

**Здравко Н. Миловановић\*, Винко Л. Бабић**

Машински факултет Бања Лука, Универзитет у Бањој Луци,  
Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина

## Пројена поузданости термоенергетских постројења на макронивоу

Стручни рад

UDC: 621.311.22:620.98

*Након одређивања поузданости најкритичнијих компоненти термоенергетског постројења, применом математичког апарата заснованог на елементима из теорије поузданости, уз коришћење статистичке теорије и теорије вероватноће, обавља се прорачун поузданости на заданом интервалу целог постројења. Појом се, аналогно анализи сprovedеној у првом приближењу, сроводи поновни прорачун у другом приближењу, који користи резултате добијене применом активности за све компоненте које узрокују минимум 80% непредвиђених засвоја, при чему постројење припремљени и анализирани сви релевантни подаци везани за тренутно стање конкурентности постројења. Да би се одредио начин подизања нивоа конкурентности, неопходно је извршити поређење са најбољом праксом (benchmarking), затим дефинисати оптимални ниво конкурентности у техничко-економско-словном смислу, на основу преходног поређења коме треба тежити, као и израдити програм подизања нивоа конкурентности и контроле релевантних параметара током процеса даље експлоатације. С обзиром да су активности на елаборацији програма и имплементацији активности на подизању конкурентности постројења за производњу енергије и процесних постројења, мултидисциплинарне и засноване само на рутинизираним вештинама углавном експерименталним, постројењу велики број потенцијалних извора ризика услед нивоа незадовољства у реализованим користима након имплементације програма у постројењу. Постројењу, услед овог, спецификација и евалуација за потенцијалне изворе ризика у термоенергетском постројењу, који функционису као део више хијерархије система за производњу енергије.*

*Кључне речи: термоенергетско постројење, макро-ниво, поузданост, пројена ризика*

### Увод

Након одређивања поузданости најкритичнијих компоненти термоенергетског постројења, применом математичког апарата заснованог на елементима из теорије поузданости, уз коришћење статистичке теорије и теорије вјероватноће, обавља

---

\* Одговорни аутор; електронска адреса: mzdavko@urc.rs.ba

се прорачун поузданости на задатом интервалу цијелог постројења. Потом се, аналогно анализи спроведеној у првом приближењу (претходна процјена стања), спроводи поновни прорачун у другом приближењу, који користи резултате добијене примјеном активности за све компоненте које узрокују минимум 80% непредвиђених застоја, при чему постоје припремљени и анализирани сви релевантни подаци везани за тренутно стање конкурентности постројења [2, 3].

Да би се одредио начин подизања нивоа конкурентности, неопходно је извршити поређење са најбољом праксом (*benchmarking*), затим дефинисати оптимални ниво конкурентности у техничко-економско-пословном смислу (на основу претходног поређења коме треба тежити), као и израдити програм подизања нивоа конкурентности и контроле релевантних параметара током процеса даље експлоатације.

### Пројена поузданости постројења на макронивоу

Када се одреди поузданост најкритичнијих компонената, полазећи од упрошене шеме термоенергетског постројења, примјеном математичког апарата теорије поузданости, заснованог на статистици и теорији вјероватноће, прорачунава се поузданост на задатом интервалу цијелог постројења, коришћењем следеће једначине:

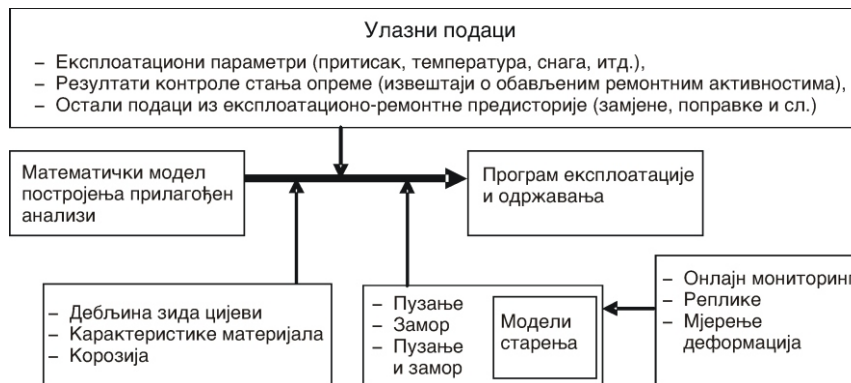
$$\tau_f = A \frac{T^2}{\sigma^3} \exp \left( - \frac{U_0}{RT} - \sum_{i=1}^n \frac{\Delta U_i}{RT} - \sum_{i=1}^n \frac{\gamma \sigma_i}{RT} \right) \quad (1)$$

Повезивање техничких и пословно-економских показатеља, обавља се преко квалитативног коефицијента ефикасности пословања постројења [1]:

$$K_0 = \frac{\int_0^{T_{sl}} \rho_1 P(t_p) P(T_{sl, \gamma}) N_\gamma P(N_\gamma) P(t_{\gamma, o}) \exp(-\chi t) dt}{\int_0^{T_{sl}} C Z(t) \exp(-\chi t) dt \int_0^{T_{sl}} \delta \int_{i=1}^n t_{i\gamma} \exp(-\chi t_i) dt_i} \quad (2)$$

гдје су:  $K_0$  – коефицијент ефикасности;  $\rho_1$  – доходак у јединици времена или по циклусу;  $P(t_p)$  – вјероватноћа рада без отказа постројења на временском интервалу  $t_p$ ;  $P(T_{sl, \gamma})$  – вјероватноћа достизања периода експлоатације  $T_{sl, \gamma}$  са вјероватноћом  $\gamma$ , израженом у процентима (гама-процентни ресурс);  $N_\gamma P(N_\gamma)$  – број радних циклуса  $N_\gamma$ , који може бити достигнут са вјероватноћом  $\gamma$ , и вјероватноћа у процентима достизања тог броја циклуса (гама-процентни број експлоатационих циклуса);  $P(t_{\gamma, o})$  – ако је постројење у резерви, то је вјероватноћа да ће за период  $t_{\gamma, o}$  (треба обезбиједити да овај интервал буде достигнут са вјероватноћом  $\gamma$ ) објекат бити спреман да стартује из резерве;  $\chi$  – коефицијент који узима у обзир дисконтирање;  $C$  – цијене компонената и материјала утрошених током експлоатације и одржавања;  $Z(t)$  – трошкови експлоатације;  $\delta$  – специфични трошкови одржавања у јединици времена.

Помоћу израза (2) може се моделирати понашање постројења са аспекта конкурентности. Повезивање података из експлоатације и одржавања обавља се на начин показан на сл. 1.



Слика 1. Дијаграм повезивања параметара експлоатације и контроле, са параметрима одржавања

Када се оформи програм оптималне експлоатације и одржавања, допуњује се програмом оптималног пословања на макро нивоу, чиме се на нивоу постројења додатно оптимизирају показатељи конкурентности.

Да би се одредио начин подизања нивоа конкурентности, неопходно је извршити следеће активности: поређење са најбољом праксом, затим дефинисање оптималног нивоа конкурентности у техничко-економско-пословном смислу, а на основу претходног поређења коме треба тежити, као и израда програма подизања нивоа конкурентности и контроле релевантних параметара током процеса даље експлоатације.

#### Поређење са најбољом праксом (*benchmarking*)

Да би се одредио циљ у смислу нивоа и обима повећања активности на подизању конкурентности постројења, мора да се изврши поређење са аналогним постројењем, одабраним као аналог (узор) у смислу најбоље праксе. Поређење треба да буде правилно оптимизирано, с циљем добијања недвосмислених закључака по унапријед дефинисаним циљевима, који се реално могу достићи.

Реализацију поређења треба организовати рјешавањем редом следећих активности [4].

*Планирање.* Планирање се обавља у смислу разраде активности из области, до детаља који су свима разумљиви. Обухвата разраде техничко- и економско-пословних функција експлоатације и одржавања на основу података, разврстаних и

анализираних у претходним модулима, на начин погодан за поређење (свођењем података на релевантне показатеље типа *KPI's*, итд.), токова поменутих функција, показатеља квалитета постројења, као што су раније дефинисани параметри *KPI's*, *OEE*, еколошки показатељи (овдје треба разговетно анализирати пословно окружење, важеће прописе и могуће промјене које се у догледно вријеме очекују, итд.), дефинисања очекивања власника постројења у области експлоатације и одржавања, разврставања функција, које су се показале као погодне за интерну активност, а која обухвата изнајмљивање, анализу обучености особља, анализу ефективности радног процеса, анализу мјерних показатеља, итд., као и анализу правних питања, с циљем дефинисања обима, метода и осталих активности на начин користан за постројење.

*Тражење њарџнера за њоређење.* Обавља се на основу усвојених критеријума и одговора на следећа питања:

- Која постројења, на основу доступних показатеља, показују боље резулате из области које су од интереса, а на основу показатеља дефинисаних планирањем?
- Шта се може поредити и научити (усвојити) од постројења која су потенцијални кандидати за поређење?

*Посмаџрање одабраног њосџројења.* Своди се на схватање мисије процеса одржавања постројења, показатеље конкурентности, начин на који се мјере релевантне перформансе, вид организације који се примјењује, културу експлоатације и одржавања, одређивање начина међусобне комуникације, како би јасно били изложени проблеми и било омогућено усвајање рјешења примијењених најбољом праксом.

*Анализа.* Обухвата одређивање природе разлика између два разматрана постројења, квантификацију тих разлика, карактеристике показатеља супериорности најбоље праксе, планове активности, који умањују дефинисану разлику и свде је на оптималан (прихватљив) ниво.

*Прилагођавање.* Обухвата рјешавање проблема типа: како имплементирати успјешност најбоље праксе на разматраном (свом) постројењу, до ког нивоа и на који начин редефинисати дотадашњи начин мјерења перформанси, како повезати међусобне организационе шеме, да би се примјенила побољшања, итд.

*Побољшање.* Побољшање најчешће захтијева недвосмислено одређивање промјена у смислу активности које воде до задатог оптимума у нивоу конкурентности, затим израду плана активности које побољшавају дотадашње показатеље, као и одређивање програма управљања процесом побољшања (а потом и одржавања) постројења у оквирима задатог нивоа конкурентности. Потребно је, без задршке, максимално ослободити проток релевантних информација, уз поштовање принципа заштите одређених података у смислу поштовања ауторских права и њиховог задржавања у интерној употреби, при чему треба користити унапријед договорене контакте.

### **Дефинисање оптималног нивоа конкурентности у техничко- и економско-пословном смислу**

На основу изведена анализе и поређења са најбољом праксом, дефинише се ниво конкурентности који је исплативо достићи кроз увођење оптималног управљања показатељима конкурентности постројења (*asset management*) и потом током експлоатације одржавати. Активности се свде на одређивање показатеља из једн. (1) на основу резултата анализе извршене по модулима и након поређења свих релевантних показатеља са најбољом праксом. Ово подразумева следеће.

*Дефинисање нивоа техничког ризика од непредвиђених застоја*, које обухвата ниво оптималне поузданости, који се одређује за сопствено постројење у првом приближењу, на начин показан изразом (1), а на основу раније утврђеног алгоритма, а потврђује поређењем са најбољом праксом. Овај податак се допуњује додатном анализом на основу усвојеног алгоритма, гдје се компоненте које изазивају 80% и више непредвиђених застоја анализирају до резултата појединачне поузданости, да би се затим, аналогно моделу показаном изразом (1), поузданост у другом приближењу уопштила на ниво постројења (када се дефинише матрица ризика, јасно ће се издвојити системи, подсистеми и компоненте које треба третирати, да би се оптимизирала поузданост и расположивост постројења). Уз анализу трошкова и поређењем са најбољом праксом добијају се релевантни подаци за:

- *Процедуру експлоатације и њекуће одржавања*, која треба да једноставно и јасно омогући управљање, контролу и мјерење свих релевантних техничко- и економско-пословних параметара експлоатације и одржавања.
- *Програм активности ремонта и предвиђених застоја*, који ће бити спровођени на основу закључака произашлих из анализа по одређеним модулима. Програм ремонта, поред осталог садржаваће оптималан програм испитивања компонента, затим оптималну технологију ремонтних активности, која треба да са минимумом трошкова донесе максимум поузданости постројења, као и начин евидентирања извршених активности.
- *Начин мјерења релевантних показатеља конкурентности*, како би се омогућило поређење са најбољом праксом у било ком тренутку. Поређења су од пресудног значаја за разумијевање да ли је управљање конкурентношћу постројења на правом курсу или није.

*Ниво оптималних инвестиција*. Ниво оптималних инвестиција у подизање особина конкурентности постројања обухвата улагања у системе надзора и управљања (*SCADA*, нпр.), ако не постоје у потребном обиму, затим улагања у софтвер, који помаже у праћењу и анализама експлоатације и одржавања, као и улагања у постројења за подизање еколошких показатеља постројења (ако ови показатељи не одговарају важећим стандардима и нормативима) и постројења за подизање енергетске ефикасности постројења на оптимални ниво.

На крају, поред подизања конкурентности постројења све ове мјере подижу и његову вриједност на тржишту и олакшавају унапређење постројења која ће бити предмет наредних разматрања, јер већ постоји база података коју треба додатно прилагођавати, чиме се активности на подизању конкурентности значајније поједностављују.

### **Технички ризици на реализацији бенефиција током разраде програма и имплементације активности на подизању конкурентности енергетских и процесних постројења**

С обзиром да су активности на разради програма и имплементацији активности подизања конкурентности енергетских и процесних постројења, мултидисциплинарне и засноване само дијелом на рутинским вјештинама, а углавном на експертским и експерименталним, постоји више извора ризика од незадовољавајућег нивоа реализованих бенефиција након имплементације програма на постројењима [5]. Технички ризици, који се могу јавити, могу имати одређене посљедице.

*Нетачност ии улазних података.* Ако су подаци о узроцима непредвиђених застоја нетачни, доћи ће до погрешног закључка која опрема представља највиши ниво ризика по поузданост и расположивост података. Због тога ће и акције на подизању конкурентности бити у одређеном обиму нетачне, што даље утиче на ниво бенефиција, па се може догодити да се не поврате уложена средства. Начини умањења оваквог ризика су кроз обезбјеђење додатних гаранција од особља термоенергетског постројења и дефинисања форме за податке, прихваћене од стране свих судионика у процесу.

*Несавршеност методологије рада на програму.* С обзиром да се ради о сложеним мултидисциплинарним активностима које су технолошки повезане високим нивоом међузависности, морају се предузети следеће мјере: активности се морају подијелити на подјелине, које се могу раставити у активности само ако су свим учесницима јасни резултати и ако су јасно презентована очекивања од наставка разраде, како би се ти резултати могли поредити са предвиђањима (активности се не настављају ако није јасан ред величине могућих грешака и непоузданости у верификацији резултата), затим све активности и њихова динамика морају да се разраде на начин који је свим учесницима јасан, као и у случају недостатка знања за верификацију резултата текућих активности, треба укључити стране ауторитете из области појединих научних дисциплина.

*Проблеми током реализације програма подизања конкурентности постројења.* Имплементација програма је посљедња активност којом се директно остварују бенефиције. С обзиром да програм активности не може бити толико једноставно и једнозначно употребљив да се може “механички” примјењивати, неопходно је да особље задужено за примјену програма активно учествује и на вријеме, у ходу, врши корекције када примјети да поједине активности не воде у жељеном правцу. То све захтијева натпросјечну посвећеност, која се може обезбиједити кроз награђивање особља постројења дијелом остварених бенефиција. Организација рада мора бити постављена на начин који олакшава иницијативу уз довољно дјелотворну контролу. Ту се подразумијева, прије свега јасан и правовремен проток информација. Организациона шема мора бити прихваћена од свих учесника. Ови, такође, морају бити обучени за задатке које раније нису имали у пракси. Култура рада мора бити унапријеђена

у смислу да нема неефикасне унутрашње конкуренције. Тренингом и организационим иновацијама треба неефикасну конкуренцију унаприједити у сарадњу и позитивну конкуренцију. Посебно се мора посветити пажња доношњу одлука на бази управљања ризиком. Мора се унаприједити технологија рада, која ће наведене ризике свести на оптималну мјеру. То се прије свега односи на увођење информационих технологија, али у оптималном обиму како се не би искомпликовао радни амбијент и снизила сама ефикасност рада.

### **Закључак**

Активности на оптимизацији и каснијем одржавању показатеља конкурентности процесних и енергетских постројења су мултидисциплинарне, рутинске и експертске, високо вриједне у смислу инвестиција и врло сложене са правног аспекта. Резултат програма подизања конкурентности биће, између осталог, процедуре припремљене на начин погодан за анализу са аспекта управљања. На бази тих процедура урадиће се програм управљања конкурентношћу у будућности.

Методологија, позната у англосаксонској литератури “Strategic Asset Management”, примијењена на термоенергетска постројења има одређене предности у односу на класични начин управљања који је коришћен раније, јер се мијења укупна филозофија експлоатације, одржавања и пословних односа унутар фирме, на начин који подиже и одржава конкурентност енергетских и процесних постројења на оптималном нивоу. При томе, уз технички аспект ризика од неуспјеха током реализације активности на оптимизацији конкурентности термоенергетских постројења, постоје и пословни ризици којима треба управљати током процеса.

Стварање основе за статистичко праћење особина постројења истог типа са аспекта експлоатације и одржавања је од непроцјенљивог значаја у смислу поређења са најбољом праксом. Пошто су све релевантне особине на којима почива конкурентност постројења вјероватносно-статистичког карактера, централизовано праћење и поређење што већег броја ових показатеља истовремено повећава тачност процјена и верификује начин закључивања у ком правцу и до ког нивоа ићи у измјенама и побољшањима. Централизација се прво реализује на нивоу државе, а након тога, зависно од могућности, проширује на регион.

### **Литература**

- [1] Баратаев, Ю. Ф., Острейковский, В. А., Статистический анализ надежности объектов по ограниченной информации, Энергоатомиздат, Москва, 1995
- [2] Бакић, Г., Шијачки-Жеравчић, В., Одређивање времена до лома нисколегираних челика изложених пузању помоћу микроструктурних параметара – I део, *Инжењринг и век конструкција*, 3 (2003), 1, 23–30
- [3] Бакић, Г., Шијачки-Жеравчић, В., Одређивање времена до лома нисколегираних челика изложених пузању помоћу микроструктурних параметара – II део, *Инжењринг и век конструкција*, 3 (2003), 2, 85–92
- [4] Katukoori, V. K., Standardizing Availability Definition, University of New Orleans, New Orleans, La., USA, 1995

- [5] Klimstra, J., Power Plant Operation Optimisation through Business Partnership, POWER-GEN, Europe, Barcelona, Spain, May 25-27, 2004
- [6] Nicodema, O., Van Den Plas, P., Re-Engineering: the Key to Successful Modernization of Your Plant Control, POWER-GEN, Europa, Düsseldorf, Germany, May 6-8, 2003

## Abstract

# Estimation of Reliability of Thermo-Energy Plants on Macro-Level

by

*Zdravko N. MILOVANOVIĆ\**, and *Vinko BABIĆ*

**Faculty of Mechanical Engineering, University of Bawaluka, Bawaluka, Republik of Srpska, Bosnia and Herzegovina**

By implementation of mathematical application of theory of reliability, based on statistics and theory of possibility, after identification of reliability for the most critical components in thermo-energy plant, calculation of reliability is performed on given interval of the entire plant. Following this procedure, parallel with analyses executed in the first proximity, one more calculation is performed in the second proximity, which uses results obtained by implementation of activities for all components that cause minimum of 80% of unexpected intermissions, along side which are prepared and analysed all relevant data regarding current condition of industrial competitiveness of the plant. In order to define the way to raise the level of competitiveness, it is necessary to compare procedures with the best practices (benchmarking), defining optimal level of industrial competitiveness in technical, economical-business sense, and based on previous comparison that we aim for, creation of program for raising the level of industrial competitiveness, and control for relevant parameters during process of further exploitation. Considering that the activities on elaboration of the program and implementation of activities for raising industrial competitiveness of energy generating and processing plants, are multi-disciplinary and based only partly on routine skills, and mainly on expert and experimental, there is number of risk sources from unsatisfactory level of realised benefits after implementation of the program in the plant. There is, in respect to this, specification and evaluation given for possible sources of risk in thermo-energy plant, which functions as a part of higher hierarchy energy-generating system.

*Key words: thermo-energy plant, macro-level, reliability, risk assessment*

\*Corresponding author; (Z. Milovanović)  
e-mail: mzdravko@urc.rs.ba