води системом за прикупљање пепела до багерске

Таблица 2. Основне пројектне карактеристике котловског постројења за блок А4

Назив величине / параметра	Вредност
Номинална продукција паре, [t/h]	920
Притисак прегрејане паре, [bar]	177,5
Температура напојне воде, [°C]	254
Температура прегрејане / међупрегрејане паре, [°C]	540
Притисак међупрегрејане паре, [bar]	37,9
Број одузимања	7
Температура излазних димних гасова, [°C]	170

Слика 1. Електрофилтерско постројење уграђено на блоковима А1 и А2

(1) – носећа конструкција, (2) – лежишће електрофилтера, (3) – кућиште (комора) електрофилтера, (4) – левкови за пепео, (5) – овешња шаложних електрода кућишта високог напона, (6) – шаложна електрода, (7) – емисиона електрода, (8) – овешње емисионих електрода, (9) – овесни рам емисионих електрода, (10) – ошресачи емисионих електрода, (11) – ошресачи шаложних електрода, (12) – погон шаложних електрода, (13) – погон емисионих електрода, (14) – сипеништа, (15) – елементи за сировођење, (16) – дифузор, (17) – конфузор, (18) – носећа конструкција сећа исправљача високог напона, (19) – исправљачи високог напона, (20) – кућиште високог напона, (21) – овесни изолатор, (22) – регулатор ревизионог отвора, (23) – ревизиони отвор, (24) – термоичка изолација



станции и даље на депонију пепела и шљаке. Електрофилтери су опремљени са два типа емисионих електрода и једним типом таложних електрода. На улазним секцијама уграђене су емисионе електроде типа ISODYN, а на излазним секцијама типа ASTEROID.

Реконструкција електрофилтерских постројења

Испоручилац опреме је имао задатак да испоручи нова постројења код којих концентрација прашкастих материја иза електрофилтера треба да износи до 50 mg/m^3 , због задовољавања законских норми, исто тако, то је један од техничких захтева, за улазне параметаре постројења за одсумпоравање (добијање гипса задовољавајућег квалитета за комерцијалну употребу). Захтеване излазне концентрације су остварене повећањем површине електрода електрофилтера и побољшањем и увођењем нових техничких решења електричног напајања секција.

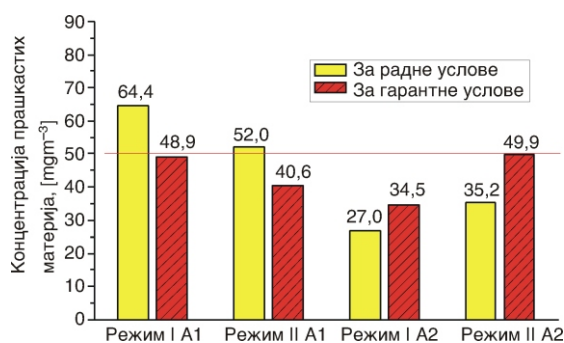
У табл. 3 дате су основне техничке карактеристике пре и после реконструкције електрофилтерских постројења на блоковима А1, А2 и А4 на ТЕ „Никола Тесла”.

Резултати испитивања реконструисаних електрофилтерских постројења

Да би се верификовали уговорени параметри за реконструисана електрофилтерска постројења било је потребно извршити гаранцијска испитивања, која је по уговору са инвеститором ПД ТЕ „Никола Тесла” извршила Лабораторија за термотехнику и енергетику Института за нуклеарне науке „Винча”, према Програму гаранцијских испитивања које је дао инвеститор, заснованог на стандарду ИСО 9096.

Према програмском задатку за блокове А1 и А2 извршена су по два испитивања за сваки блок, за дефинисане радне режиме (режим I ~90% и режим II ~70% номиналне снаге блока).

На сл. 2 приказани су резултати испитивања емисије прашкастих материја на блоковима А1 и А2 за сва четири испитивана радна режима [2]. За прерачунавање



Слика 2. Резултати испитивања емисије прашкастих материја на блоковима А1 и А2

вредности на гарантне услове коришћене су корективне криве које је прописао произвођач. Гарантни услови дефинишу садржај кисеоника од 6% у сувом димном гасу на температури 273 К и при притиску од 101325 Па.

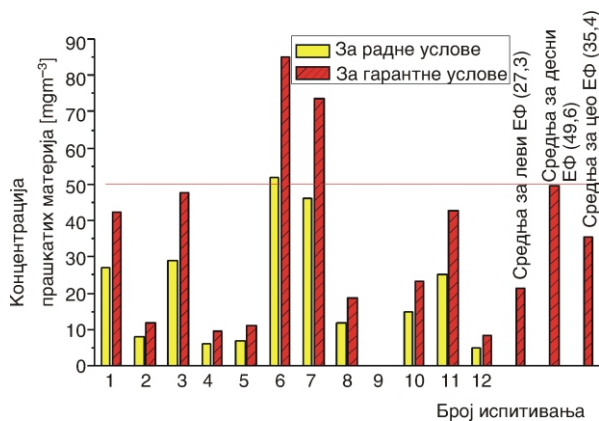
На блоку А4 су извршена испитивања за два различита режима електричног напајања електрода електрофилтера (континуално и импулсно) при 100% номиналне снаге блока, односно према програму гаранцијских испитивања у-

Таблица 3. Основне техничке карактеристике електрофилтера (ЕФ) пре и после реконструкције [4]

Техничке карактеристике за један ЕФ	Стари ЕФ	Нови ЕФ
Блокови А1/А2		
Година пуштања блока / реконструкције ЕФ	1970	2005-А2 2006-А1
Број поља – секција	2	4
Активна дужина ЕФ, [m]	4,5 + 4,5	2,5 + 5,0 + 5,0 + 2,5
Активна висина електропоља, [m]	9,5	15
Проток димних гасова, нормални услови, влажан гас, [Nm ³ /h]	680 000	650 000
Пројектовани степен отпрашивања, [%]	98,5	99,9
Секундарни напон – вршна вредност без оптерећења, [kV]	78	106
Секундарна струја – средња вредност за поље, [mA]	1500	1000 2000
Блок А4		
Година пуштања блока / реконструкције ЕФ	1978	2007
Број поља – секција	4	4 Надвишено и продужено кућиште
Активна дужина ЕФ, [m]	5,98 + 5,98	3,5 + 3,5 + 3,5 + 3,5
Активна висина електропоља, [m]	12	15
Проток димних гасова, нормални услови, влажан гас, [Nm ³ /h]	731 000	729 000
Пројектовани степен отпрашивања, [%]	99,0	99,9
Секундарни напон – вршна вредност без оптерећења, [kV]	90	106
Секундарна струја – средња вредност за поље, [mA]	1600 за све секције	1700 за све секције

купно је извршено 12 испитивања електрофилтера. При 7 испитивања електрично напајање електрода електрофилтера је било у континуалном режиму (испитивања број 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7), док је при 5 испитивања електрично напајање било интермитентно (испитивања број 8, 9, 10, 11 и 12). Због неадекватних положаја мерних равни (због недовољне дужине праволинијског дела канала испред мерне равни) равномерност струјног поља у мерном пресеку је неодговарајућа, па су сходно договору поједина испитивања обављена истовремено у мерним равнима испред и иза вентилатора димног гаса. Резултати испитивања емисије прашкастих материја на блоку А4 [3] приказани су на сл. 3.

Након испитивања, одбачен је један резултат на десном електрофилтеру (испитивање број 9) јер је констатовано да је у мерну сонду и њен филтер упала крупна честица која потиче из наслага канала и тиме пореметила регуларност поступка мерења.



Слика 3. Резултати испитивања емисије прашкастих материја на блоку А4

Имајући у виду примењену методологију, поступке испитивања као и рад котловског и електрофилтерског постројења у реалним радним условима, добијене су следеће вредности концентрација прашкастих материја на излазу из електрофилтера за гарантне услове:

- за леви електрофилтер на основу 6 испитивања (испитивања број 1, 2, 4, 5, 11 и 12) средња вредност је 21,27 mg/m³,
- за десни електрофилтер на основу 5 испитивања (испитивања број 3, 6, 7, 8 и 10) средња вредност је 49,6 mg/m³.

Концентрација прашкастих материја на излазу за гарантне услове за цело електрофилтерско постројење на блоку ТЕ „Никола Тесла А4” је 35,4 mg/m³.

Поред гаранцијских испитивања, током 2008. године, извршена су и периодична испитивања емисије прашкастих материја у ваздух на свим блоковима ТЕ „Никола Тесла”. Измерена емисија прашкастих материја износила је: на блоку А1 276 mg/m³, на блоку А2 109 mg/m³ и на блоку А4 48 mg/m³ [5]. На блоковима А1 и А2 измерене вредности су више од прописаних граничних вредности (50 mg/m³), и то након реконструкције електрофилтера, што доводи до закључка да је потребно извршити оптимизацију рада котловског постројења, односно, потребно је подесити систем сагоревања и остварити добру заптивеност котла, чиме би се омогућило да електрофилтерско постројење ради на пројектованим параметрима протока и температуре димних гасова.

Закључак

Електропривреда Србије, у складу са својим могућностима, улаже значајна средства у модернизацију својих постројења, јер као приоритет има смањење емисије штетних и опасних материја у ваздух.

Измерене емисије прашкастих материја, на блоковима А1 и А2, износиле су до 2000 mg/m³ пре реконструкције електрофилтерских постројења, а након реконструкције емисија је сведена испод 50 mg/m³ за гарантне услове. Учешће блокова А1 и А2 у укупној емисији честица летећег пепела, после реконструкције електрофилтерских постројења, износи 21% у 2006. години у ТЕ „Никола Тесла А” [6], што је знатно мање у односу на 66% пре реконструкције.

На блоку А4 емисија прашкастих материја 2006. године износила је 92 mg/m³ [6], док је након реконструкције сведена на вредност нижу од 50 mg/m³, односно на 35,4 mg/m³ за гарантне услове.

На основу извршених мерења, обрађених резултата и извршених хемијских анализа може се закључити да су реконструисана и модернизована електрофилтерска постројења на испитиваним блоковима А1, А2 и А4 ТЕ „Никола Тесла” испунила гаранцијске вредности концентрација прашкастих материја на излазу из електрофилтерског постројења.

Периодична мерења у 2008. години показала су пораст емисије прашкастих материја на блоковима А1 и А2 на 47% у односу на укупну емисију ТЕ „Никола Тесла” А. На овим блоковима је потребно извршити и оптимизацију рада котловских постројења, чиме би се постигли пројектовани параметри протока и температуре димних гасова који су неопходни за успешан рад електрофилтерских постројења.

Литература

- [1] ***, Заштита животне средине, ЈП ЕПС, Београд, јун 2009.
- [2] Стефановић, П., Перковић, Б., Ерић, М., Гаранцијска испитивања електрофилтера на блоковима А1 и А2 термоелектране „Никола Тесла” у Обреновцу, НИВ-ЛТЕ-347, Београд, 2007.
- [3] Стефановић, П., Перковић, Б., Ерић, М., Гаранцијска испитивања електрофилтера на блоку А4 термоелектране „Никола Тесла” у Обреновцу, НИВ-ЛТЕ-387, Београд, 2008.
- [4] Кисић, Д., Жбогар, А., Милић, М., Ђеран, Н., Стругар, Г., Стефановић, П., Ерић, М., Смањење емисије прашкастих материја после реконструкције електрофилтерских постројења у ТЕ „Никола Тесла А”, *Зборник на комјактн диск*, Симпозијум „Електране 2008”, Врњачка Бања, 2008.
- [5] Гаврић, М., Влајчић, А., Чеперковић, Б., Зелена књига Електропривреде Србије, ЈП ЕПС, Београд, 2009.
- [6] ***, Стање животне средине у ЈП ЕПС за 2006. годину, ЈП ЕПС, Београд, 2007.

Abstract

Reduction Verification of the Particulate Matter Emission after Electrostatic Precipitators Reconstruction at Units A1, A2, and A4 of the TPP “Nikola Tesla”

by

Milić D. ERIĆ, Predrag Lj. STEFANOVIĆ, and Dragica M. KISIĆ

- ¹ Laboratory for Thermal Engineering and Energy,
Vinča Institute of Nuclear Sciences, University of Belgrade, Belgrade, Serbia
- ² Electric Power Industry of Serbia, Belgrade, Serbia

Electric Power Industry of Serbia have to coordinate their operation in compliance with EU requirements related on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants up to 2016. Among other measures, the reconstructions of the electrostatic precipitators on the residue units was planned until 2015.

In period between 2004-2007 the reconstructions of the electrostatic precipitators of the TPP "Nikola Tesla" A units were performed (A1, A2, A4, and A5). Suppliers of electrostatic precipitators was guaranteed the outlet concentration of particulate matter 50 mg/m³ and it was also confirmed by the guarantee investigations in accordance with standard ISO 9096. The reduction of the outlet concentration of particulate matter was achieved by increasing of height and number of collecting electrodes, adding one additional field of electrodes and enhancement of current and voltage characteristics of electrostatic precipitator sections.

This paper presents the results of the guarantee investigations which confirm guaranteed outlet concentration of particulate matter for the reconstructed electrostatic precipitators.

Key words: *particulate matter, emission, electrostatic precipitator, reconstruction*

* Corresponding author; e-mail: milic@vinca.rs

Рад примљен: 20. фебруара 2010.

Рад прихваћен: 8. марта 2010.

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд
621.36
ТЕРМОТЕХНИКА : часопис термичара Србије =
Journal of Thermal Engineers of Serbia /
главни и одговорни уредник Љубомир Јовановић. –
Год. 1, бр. 1 (1975) - . - Београд: Друштво термичара
Србије : Институт за нуклеарне науке „Винча”,
Лабораторија за термотехнику и енергетику, 1975-. - 24 cm
Тромесечно
ISSN 0350-218X = Термотехника
COBISS.SR-ID 829700