

OPTIMALNA POVEZAVA MED KAKOVOSTJO IN VLAGANJI V ELEKTROENERGETSKI DISTRIBUCIJSKI SISTEM

Zvonko TOROŠ

POVZETEK

Članek obravnava kakovost električne energije v elektroenergetskem distribucijskem sistemu v povezavi z vlaganji. Določeni sta bili dve kriterijski funkciji: za hibridni kazalec kakovost Q in za pripadajoča vlaganja C . Z dvokriterijsko optimizacijo je bil opravljen izračun optimalnih vlaganj za izbrano želeno ali določeno kakovost.

ABSTRACT

The present article deals with quality of electrical energy within distribution power system connected to the cost. Two objective functions were determined: for hybrid quality index Q and costs C . The proposed two criteria of optimization can be used to calculate the optimal amount of investment in order to archive maximum quality.

1. UVOD

Obvladovanje kakovosti električne energije, ki zajema načrtovanje kakovosti, spremljanje kakovosti in zagotavljanje želenega nivoja kakovosti električne energije distribucijskega elektroenergetskega sistema, je bilo podrobneje obravnavano v [1]. Danes je kakovost temeljno merilo elektroenergetskega distribucijskega sistema, posebej če upoštevamo dejstvo, da sloni celoten obstoj in razvoj sodobne družbe na uporabi električne energije. V trenutno veljavnih dokumentih najdemo ne povsem poenoteno terminologijo v zvezi s kakovostjo električne energije. Podzakonski akt o posredovanju podatkov o kakovosti [2] uporablja pojem kakovosti oskrbe z električno energijo. V sistemski študiji [3] najdemo v samem naslovu kot tudi v tekstu pojem kakovost električne energije. Podlaga za določitev kakovosti električne energije elektroenergetskega distribucijskega sistema izhaja iz [4] in [5] je določena na tri načine. Zaradi enotnega razumevanja so v nadaljevanju ti načini predstavljeni na treh ravneh: stalnost (neprekinjenost) napajanja, kakovost napetosti po standardu SIST EN 50160, komercialna kakovost. V prehodnem obdobju, dokler ni kakovost v celoti določena z zakonodajo in ni medsebojno terminološko usklajena ter v praksi sprejeta, lahko prihaja do različnih razlag kakovosti, zlasti v zvezi s prvo ravno kakovosti. Vsaka izmed ravnj je določena za ločeno vrednotenje in spremljanje. Vrednost posamezne ravni kakovosti smo izrazili s kazalci, ki imajo ali dosegaajo ustrezen nivo. Sistemski kazalec prekinitev SAIFI = 5 na primer pomeni nivo petih prekinitev v opazovanem časovnem okviru, praviloma v enem

letu. Kakovost električne energije je v slovenski zakonodaji obravnavana v predpisih **[Error! Bookmark not defined.]**, **[Error! Bookmark not defined.]**, [6], [7], [8] in [9]. Zagotavljanje finančnih sredstev za kakovost električne energije je določeno administrativno **[Error! Bookmark not defined.]**. Prakse v svetu so različne, vendar so enotne v tem, da se določajo administrativno [10] in da se vedno upošteva samo posamezni kazalec kakovosti [11], [12]. Primerjave med sistemskimi operaterji distribucijskega omrežja, ki zajamejo področje kakovosti električne energije, se izvaja praviloma s primerjalnimi »benčmarking« študijami [13]. Pri tem se izpostavlja predvsem učinkovitost poslovanja, ki je praviloma povezana z zmanjševanjem stroškov.

V nadaljevanju sta obdelani temeljni vprašanji: kolikšna sredstva so potrebna za vzpostavitev in zagotavljanje zelenega nivoja kakovosti oziroma kakšen nivo kakovosti lahko pričakujemo pri vnaprej določenih finančnih sredstvih in kakšna so optimalna vložena sredstva za predvideni želeni nivo ali za obstoječi nivo kakovosti električne energije.

2. KAKOVOST IN VLAGANJA

2.1 Kakovost

Da odgovorimo na zastavljeni vprašanji o povezavi med sredstvi in kakovostjo in kakšna so optimalna sredstva, je treba najprej opredeliti vplive na kakovost oziroma poiskati ustrezne medsebojne povezave. Vprašanje optimiranja vlaganj je pomembno in aktualno in pomeni iskanje notranjih rezerv, pri čemer ne smemo zanemariti varnosti obratovanja in izpolnjevanja osnovne zahteve distribucijskega elektroenergetskega sistema, to je nediskriminatoren dostop za prenos električne energije, in kot že omenjeno ustrezne kakovosti. V članku smo predstavili nov način prikazovanja kakovosti električne energije elektroenergetskega distribucijskega sistema [14]. Kakovost električne energije distribucijskega elektroenergetskega sistema smo ovrednotili s (skupnim) hibridnim kazalcem kakovosti. Hibridnost tako pomeni združevanje različnih kazalcev z različnimi lastnostmi v (skupni) hibridni kazalec kakovosti. Hibridni kazalec kakovosti električne energije je prikazan enotno v relativnih vrednostih znotraj intervala [0,1]. Članek obravnava samo prvo raven kakovosti, to je stalnost (neprekinjenost) napajanja, ki se nanaša na število in trajanje prekinitev. Podlago najdemo v poglavju o prekinitvah napajanja [15].

Z vstopom v Evropsko unijo je Slovenija sprejela vrsto obveznosti, med njimi tudi to, da prenese direktive s področja električne energije v nacionalno zakonodajo. Takoj po vstopu je Slovenija postala tudi članica Sveta evropskih energetskega regulatorjev CEER (Council of European Energy Regulators). Združenje redno izdaja poročila. V podpoglavju je podan pregled obravnave kakovosti električne energije znotraj EU s poudarkom na prvi ravni kakovosti električne energije – stalnost (neprekinjenost napajanja). Poročilo združenja, poglavje 2 gradiva **[Error! Bookmark not defined.]**, obravnava vse tri ravni kakovosti. V uvodu najdemo zapis, da bi v popolnem svetu morala biti električna energija stalno na voljo. V realnem svetu, ki ima omejitve, je prva raven kakovosti električne energije stalnost (neprekinjenost napajanja) najpomembnejša, vendar omejena znotraj tehničnih in finančnih

možnosti. Uvodoma se poročilo dotakne problema povezave med vlaganji in kakovostjo električne energije. Načrtovanje in obratovanje naj bi bilo tako, da je število in trajanje prekinitev sprejemljivo za odjemalce brez nesprejemljivo visokih stroškov. Pojasnjeni so osnovni pojmi kot na primer: prekinitev, načrtovane in nenačrtovane prekinitve. Poudarjeno je, da pretežni del prekinitev nastaja v srednjenapetostnem omrežju, kar smo upoštevali kot poenostavitev problema. Vse države EU izvajajo stalni nadzor nad kakovostjo električne energije (monitoring), vendar so precejšnje razlike med državami glede na vsebino kot na primer definicija višje sile, kazalci spremljanja kakovosti.

V svetovnem merilu so začeli intenzivneje uporabljati kazalce zanesljivosti v zadnjih desetih letih [16], najprej množično v Združenih državah Amerike [17] in [18].

Prva raven kakovosti stalnost (neprekinjenost napajanja) je določena s številom prekinitev in s trajanjem prekinitev. Uporabljena sta kazalca SAIFI, ki prikazuje kolikokrat je bila končnemu odjemalcu povprečno letno prekinjena električna energija, in SAIDI, ki prikazuje povprečni čas v enem letu, ko je končni odjemalec brez oskrbe z električno energijo. Neprekinjenost napajanja z električno energijo je pogojena tako z izbranim sistemom delovanja (obratovanja) srednjenapetostnega omrežja kot tudi z vlaganji v posodobitve in ima mejne vrednosti. Pri tem je mišljeno število prekinitev in trajanje prekinitev. Za zmanjševanje števila prekinitev in zmanjševanje trajanja prekinitev se izvajajo naslednji pomembnejši ukrepi [**Error! Bookmark not defined.**]: vzankanje z uporabo klasičnih rešitev in z uporabo sodobnih srednjenapetostnih vodov, kabliranje srednjenapetostnega omrežja, uporaba agregatov pri planiranih delih, vgradnja sistemov majhnih moči za brezprekinitveno napajanje napetostno občutljivih naprav pri odjemalcih, vgradnja shunt odklopnikov in drugi primeri.

Navedeni ukrepi prispevajo h kakovosti, ker zmanjšujejo čase trajanja prekinitev, ne morejo pa prekinitev v celoti odpraviti. Najpomembnejša sta prva dva ukrepa. Vzankanje srednjenapetostnega omrežja pomeni, da imamo možnost napajanja odjemalcev tudi v primeru okvare na napajalnem vodu, ker v tem primeru odjemalca prekopimo na drugi del zanke, ki ni v okvari. Zaradi sistema ozemljevanja nevtralne točke ta ukrep prispeva k skrajšanju časa, v katerem je odjemalec brez napajanja, ne more pa preprečiti prekinitve. Zaradi navedenega je zelo pomembno, kako so nadzemni vodi občutljivi na zunanje vplive. Sodobni srednjenapetostni vodi imajo veliko manj prehodnih okvar, zato neposredno zmanjšujejo število prekinitev in tako povečujejo zanesljivost sistema. Drugi ukrep, kabliranje srednjenapetostnega omrežja, pomeni znatno zmanjševanje zunanjih vplivov na prekinitve. Istočasno se čas posamezne nenačrtovane prekinitve bistveno podaljša. Prav tako je treba spremeniti konfiguracijo omrežja, da se omili negativni vpliv kabliranja, to je čas trajanja prekinitev oziroma popravi. Prva dva ukrepa omogočata skrajšanje časa prekinitev, vendar ne odpravljata v celoti prekinitve. Tretji ukrep - uporaba agregatov pomeni zmanjševanje načrtovanega trajanja prekinitev in se je že uveljavil v praksi. Četrty ukrep - vgradnja sistemov majhnih moči za brezprekinitveno napajanje napetostno občutljivih naprav pri odjemalcih - je v domeni odjemalcev in nanj vplivajo zunanje vzpodbude. Poleg navedenih načinov za povečanje kakovosti električne energije, ki se že izvajajo, poznamo še nove sistemske načine, kot so: vgradnja shunt odklopnikov kot dopolnitev (večine) obstoječih načinov obratovanja srednjenapetostnih vodov, zamenjava ali dograditev sistema ozemljevanja srednjenapetostnega omrežja in drugi načini, kot na primer nadgradnja obstoječega

elektroenergetskega distribucijskega sistema. Prvi zgoraj navedeni sistemski način povečanja kakovosti pomeni bistveno zmanjševanje števila kratkotrajnih prekinitev in je primeren za vgradnjo v obstoječi sistem ozemljevanja nevtralne točke srednjenapetostnega omrežja. Ta način povečanja je tudi najcenejši [Error! Bookmark not defined.] in po drugi strani vpliva na celotno distribucijsko omrežje. Poznamo še druge dopolnilne ukrepe, kot na primer povečanje kratkostične moči z ojačitvijo omrežja.

S ponavljanjem izračunov kazalcev kakovosti SAIFI in SAIDI v odvisnosti od vpeljanih spremenljivk (stopnje vzankanosti r_{VZ} , stopnje pokablitev r_{KB} , čas za vzpostavitev normalnega obratovalnega stanja T_r) pridobimo karakteristike »obnašanja« opazovanega omrežja. Na ta način smo pridobili oziroma »posneli« karakteristike (kazalce) za nenačrtovane prekinitev ($SAIFI_{Ne}$ in $SAIDI_{Ne}$) in načrtovane prekinitev ($SAIFI_{Na}$ in $SAIDI_{Na}$) omrežja v odvisnosti od izbranih treh spremenljivk. Na podlagi tako pridobljenih karakteristik smo lahko izračunavali hibridne kazalce kakovost Q v odvisnosti od kazalcev $SAIFI_{Ne}$, $SAIFI_{Na}$, $SAIDI_{Ne}$ in $SAIDI_{Na}$ ter treh spremenljivk r_{VZ} , r_{KB} in T_r .

$$Q = Q(SAIFI_{Ne}, SAIFI_{Na}, SAIDI_{Ne}, SAIDI_{Na}, r_{KB}, r_{VZ}, T_r) \quad (1)$$

2.2 Potrebna vlaganja

Stanje prve ravni kakovosti električne energije - stalnost spremljamo s pomočjo predpisanih zahtev, kot na primer redna mesečna poročila za regulatorja trga in redna notranja četrtletna poročila. Na podlagi tako ugotovljenih vrednosti o kakovosti lahko napovedujemo, kakšna bo kakovost v bližnji prihodnosti, in ocenjujemo, kakšna bo kakovost v prihodnosti ob predpostavki, da se pogoji poslovanja in drugi gospodarski pogoji ne bodo bistveno spremenili. Tovrstno napovedovanje in ocenjevanje kakovosti služi za načrtovanje potrebnih investicijskih sredstev za zagotavljanje kakovosti oziroma za ugotavljanje, ali dosednji obseg vlaganj v kakovost zagotavlja tudi v prihodnosti želeni nivo kakovosti. Ocenjevanje kakovosti v povezavi z investicijami je določeno tudi v razvojnem načrtu distribucijskega omrežja [19] pod točko 6.5 Ocena učinkov investicijskih vlaganj glede na kakovost oskrbe, ki je podana v povezavi s pričakovanji izboljšanja sistemskih kazalcev neprekinjenosti $SAIFI$ in $SAIDI$. Avtor prispevka [20] je obravnaval povezavo investicij s kakovostjo električne energije, in sicer z uporabo recipročnih kazalcev kakovosti prve ravni kakovosti. V prispevku ugotavljamo, da se v opazovanem obdobju kakovost, prikazana s temi recipročnimi kazalci, ohranja oziroma minimalno povečuje.

Potrebna vlaganja C za kakovost Q (1) smo izračunavali v odvisnosti od kazalcev stroškov zaradi prekinitev in trajanja prekinitev S , investicijskih stroškov za zagotavljanje kakovosti V in stroškov vzdrževanja S_v ter izbranih treh spremenljivk r_{KB} , r_{VZ} in T_r .

$$C = C(S, V, S_v, r_{KB}, r_{VZ}, T_r). \quad (2)$$

3. NOVI NAČIN OCENJEVANJE STANJA KAKOVOSTI IN POTREBNIH VLAGANJ

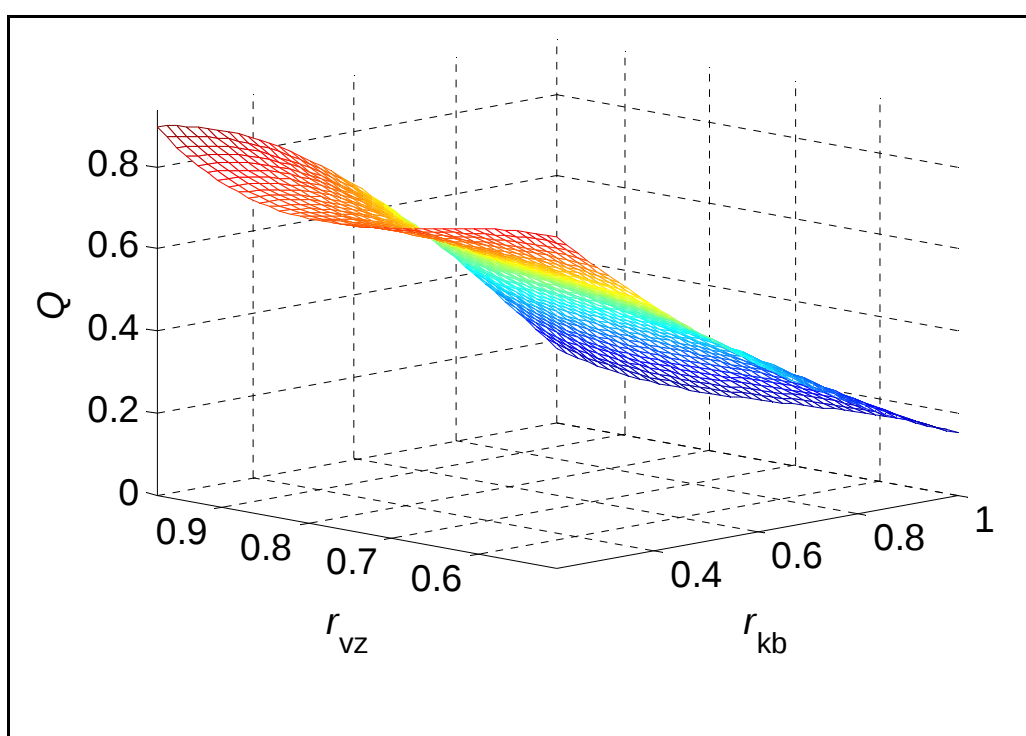
Povezavo med hibridnim kazalcem kakovosti Q in vlaganji C v povezavi s spremenljivkami r_{KB} , r_{VZ} in T_r določata kriterijski funkciji za Q in C .

Funkcijsko povezavo med hibridnim kazalcem kakovosti Q in izbranimi spremenljivkami zapišemo kot:

$$Q = Q(SAIFI_{Ne}, SAIFI_{Na}, SAIDI_{Ne}, SAIDI_{Na}, r_{KB}, r_{VZ}, T_r),$$

$$Q \in [0, 1]; r_{KB} [r_{KB0}; 1]; r_{VZ} [r_{VZ0}; 1]; T_r [12; 48] \quad (3)$$

Kakovost opredeljena z izrazom (3) pomeni hibridni kazalec kakovosti električne energije in je sestavljena iz kazalcev števila nenačrtovanih in načrtovanih prekinitev ter trajanja prekinitev in je prikazan na sliki 1. Slika predstavlja funkcijsko odvisnost hibridnega kazalca kakovosti v odvisnosti od spremenljivk r_{KB} , r_{VZ} in spremenljivke časa popravila pri $T_r = 48$ ur.



Slika 1: Kakovost Q v odvisnosti od vzkanjanja, kabliranja in časa popravila $T_r = 48$ ur

Funkcijsko povezavo med vlaganji C in izbranimi spremenljivkami zapišemo kot:

$$C = C(r_{KB}, r_{VZ}, T_r)$$

$$r_{KB} [r_{KB0}; 1]; r_{VZ} [r_{VZ0}; 1]; T_r [12; 48] \quad (4)$$

$$C = S + V + S_V [€]$$

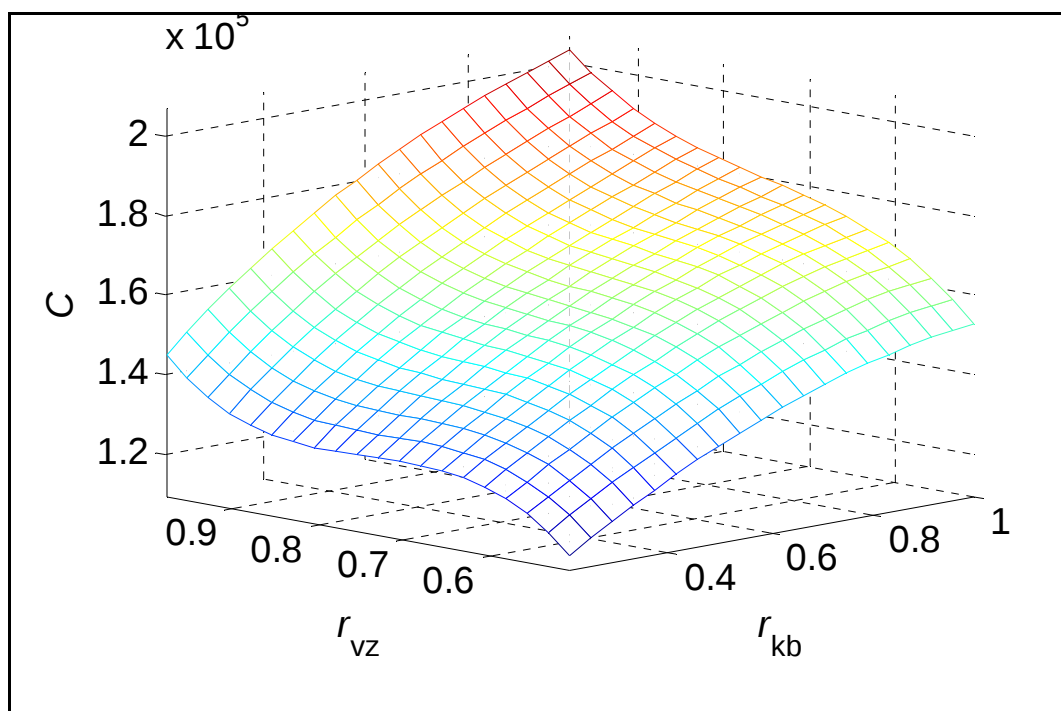
Kjer pomeni:

S stroški zaradi prekinitev in trajanja nenačrtovanih in načrtovanih prekinitev,

V investicije (stroški) za zagotavljanje kakovosti,

S_V stroški zaradi vzdrževanja.

Vlaganja C so opredeljena z izrazom (4). Pomenijo potrebna vlaganja z narodnogospodarskega vidika za zagotovitev pripadajoče kakovosti, ki je določena s hibridnim kazalcem kakovosti električne energije. Na sliki 2 je prikazan primer izračuna celotnih vlaganj z upoštevanjem izraza (4). Slika predstavlja funkcijsko odvisnost potrebnih vlaganj za zagotavljanje pripadajoče kakovosti v odvisnosti od spremenljivk r_{KB} , r_{VZ} in spremenljivke časa popravila pri $T_r = 48$ ur.



Slika 2: Skupni stroški C v odvisnosti od vzankanja r_{VZ} , kabliranja r_{KB} in časa popravila $T_r = 48$ ur

V globalnem svetu je vedno več zahtev in potreb za nove postopke, procese in sisteme. Zaradi kompleksnosti je treba uporabljati nove optimizacijske metode, ki imajo za posledico pozitivne ekonomske učinke [21], [22]. V našem primeru smo razrešili obravnavani problem; kolikšna sredstva so potrebna za vzpostavitev in zagotavljanje želenega nivoja kakovosti oziroma kakšen nivo kakovosti lahko pričakujemo pri vnaprej določenih finančnih sredstvih. Optimizacijo lahko opišemo kot postopek zmanjševanja neugodnega (neželenega) vpliva ob hkratnem povečevanju ugodnega (želenega) učinka pri opazovanem problemu. Optimizacijski problem v splošnem definiramo kot iskanje minimuma kriterijske funkcije f :

$$\min_{x \in \mathcal{R}^n} f(x) \quad (5)$$

Obravnavani problem iskanja potrebnih minimalnih sredstev za vzpostavitev in zagotavljanje želenega nivoja kakovosti oziroma vprašanje kakšen nivo kakovosti lahko pričakujemo pri vnaprej določenih finančnih minimalnih (omejenih) sredstvih, sta funkcijsko nasprotujoča in zato zanimiva za optimizacijo. Splošno velja, da več vlaganj v kakovost pomeni večjo kakovost oziroma manj vlaganj pomeni manjšo kakovost.

Uporabili smo (3) za hibridni kazalec kakovosti Q in (4) za vlaganja C . Tako zapisani funkciji za Q in C sta dve kriterijski funkciji spremenljivk r_{KB} , r_{VZ} in T_r .

Z večkriterijsko optimizacijo [23] iščemo optimalne rešitve za maksimalno kakovost pri pogoju minimalnih vlaganj. Rešitve predstavljajo prostor med dvema kriterijskima funkcijama, ki limitirajo v minimum vlaganj, v Pareto rob. Pri tem mora biti izpolnjen pogoj vsaj ene kriterijske funkcije.

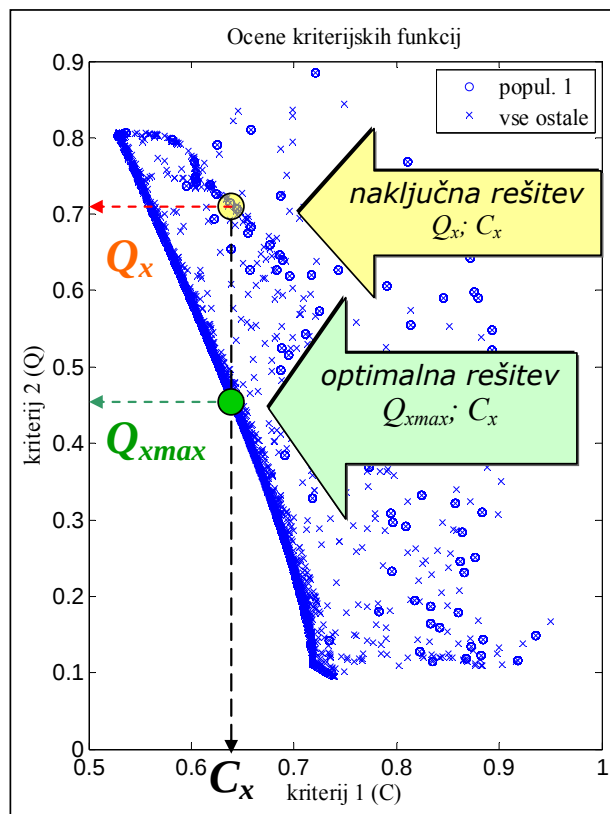
$$\begin{aligned} Q(r_{KB}, r_{VZ}, T_r) &\Rightarrow Q(r_{KBopt}, r_{VZopt}, T_{ropt})_{\max} \text{ in} \\ C(r_{KB}, r_{VZ}, T_r) &\Rightarrow C(r_{KBopt}, r_{VZopt}, T_{ropt})_{\min} \end{aligned} \quad (6)$$

Kjer pomeni:

- r_{KBopt} optimalno razmerje med dolžino kablovodov in vsoto vseh vodov (podzemni in nadzemni),
- r_{VZopt} optimalno razmerje med dolžino vzankanih vodov in vsoto vseh vodov (podzemni in nadzemni),
- T_{ropt} optimalni čas popravila kablovoda.

Z dvokriterijsko optimizacijo pridobimo množico optimalnih rešitev minimalnih vlaganj za izbrane želene vrednosti kakovosti v odvisnosti od spremenljivk. V splošnem ne moremo postaviti trditve o optimumu ene same rešitve »minimalna vlaganja za maksimalno kakovost«, ker zgornja mejna rešitev kakovosti limitira v danem trenutku v tehnološko omejeno rešitev in velja splošno načelo, da se kakovost stalno izboljšuje. Vsakokratni rešitvi želene kakovosti Q_x pripada množica vrednosti potrebnih vlaganj C_x . Tem rešitvam pripadajo optimalna kazalca kakovosti $SAIFI_{opt}$ in $SAIDI_{opt}$ oziroma vrednosti spremenljivk: optimalna stopnja pokablitve r_{KBopt} , optimalna stopnja vzankanosti r_{VZopt} in optimalni čas popravila T_{ropt} . Primer izračuna optimalnih rešitev vlaganj za želeno kakovost je predstavljen na sliki 3. Na sliki so podane vrednosti vseh možnih optimalnih rešitev vlaganj za želeno kakovost v relativnih vrednostih. Za naključno izbrano vrednost kriterijske funkcije C , na primer $C_x=0,64$, lahko imamo množico x rešitev kakovosti Q_x . Z zeleno je označena samo ena optimalna rešitev $Q_{x\max}$. Praktično pomeni, da vsaki želeni ali administrativno določeni vrednosti kakovosti pripada samo ena optimalna (minimalna) vrednost vlaganj. Vrednostim Q_x in C_x pripadajo pripadajoče vrednosti $SAIFI$, $SAIDI$ in spremenljivke: optimalna stopnja pokablitve r_{KBopt} , optimalna stopnja vzankanosti r_{VZopt} in optimalni čas popravila T_{ropt} .

Predstavljena dvokriterijska optimizacijska metoda pomeni, da imamo vedno minimalna vlaganja C_{xmin} za maksimalno vrednost kakovosti Q_{xmax} .



Slika 3: Prikaz večkriterijske optimizacije za kriterijsko funkcijo hibridni kazalec kakovosti Q in kriterijsko funkcijo pripadajoče optimalne rešitve vlaganj C

Predstavljeno orodje lahko služi za pomoč pri načrtovanju kakovosti, zagotavljanju potrebnih optimalnih finančnih sredstev in sprotno nadziranje nad izvajanjem. Omogoča možnost objektivnega določanja želene kakovosti električne energije z upoštevanjem makroekonomskih vhodnih podatkov za zagotavljanje potrebnih optimalnih (minimalnih) finančnih sredstev.

4. POVZETEK IN SKLEP

V zadnjem obdobju intenzivneje naraščajo zahteve glede kakovosti električne energije pri vseh odjemalcih in drugih institucijah, ki skrbijo ali nadzirajo delovanje distribucijskega elektroenergetskega sistema. Zaradi določenih neusklajenosti terminologije se v referatu uporablja naslednja terminologija: kakovost električne energije ima ravni kakovosti, posamezna raven kakovosti doseže nivo kakovosti in se izraža s kazalci.

Razvili so se različni načini spremljanja kakovosti, pri čemer prevladujeta za prvo raven kakovosti - stalnost (neprekinjenost) napajanja sistemska kazalca SAIFI in SAIDI, ki

zajemajo frekvenco prekinitev in trajanje prekinitev. Izračunani kazalci zajemajo nenačrtovane in načrtovane prekinitve. V članku je predstavljen skupni kazalec kakovost imenovan hibridni kazalec kakovosti, ki je odvisen od treh spremenljivk (stopnja vzankanja, stopnja pokablitve, čas popravila okvare). Z njim dosežemo enostaven in enoten pregled nad kakovostjo.

Pripadajoča vlaganja za želeno kakovost, ki zajemajo stroške zaradi prekinitev in trajanja nenačrtovanih in načrtovanih prekinitev, investicije (stroški) za zagotavljanje kakovosti in stroške zaradi vzdrževanja, smo prav tako povezali z navedenimi tremi spremenljivkami.

Tako smo dobili dve kriterijski funkciji. Praviloma sta ti dve veličini (kakovost in vlaganja) vedno povezani tako, da se z večanjem ene povečuje tudi druga. V našem primeru pomeni večja kakovost tudi več vlaganj. Vzpostavljena matematična povezava med kriterijsko funkcijo za kakovost in kriterijsko funkcijo potrebnih vlaganj s skupnimi spremenljivkami, ki odražajo najvplivnejše dejavnike na kakovost in istočasno na vlaganja, omogoča dvokriterijsko optimizacijo.

Rezultat optimizacije je optimalno načrtovanje kakovosti (omrežja), stalni nadzor nad želeno kakovostjo, objektivno določanje in spremljanje optimalnih (minimalnih) sredstev za želeni nivo kakovosti. Orodje je primerno za načrtovalce, vzdrževalce, lastnike in za regulatorja trga z električno energijo ter za druge ustanove, ki z njim objektivno ugotavljajo povezave med porabljenimi sredstvi za kakovost električne energije. Z optimizacijo dosežemo optimum (minimum) vlaganj za želeni nivo kakovosti oziroma največjo kakovost za v naprej znana (omejena) finančna sredstva. Z vidika zmanjševanja stroškov pomeni predstavljena optimizacija vlaganj aktualen prispevek k poslovanju družb distribucije električne energije.

5. VIRI, LITERATURA

- [1] Toroš Z.: *Izboljšanje zanesljivosti delovanja sistema Elektro Primorske*, magistrska naloga; Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor 2003,
- [2] *Akt o posredovanju podatkov o kakovosti oskrbe z elektrino energijo*, Javna agencija za energijo R. Slovenije, Ur. l. RS, št. (33/2009),
- [3] Hlebčar B.: *Kriteriji za ocenjevanje vplivov investicij na kakovost električne energije*, EIMV, Ljubljana 2006,
- [4] *Splošni pogoji za dobavo in odjem električne energije iz distribucijskega omrežja električne energije*,^{Ur. l. RS št. (126/2007)},
- [5] *Uredba o načinu izvajanja gospodarske javne službe dejavnosti sistemskega operaterja distribucijskega omrežja električne energije in gospodarske javne službe, dobava električne energije tarifnim odjemalcem*,^{Ur. l. RS št. (117/2004,23/2007)},
- [6] *Uredba o koncesiji gospodarske javne službe dejavnosti sistemskega operaterja distribucijskega omrežja električne energije*, Ur. l. RS, št. (39/2007),
- [7] *Akt o določitvi metodologije za obračunavanje omrežnine in metodologije za določitev omrežnine in kriterijih za ugotavljanje upravičenih stroškov za elektroenergetska omrežja* Ur. l. RS, št. (121/2005),

- [8] *Pravilnik o sistemskem obratovanju distribucijskega omrežja za električno energijo*, Ur. l. RS, št. (123/2003),
- [9] *Pravilnik o določitvi cen za uporabo elektroenergetskih omrežij in kriterijih za upravičenost stroškov*, Ur. l. RS, št. (134/2003),
- [10] E. Fumagalli, L. Lo Schiavo, F. Delestre: *Service Quality Regulation in Electricity Distribution and Retail*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007,
- [11] CEER: Council of European Energy Regulators, Seminar organised by Autorita per l'energia elettrica e il gas: *Regulation of electricity supply quality in European countries*; New dimensions of quality regulation, Milan, June 2001,
- [12] Warren, C., Pearson, D., Sheehan, M.: *A National wide Survey of Recorded Information Used for Calculating Distribution Reliability Indices*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 18, No. 2, April 2003,
- [13] Ref: C08-EQS-24-04; 4TH Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply 2008, Issued by Council of European Energy Regulators ASBL 28 rue le Titien, 1000 Bruxelles; CEER 10 december 2008,
- [14] Toroš Z.: *Hibridni kazalci kakovosti električne energije v distribucijskem elektroenergetskem sistemu*, doktorska disertacija; Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor 2009,
- [15] *Slovenski standard SIST EN 50160*, druga izdaja, marec 2001,
- [16] Bokal D., Matvoz D.: *Obvladovanje in spremljanje stalnosti dobave električne energije (zanesljivosti) v smislu parametrov stalnosti dobave*, EIMV, Ljubljana 2005,
- [17] Billinton R., Allan R.: *Reliability Evaluation of Power Systems*, Second edition, Plenum Press, New York 1996,
- [18] Warren C., Pearson D., Sheehan M.: *A Nationwide Survey of Recorded Information Used for Calculating Distribution Reliability Indices*, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 18, No. 2, April 2003,
- [19] *Načrt razvoja distribucijskega omrežja električne energije v Republiki Sloveniji za desetletno obdobje od leta 2009 do 2018*, dokument poslan v potrditev na MG, SODO sistemski operater distribucijskega omrežja z električno energijo, d.o.o., Maribor, april 2009,
- [20] Toroš Z.: *Vpliv investicij na kakovost električne energije*, KOMUNALNA ENERGETIKA, 15 mednarodno posvetovanje, 9 do 11 maj 2006 Maribor, Slovenija,
- [21] M. Brezočnik: *Uporaba genetskega programiranja v inteligentnih proizvodnih sistemih*, Maribor, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, 2000,
- [22] Kitak P., Pihler J., Tičar I., Strmecki A., Biro O., Preis K., Magele C.: *Virtual design of insulation elements based on FEM and automated optimization process*. in *IEEE/ACES conference on Wireless communications and applied computational electromagnetics*, Honolulu, Hawaii, 2005,
- [23] Kenneth V. Price, Rainer M. Storn, Jouni A. Lampinen: *Differential Evolution A Practical Approach to Global Optimization*, Lappeenranta University of Technology Department of Information Technology, P. O. Box 20 Lappeenranta, Finland 2005,

NASLOV AVTORJA

dr. Zvonko Toroš, univ. dipl. inž. el.

Elektro Primorska d.d., Erjavčeva 22, Nova Gorica, 5000, Slovenija

Tel: + 386 5 339 67 27 Fax: + 386 5 339 67 55

Elektronska pošta: zvonko.toros@elektro-primorska.si