

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/344634719>

SAVREMEN PRISTUP UPRAVLJANJA ODRŽAVANJEM I OTKAZIMA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

Conference Paper · October 2018

CITATIONS

0

READS

14

3 authors, including:



Sasa Dragoljub Milic

Nikola Tesla Institute of Electrical Engineering

48 PUBLICATIONS 110 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Nikola Miladinović

Nikola Tesla Institute of Electrical Engineering

8 PUBLICATIONS 10 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Increase of power efficiency, reliability and availability of EPS power plants by asserting capability curves of generators and by applying new methods of testing and remote monitoring - No. TR 33024 [View project](#)



R D2 11

SAVREMEN PRISTUP UPRAVLJANJA ODRŽAVANJEM I OTKAZIMA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

**SAŠA D. MILIĆ*, NIKOLA M. MILADINOVIĆ
ELETROTEHNIČKI INSTITUT NIKOLA TESLA
DEJAN P. CVETKOVIĆ
EPS DISTRIBUCIJA DOO BEOGRAD**

BEOGRAD

SRBIJA

Kratak sadržaj — U Elektroenergetskom sistemu Srbije, kao tehnički složenom i prostorno distribuiranom sistemu sa slojevitom organizacionom i upravljačkom strukturom i u uslovima poslovanja na tržištu koje gravitira većoj liberalizaciji, veoma je bitno kontrolisano i stalno uvoditi novine koje prate, kako tehničku modernizaciju i proširenje proizvodnih kapaciteta, tako i nove strategije upravljanja održavanjem (MMS), otkazima (OMS) i opremom (AMS). U radu je prikazan okvir jedinstvene strategije kroz sintezu više modernih teorija koje su direktno ili indirektno primenjive u MMS-u, OMS-u i AMS-u. Detaljno su prikazane i za potrebe EES-a prilagođene strategije upravljanja dobrima (AM) i upravljanja rizicima (RM). Analizirane su strategije donošenja odluka na bazi drugih teorija. S obzirom da su profit i održavanje u većinom sukobu, predložen je okvirni pristup koji treba da izbalansira ova dva zahteva, ali i da unapredi pomenute strategije sa ciljem unapređenja poslovanja EES-a uvažavajući potrebe za energetskom efikasnošću i energetski održivom razvoju.

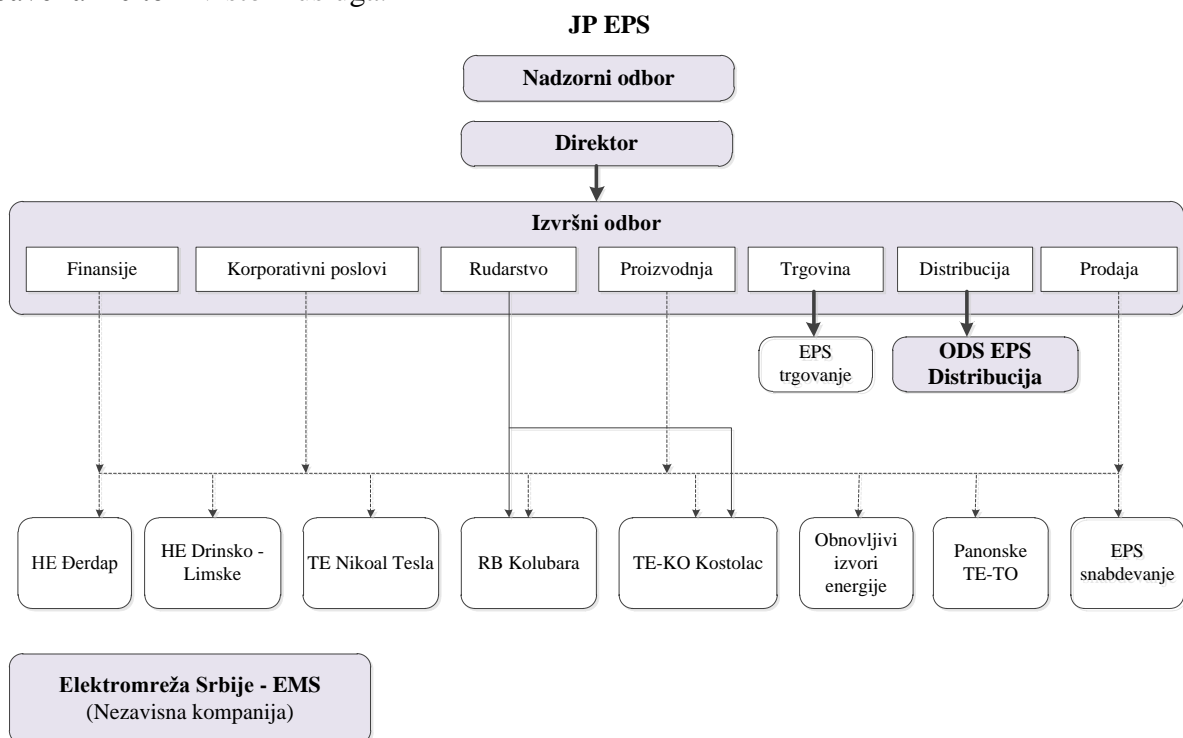
Ključne reči — Elektroenergetski sistem, upravljanje održavanjem i otkazima, upravljanje rizicima, upravljanje dobrima, algoritam za donošenje odluka.

* Koste Glavinića 8a, 11000 Beograd, Srbija
s-milic@ieent.org

1 UVOD

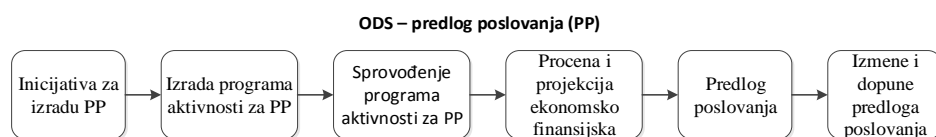
Poslednjih desetak godina, u elektroenergetskom sektoru (EES) Srbije je primetno uvođenje i primena većeg broja teorija i strategija u cilju poboljšanja i unapređenja poslovanja. Sa tehničkog aspekta, pomenute strategije i teorije se primenjuju u oblastima upravljanja, održavanja, kontrole i daljinskog nadzora. Sa aspekta donošenja odluka (*making decision*) i planiranja, primena novih teorija i strategija je značajna jer direktno utiče na povećanje energetske efiksnosti, smanjenje troškova, racionalnije planiranje i donošenje odluka na bazi sveobuhvatnih analiza stručnih timova smanjujući time potencijalne greške prouzrokovane nedovoljnim brojem informacija, ili njihovom sporom i neblagovremenom analizom.

Glavni elektroenergetski subjekti u EES-u su proizvodni, prenosni i distributivni kapaciteti električne energije (tradicionalna podela – slika 1) [1]. Međutim, pored pomenutih subjekata, tržište električne energije čine još i finansijska i osiguravajuća društva i kompanije koje se bave različitom vrstom usluga.



Slika 1 Struktura elektroenergetskog sistema Srbije

Kada se govori o EPS-u, kao složenom elektroenergetskom sistemu, koji se stalno menja i unapređuje, treba napomenuti da se i planiranje poslovanja stalno unapređuje i modifikuje kako na nivou cele kompanije tako i na nižim nivoima ogranaka i sektora. Tokovi i procedure planova poslovanja (PP) su strogo definisani pa je tako npr. na nivou operativnog distributivnog sistema (ODS EPS – slika 2) taj tok definisan:



Slika 2 ODS EPS Distribucija – tok realizacije predloga poslovanja

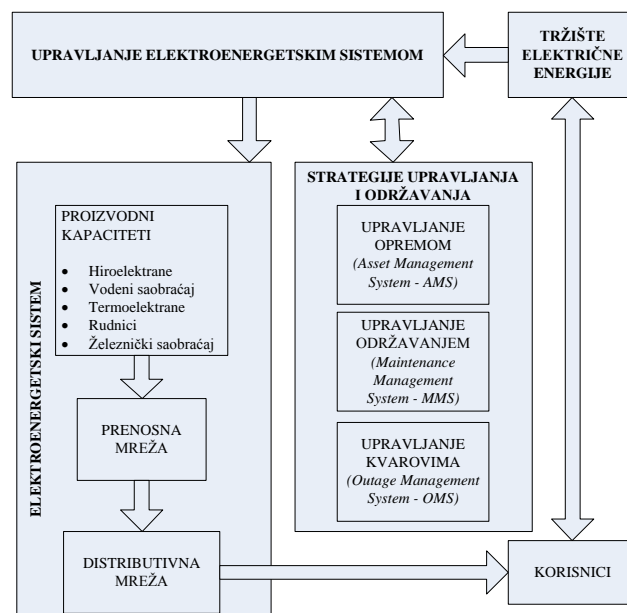
Naime, poslednjih decenija, u EES-u je primetan trend deregulacije. On se ogleda u permanentnom prelasku sa neprikosnovenih monopola, najčešće državnih, ka njegovoj

značajnijoj liberalizaciji. Uočeno je da ovaj proces definiše drugačije uslove poslovanja i zahteva uvođenje novih strategija u oblasti planiranja, upravljanja i održavanja. Drugim rečima rečeno, u uslovima deregulisanog tržišta, potrebna je promena i unapređenje tradicionalnog pristupa upravljanja uz upotrebu novih poslovnih modela, algoritama i metodologija. Takođe, značajna novina je da na deregulisano tržište utiču korisnici, najčešće preko kompanija koje se bave trgovinom električne energije.

2 UPRAVLJANJE ODRŽAVANJEM I KVAROVIMA

Pojam održavanja u EES-u podrazumeva različite vrste održavanja (podele su brojne: periodična, povremena, održavanje po stanju, planska, neplanska...) koja su značajno unapređena pojavom novih teorija i novih sistema daljinskog nadzora za praćenje velikog broja raznorodnih parametara u realnom vremenu (monitoring sistemi) [2 - 4]. Implementacija SCADA sistema, ekspertskih sistema, centara daljinskog nadzora, modernih programskih rešenja, detekcionih algoritama za proračun i procenu stanja sistema u realnom vremenu, telekomunikacionih i informacionih sistema, korporativnih IT mreža, snažnih servera, baza podataka i računarskih mrežnih komunikacija samo su ubrzali i doprineli naglom unapređenju održavanja kapitalne opreme i proizvodnih ciklusa električne energije u celini.

Za potrebe upravljanja u EES-u, kao značajne inovativne i praktično primenljive teorije, izdvojene su: procena i upravljanje rizicima (RA - risk assessment i RM - risk management) i upravljanje dobrima (AM - asset management). U užem smislu, AM podrazumeva upravljanje tehničkom opremom u pogonu, dok su izdvojeno prepoznati: upravljanje održavanjem (maintenance management) i upravljanje kvarovima (outage management) (slika 3). Upravljanje otkazima terminološki označava niz aktivnosti koje se planski ili prinudno sprovode sa ciljevima upravljanja životnim vekom kapitalne opreme [5], predikcije kvarova, adekvatnim i blagovremenim delovanjem u havarajskim situacijama, praćenjima uočenih degradacija i potencijalnih kvarova i njihovo sprečavanje ili umanjeње potencijalne štete.



Slika 3 Mesto i uloga modernih strategija upravljanja u elektroenergetskom sistemu [4]

Procesi racionalizacije, uštede, energetske efikasnosti i deregulacije tržišta električne energije sa sobom nose stalnu potrebu za smanjenjem troškova održavanja i smanjenjem troškova skladištenja rezervnih delova i opreme. Iz ovoga proizilazi da je tradicionalna politika

skladištenja rezervnih kapitalnih skupih energetske jedinice poput transformatora i generatora u većoj meri neodrživa.

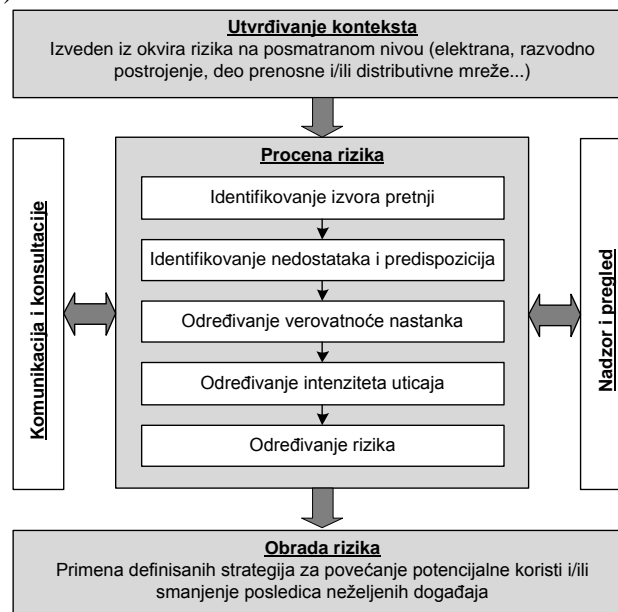
Povećanje energetske efikasnosti se može realizovati kroz dva, uslovno rečeno, odvojena pristupa. Prvi pristup predstavlja skup aktivnosti i mera sa ciljem smanjenja gubitaka podizanjem kvaliteta upravljanja uvođenjem novih tehnologija, mernih metoda i algoritama. Drugi pristup se odnosi na modernizaciju strategija održavanja i primenu modernih sistema daljinskog nadzora koji su u stanju da u realnom vremenu prate veći broj procesnih parametara. Unapređenje održavanja za cilj ima smanjenje broja otkaza i prinudnih zastoja, odnosno podizanja nivoa raspoloživosti i pogonske spremnosti.

3 PRILAGOĐENE STRATEGIJE UPRAVLJANJA ZA POTREBE EES-A

Osnovna ideja ovog rada je prepoznavanje i izdvajanje adekvatnih modernih teorija upravljanja koje se mogu prilagoditi i praktično primeniti u svim aspektima upravljanja i donošenja odluka u EES-u.

3.1 Prilagođena strategija upravljanja rizikom

Prema internacionalnom standardu ISO 31000:2009 rizik je definisan kao efekat neizvesnosti na ciljeve. Ova definicija uključuje i pozitivan i negativan uticaj na ostvarenje ciljeva. U opštem smislu, vezano za elektroenergetski sektor, rizik se može definisati kao neočekivani događaj ili niz okolnosti koji u značajnoj meri smanjuje sposobnost proizvodnih kapaciteta električne energije. Proces upravljanja rizikom je definisan kroz pet osnovnih koraka (prilagođenje urađeno za električne termo i hidro centrale) čiji je nezamenljivi deo upravo procena rizika (slika 4):



Slika 4 Proces upravljanja rizicima (ISO 3100 prilagođeno potrebama EES)

3.2 Modifikovana strategija upravljanja dobrima (AM)

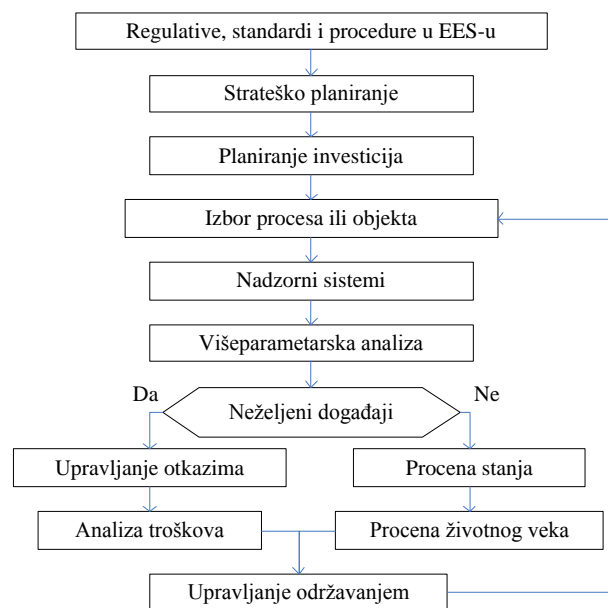
Uloga AM-a je jedna od ključnih sa aspekta upravljanja u elektroenergetskom sektoru, kako proizvodnjom, prenosom i distribucijom, tako i prilikom uvođenja novih tržišnih subjekata. Nove merne metode u sadejstvu sa koncepcijom AM-a imaju za cilj da smanje troškove održavanja i daju tačniju procenu stanja kapitalnih energetske jedinice.

Kada se odnosi na fizička dobra, generalna definicija “Asset Management-a” glasi: “AM je skup disciplina, metoda, procedura i alata koji se koriste u svrhu optimizacije ukupnih troškova, performansi i izloženosti riziku tokom životnog veka“ [5]. Odnosno, efikasno upravljanje dobrima je u suštini postizanje ukupnog balansa između cene, rizika i odgovarajućih performansi sistema (nad kojim se primenjuje AM strategija). Kada se strategija AM-a primenjuje na održavanje, treba istaći, da se u slučaju pojave kvara, od nje pre svega očekuje donošenje ispravne odluke u smislu da li treba izvršiti popravke ili izvršiti kompletnu ili delimičnu zamenu opreme na kojoj se javio kvar.

Na slici 5 je predstavljen unapređen dijagram koji grafički ilustruje opšti princip AM-a primenljiv u EES-u [6, 7].

Prema CIGRE TB 541 [8], značaj AM-a u EES-u je sledeći:

- Procena i praćenje stanja
- Procena životnog veka
- Sakupljanje podataka i informacija
- Upravljanje rizicima, održavanjem i opremom
- Donošenje odluka



Slika 5 Prilagođena strategija upravljanja dobrima (AM)

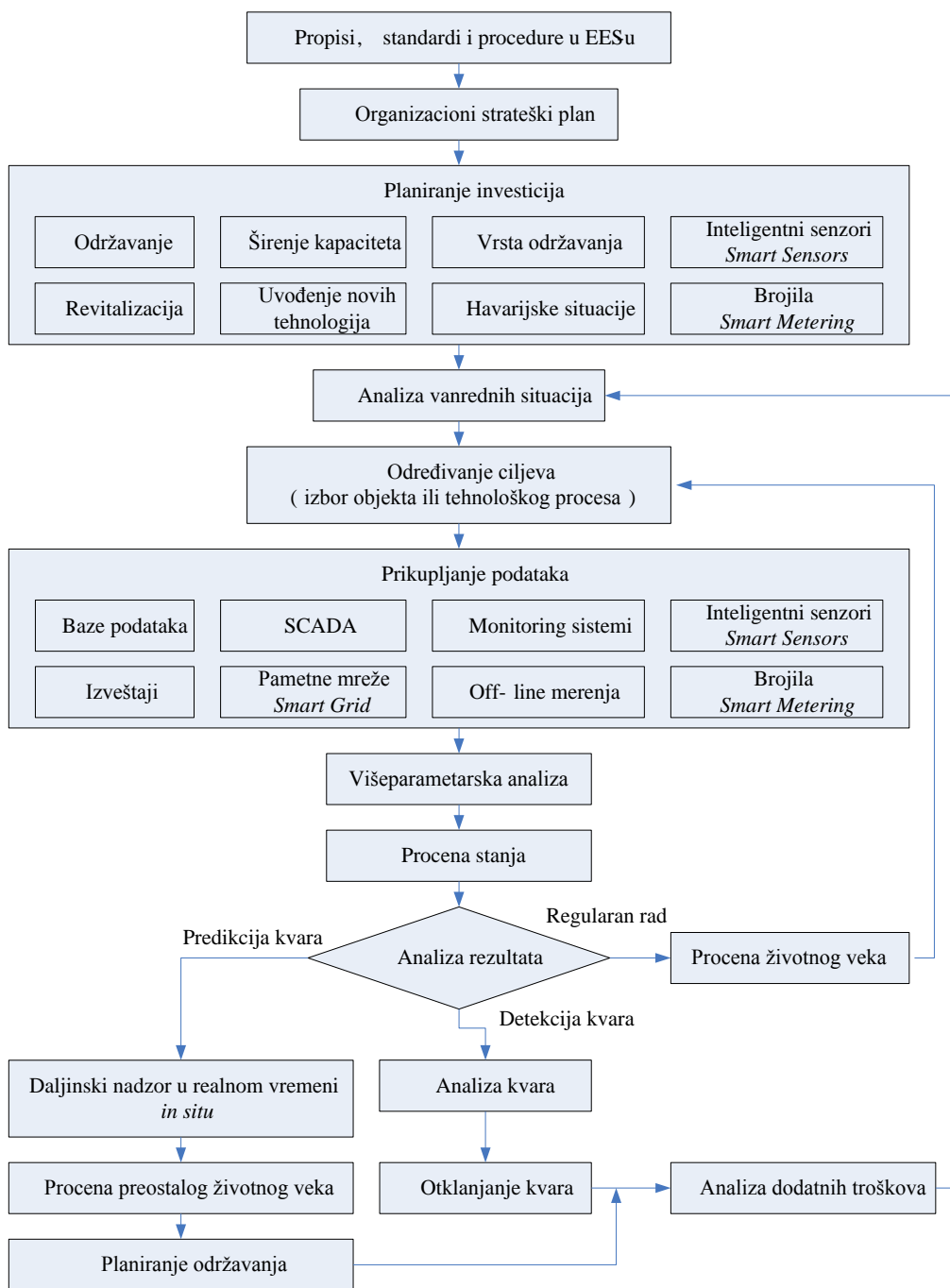
Korist od uvođenja novih mernih metoda se ogleda u unapređenju održavanja i prelasku sa starih koncepcija održavanja po periodici na nove koncepcije održavanja po stanju, bržoj i efikasnijoj dijagnostici stanja, tačnijoj proceni stanja i životnog veka energetskih proizvodno-prenosnih jedinica i dr. Zajednički podskup za AMS, MMS i OMS upravo čini oblast koja se bavi daljinskim nadzorom (monitoringom) procesnih parametara gde su primenjene brojne merne i dijagnostičke *on-line* i *off-line* metode koje su najčešće ujedno i *in-situ* metode, radi merenja i analize velikog broja proizvodnih i eksploatacionih parametara u realnom vremenu u realnim pogonima i realnim uslovima.

3.3 Proces donošenja odluka – *making decision*

Proces donošenja odluka [8 - 12], odnosno odlučivanje, je danas prerastao u teoriju kojom se bave istraživači iz više raznorodnih disciplina. Jedna od detaljnijih podela (u teoriji ih ima više) ukazuje da je proces odlučivanja podeljen u jedanaest osnovnih faza:

1. Evidentiranje problema
2. Rangiranje problema
3. Definicija problema
4. Sakupljanje činjenica (podataka)
5. Predviđanje budućnosti
6. Formiranje modela
7. Rešavanje problema (modela)
8. Vrednovanje rezultata
9. Donošenje odluke
10. Kontrola izveštaja
11. Analiza posledica tog izveštaja

Na slici 6 je prikazan modifikovan algoritam baziran na teoriji AM-a sa ciljem da se da praktičan polazni okvir procesu donošenja odluke u EES-u. Složen i zahtevan proces predstavlja donošenje odluka “*making decision*” na bazi većeg broja raznorodnih podataka i informacija. Ovaj proces se dodatno usložnjava kada se u njega unesu različiti stavovi i mišljenja stručnjaka ili se raspolaže sa nedovoljno informacija ili su one čak nepouzidane [9].



Slika 6 Algoritam za donošenje odluka na bazi modifikovane i unapređene strategije AM-a

Ovde treba iskomentarisati da je intuitivno donošenje odluka najniži nivo procesa odlučivanja. Ovaj nivo je najčešće diskutabilan i u tehnici se teži da njegov uticaj bude što manji. Međutim, takođe treba biti obazriv sa ovom konstatacijom jer stručna, radna i upravljačka iskustva i višegodišnja znanja u nedefinisanim situacijama, u situacijama havarija, nepogoda i velikih nesreća, mogu imati ključnu ulogu u brzom odlučivanju, kada su vremenski okviri uski i/ili kada je neophodno brzo doneti odluku bez mogućnosti prethodnih analiza i sa malo raspoloživih pouzdanih podataka.

4 ZAKLJUČAK

Današnji trendovi i finansijska klima na tržištu električne energije diktiraju stalnu potrebu za unapređenjem poslovanja u elektroenergetskom sektoru Srbije (EES). Za potrebe definisanja metodologije odlučivanja, a sa ciljem smanjivanja mogućih subjektivnosti u procesu donošenja odluka, analizirane su moderne teorije upravljanja i izvršena je njihova sinteza u jedinstvenu strategiju, u vidu algoritma prikazanog u radu. Uloga teorije upravljanja dobrima (AM) je jedna od ključnih sa aspekta upravljanja u EES-u, kako proizvodnjom, prenosom i distribucijom, tako i prilikom uvođenja novih tržišnih subjekata. Ukazano je na potrebu modernizacija postojećih strategija upravljanja dobrima (opremom) (AMS), održavanjem (MMS) i otkazima (OMS) i predložena je unapređena strategija upravljanja u EES-u na bazi teorije rizika i teorije vezane za procese donošenja odluka. Pomenuta strategija je praktično predstavljena u vidu složenog algoritma koji je prevashodno razvijen za potrebe održavanja i koji jasno ukazuje na sve neophodne korake i tokove, kako odlučivanja, tako i akcija i procedura u slučajevima pojave kvara. Predstavljen algoritam je vrlo lako moguće modifikovati i primeniti i za druge potrebe EES-a, kao što su npr. investicije, snabdevanje, tržišno poslovanje i dr. Algoritam svoju univerzalnost iskazuje i na taj način što na jedinstven način tretira sve ogranke i sva preduzeća EES-a.

5 ZAHVALNICA

Rad je nastao u okviru projekta TR 33024 „Povećanje energetske efikasnosti, pouzdanosti i raspoloživosti elektrana EPS-a utvrđivanjem pogonskih dijagrama generatora i primenom novih metoda ispitivanja i daljinskog nadzora”, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

6 LITERATURA

- [1] Organizaciona šema EPS-a. Dostupno na: <http://www.eps.rs>
- [2] Douglas J. Smith, IEng, Senior Editor, “Remote Monitoring”, Published: Mar 1, 2004. Available: <http://www.power-eng.com/articles/print/volume-108/issue-3/features/remote-monitoring.html>
- [3] Sasa D. Milic, “Comprehensive concept of diagnostic centre in electrical power system”, Proc. *10th Mediteran Conference on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion - MedPower 2016*, Belgrade, Serbia, pp. 1-7, November 06-09, 2016.
- [4] Saša Milić, Denis Ilić, "Uloga dijagnostičkog centra u upravljanju održavanjem, kvarovima i opremom", Zbornika radova, ISBN: 978-86-82317-75-3, *CIGRE – Srbija, 16. Simpozijum - Upravljanje i telekomunikacije u elektroenergetskom sistemu - STK C2 i D2*, Kladovo, Srbija, oznaka rada R2 D2 12, strane: 244 – 251, 26-30. oktobar 2014.
- [5] CIGRÉ Working Group A2-18, Publication 227: “Life management techniques for power transformer”, 2003.
- [6] CIGRÉ TB 495 CIGRE, WG D2.29: „Communication Access to Electrical Energy Cosumers and Producers”, April 2012.
- [7] T. K. Mahakul, S. Baboo, S. Patnaik, “Implementation of enterprise asset management using IT tools: A case study of IB thermal power station”, *Journal of Ingormation Technology Management*, ISSN 1042-1319, Vol. XVI, No. 4, 2005.
- [8] CIGRE WG C1.25: ‘Asset Management Decision Making using different Risk Assessment Methodologies’, Technical Brochure 541, June 2013.
- [9] Saša Milić, Dejan Misović, Milan Ponjavić: "Primena teorije fazi logike za donošenje odluka u elektroenergetskom sektoru", XVI međunarodni naučno-stručni Simpozijum

Infotech-Jahorina 2017, Zbornik radova Vol.16, ENS-1.1 (21), Jahorina, Republika Srpska, 22-24 mart 2017, Strane: 39-43.

- [10] S. Milić, D. Salamon: "Sinteza modernih teorija analize, kontrole i upravljanja sa ciljem donošenja optimalnih odluka u elektroenergetskom sektoru", CIGRE - Srbija 33. savetovanje, zbornik radova R C1 - 05, Zlatibor, Srbija, 05. jun - 08. jun 2017.
- [11] Lotfi A. Zadeh: "Fuzzy Sets", *Information and Control*, pp: 338-353, 1965.
- [12] G. Feng: "A Survey on Analysis and Design of Model-Based Fuzzy Control Systems", *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 14, Issue 5, pp: 676-697, October 2006.

MODERN APPROACH TO MAINTENANCE AND OUTAGE MANAGEMENT IN POWER SYSTEMS

SAŠA D. MILIĆ*, **NIKOLA M. MILADINOVIĆ**
ELECTRICAL ENGINEERING INSTITUTE NIKOLA TESLA
DEJAN P. CETKOVIĆ
EPS DISTRIBUTION BELGRADE

BELGRADE

SERBIA

Abstract —The Electric Power System of Serbia is a technically complex and spatially distributed system that has a layered organizational and complex management structure. Under market conditions, this system seeks to strive for greater liberalization and, therefore, it is very important that it is constantly upgraded and modernized. From the above it is concluded that the necessary application and improvement of modern management and maintenance strategies such as maintenance management (MMS), outage management (OMS) and asset management (AMS). This work was created from the need to develop a unique framework strategy through the synthesis of several modern theories that are directly or indirectly applied in MMS, OMS and AMS. Asset management (AM) and risk management strategies (RM) have been detailed and analyzed for the needs of the power system. Decision-making strategies and other theories were analyzed. Traditionally, profit and maintenance are in the constant conflict. The proposed approach should balance these two requirements, but also to improve the mentioned strategies in order to improve the performance of power system, while respecting the need to improve the energy efficiency and energy sustainability.

Key words —Power system, maintenance management, outage management, asset management, risk management, making decision algorithm.

* Koste Glavinića 8a, 11000 Belgrade, Srbija
s-milic@ieent.org