

PRIMJENA RAČUNARSKOG PROGRAMA PONDV ZA ANALIZU PONAŠANJA VISOKONAPONSKIH NADZEMNIH VODOVA U POGONU

A USAGE OF PONDV COMPUTER PROGRAMS FOR ANALYZING A CONDUCT OF ELECTRIC-POWERED OVERHEAD LINES

Aleksandar Simović, Elektrotehnički fakultet, Istočno Sarajevo

Miomir Dutina, JP EMS Beograd

Nada Cincar, Elektrotehnički fakultet, Istočno Sarajevo

Sadržaj - U elektroenergetskim sistemima veliki je broj nadzemnih vodova koji su stari preko četrdeset, odnosno pedeset godina. Da bi utvrdili da li je potrebno i u kojoj mjeri na pojedinim nadzemnim vodovima vršiti revitalizaciju, sanaciju, rekonstrukciju ili ipak nije potrebno ništa raditi prvo treba da ispitamo ponašanje nadzemnog voda u pogonu, a zatim po potrebi i dijagnostiku stanja komponenti nadzemnog voda. U radu je prikazana primjena računarskog programa PonDV za analizu ponašanja visokonaponskih nadzemnih vodova u pogonu na konkretnim primjerima. Računarski program PonDV rađen je u access-u i čine ga kao cjelina baze podataka; razmatranje stanja nadzemnog voda; kriterijumi za revitalizaciju nadzemnog voda; izbor parametara i opreme na nadzemnom vodu; obim i način revitalizacije nadzemnog voda i tehnno-ekonomska analiza.

Ključne riječi – nadzemni vod, pogon, dijagnostika stanja, računarski program PonDV

Abstract - In electric-powered systems there are a lot of overhead lines which are forty or fifty years old. In order to be certain at which degree it is necessary to do any kind of revitalization, sanation or even reconstruction of any electric-powered overhead line, the first thing that has to be done is to examine its conduct as well as to make a diagnostics of its components. In this seminar paper there are a lot of representative examples of a usage of PonDV computer programs for analyzing a conduct of electric-powered overhead lines. This PonDV computer program operates through the access as a database and also contains a condition observation of an overhead line; a criterion for its revitalization; a choice of parameters and kinds of equipment; a scope as well as a way of its revitalization and last but not least a techno-economic analysis.

Key word – an overhead line, electric-powered, a condition diagnostics, PonDV computer program

1. UVOD

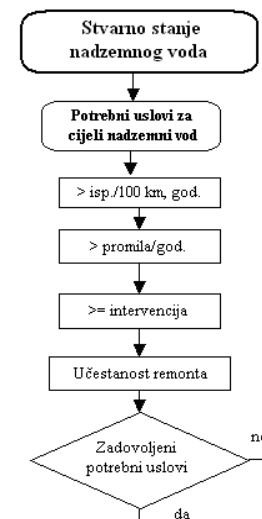
Sve komponente nadzemnog voda imaju svoj vlastiti životni vijek, vrijeme u kojem se očekuje da će uz redovno održavanje raditi pouzdano obavljajući svoje funkcije. Glavni faktor koji utiče na elektroenergetski sistem je porast opterećenja. Često se dešava da karakteristike opreme, tj. njeni parametri nisu više usklađeni sa zahtjevima povećanog opterećenja. Tako značajan dio opreme ugrađene u periodu velikog porasta potrošnje može doseći kraj svog životnog vijeka u isto vrijeme kada i prenosne mogućnosti voda. Na svim vodovima tokom eksploatacije dolazi do kvarova, koji oštećuju elemente tog voda.

Kako se oprema približava kraju svoje očekivane životne dobi u mreži dolazi do povećanog broja kvarova, tako da se znatno povećavaju finansijska sredstva koja su potrebna ulagati za održavanje čitavog elektroenergetskog sistema. Na kraju razdoblja bez obzira koliko težimo da opremu mjenjamo, kvar više neće biti popravljiv. Zato je ključno pitanje na koji način pravilno rasporediti raspoloživa finansijska sredstva.

2. PONAŠANJE VISOKONAPONSKIH NADZEMNIH VODOVA U POGONU

Da bi utvrdili da li je potrebno i u kojoj mjeri na pojedinim nadzemnim vodovima vršiti revitalizaciju, sanaciju, rekonstrukciju ili ipak nije potrebno ništa raditi prvo

treba da ispitamo ponašanje nadzemnog voda u pogonu, a zatim po potrebi i dijagnostiku stanja komponenti nadzemnog voda. Na slici 1.1. prikazan je algoritam za ponašanje nadzemnog voda.



Slika 1.1. Algoritam za ponašanje nadzemnog voda u pogonu

2.1. Ispadi nadzemnog voda

Događaj na elektroenergetskoj mreži je promjena stanja dijela mreže u vezi ukupnog stanja mreže. Zависи o vrsti (električne, mehaničke, elektro-dinamičke i dielektrične

prirode) i jačini pojave koja izaziva ispada, kvarove i havarije. Ispad je izbacivanje dijela mreže bez volje čovjeka-isključenjem prekidača pod djelovanjem zaštitnih uređaja. Kvar je djelomično ili potpuno otkazivanje funkcije dijela električne mreže. Havarija je potpuno otkazivanje ili razaranje određenog dijela mreže. Uzrok događaja je prisutnost neželjene pojave, a događa se pri izradi, montaži ili eksploataciji. Povod događaja je početno djelovanje na uzrok, a ima električno, mehaničko ili atmosfersko porijeklo. Najznačajniji podaci kod dijagnostike stanja nadzemnih vodova je broj ispada nadzemnog voda.

Obrazac, koji prikazuje broj ispada jednog ili više nadzemnih vodova za vremenski period manji od jedne godine, za jednu godinu i više godina, glasi:

$$n_{isp.} = \frac{100}{\sum_{i=1}^{n_{NV}} L_{kmi}} * \frac{12}{\sum_{i=1}^{n_{mjesi}} n_{mjesi}} * n_{NV} * \sum_{i=1}^{n_{ispi}} n_{ispi} \left[\frac{ispada}{100km, god} \right] \quad (1)$$

gdje je: $n_{isp.}$ - broj ispada NV na 100 km godišnje;

L_{kmi} - dužina i-tog NV;

n_{mjesi} - broj mjeseci u pogonu i-tog NV;

n_{NV} - broj posmatranih NV i

n_{ispi} - broj ispada i-tog NV.

2.2. Zamjena izolatora na nadzemnim vodovima

Obrazac, za zamjenjene izolatore jednog ili više nadzemnih vodova za vremenski period manji od jedne godine, za jednu godinu i više godina, glasi:

$$n_{iz.} = \frac{\sum_{j=1}^{n_{NV}} n_{ost.iz.j}}{\sum_{j=1}^{n_{NV}} n_{iz.j}} * \frac{12}{\sum_{j=1}^{n_{mjes.j}} n_{mjes.j}} * n_{NV} * 1000 \left[\frac{promila}{god.} \right] \quad (2)$$

gdje je: $n_{iz.}$ - broj zamjenjenih izolatora u promilama god.;

$n_{ost.iz.j}$ - broj oštećenih izolatora j-tog NV;

$n_{iz.j}$ - broj izolatora j-tog NV;

$n_{mjes.j}$ - broj mjeseci u pogonu j-tog NV i

n_{NV} - ukupan broj posmatranih NV.

2.3. Intervencije na nadzemnim vodovima

Intervencijom se podrazumjeva izlazak i intervencija, zamjena ili sanacija nekog dijela nadzemnog voda zbog njegovog ispada iz pogona. Uzroci zbog kojih se vrše intervencije su podjeljeni u dvije grupe:

- 1.) Havarije za stubove i lom za temelje i
- 2.) Prekidi-oštećenja za elektroopremu (provodnik, spojna oprema, izolatori i zaštitno užje).

Pod havarijom se podrazumjeva pad jednog ili više stubova, dok su ostali kvarovi u kategoriji „prekidi-oštećenja”.

Obrazac, koji prikazuje broj intervencija jednog ili više nadzemnih vodova za vremenski period manji od jedne godine, za jednu godinu i više godina, glasi:

$$n_{interv.} = \frac{100}{\sum_{i=1}^{n_{NV}} L_{kmi}} * \frac{12}{\sum_{i=1}^{n_{mjesi}} n_{mjesi}} * n_{NV} * \sum_{i=1}^{n_{intervi}} n_{intervi} \left[\frac{br.intervencija}{100km, god.} \right] \quad (3)$$

gdje je: $n_{interv.}$ - broj intervencija NV na 100 km godišnje;

L_{kmi} - dužina i-tog NV;

n_{mjesi} - broj mjeseci u pogonu i-tog NV;

n_{NV} - broj posmatranih NV i

$n_{interv.i}$ - broj intervencija i-tog NV.

2.4. Meteorološke pojave duž nadzemnog voda

Za veći broj nadzemnih vodova, posebno nižeg naponskog nivoa od 110 kV, evidencija podataka o meteorološkim uslovima koji su vladali u vrijeme ispada u blizini mjesta kvara uglavnom ne postoje. Ali ovi podaci tamo gdje postoje mogu značajno da utiču kod donošenja odluke o načinu revitalizacije nadzemnog voda, ali treba naglasiti da se prikupljaju svi potrebni podaci kao što su: vrijeme ispada, temperatura ambijenta, relativna vlažnost, kao i vrsta meteorološke pojave. Održavanje nadzemnih vodova, zbog atmosferskog uticaja, vezano je u prvom redu uz poznavanje „prilika“ vjetra, dodatnog tereta od leda, ponajprije mokrog snijega, električnog pražnjenja, kao i uticaja zagađenja zraka i rezultata djelovanja čovjeka. Proširenje ovakvih saznanja doprinjelo bi znatno tačnijem određivanju projektnih parametara, te sigurnijoj izgradnji, održavanju i sanacijama nadzemnih vodova.

Obrazac, za meteorološke pojave duž jedne trase nadzemnog voda za vremenski period manji od jedne godine, za jednu godinu i više godina, glasi:

$$n_{met.poj.} = \frac{n_{poj.}}{n_{isp.}} * 100[\%] \quad (4)$$

gdje je: $n_{met.poj.}$ [%] - učešće neke meteorološke pojave (rosa,

magla, kiša, atmosfer. pražnjenje itd);

$n_{poj.}$ - broj pojava (rose, magle, kiše,

atmosferskog pražnjenja itd) i

$n_{isp.}$ - broj ispada.

2.5. Remonti na nadzemnim vodovima

Remont je rad koji ima za cilj da se sa većim popravkama i zamjenom dotrajalih dijelova, u granicama pogonskih potreba, objekat održi u pogonski ispravnom stanju. U tabelu se unose relevantni podaci o remontima nadzemnog voda, odnosno njegovih komponenti, tj. učestanost remonta.

Obrazac, koji prikazuje remonte jednog ili više nadzemnih vodova za vremenski period manji od jedne godine, za jednu godinu i više godina, glasi:

$$n_{rem.} = \frac{100}{\sum_{i=1}^{n_{NV}} L_{kmi}} * \frac{12}{\sum_{i=1}^{n_{mjesi}} n_{mjesi}} * n_{NV} * \sum_{i=1}^{n_{remi}} n_{remi} \left[\frac{dana}{100km, god.} \right] \quad (5)$$

gdje je: $n_{rem.}$ - broj dana remonta NV na 100 km godišnje;

L_{kmi} - dužina i-tog NV;

n_{mjesi} - broj mjeseci u pogonu i-tog NV;

n_{NV} - broj posmatranih NV i

n_{remi} - broj dana remonta i-tog NV.

3. RAČUNARSKI PROGRAM PONDV ZA ANALIZU PONAŠANJA VISOKONAPONSKIH NADZEMNIH VODOVA U POGONU

Računarski program PonDV rađen je u access-u i čine ga kao cjelina baze podataka; ramatanje stanja nadzemnog voda; kriterijumi za revitalizaciju nadzemnog voda; izbor parametara i opreme na nadzemnom vodu; obim i način revitalizacije nadzemnog voda i tehno-ekonomska analiza. Kao pomoć pri korišćenju računarskog programa je poruka u status-baru pri pritisku bilo kog dugmeta za izvršenje određene radnje.

Formirana baze podataka služi za određene proračune i razmatranja i omogućuje preko odgovarajućih maski rad sa podacima. Svi podaci u bazi podataka su realne vrijednosti koje je u svrhu istraživanja prosljedio EMS Beograd. Nakon otvaranja maske za unos podataka dobijamo prozor, gdje možemo da izaberemo odgovarajuću formu: osnovni podaci, remont, intervencije, ispadi, zamjenjeni izolatori i meteorološke pojave. Ono što je jako bitno da iz osnovnog prozora možemo da dobijamo izvještaje za pojedine nadzemne vodove, jedan ili više njih. Ono što prvo radimo je to da biramo naponski nivo i broj nadzemnog voda. Takođe, već imamo u bazi podataka vremenski period kada je bio ispad pojedinog voda. Jako korisno u bazi je to što je moguće vršiti određene promjene i brisanje unesenih podataka.

4. KONKRETNI PRIMJERI PRIMJENE RAČUNARSKOG PROGRAMA PONDV

Da bi izvršili statističku obradu ponašanja nadzemnog voda u pogonu sagledano je ponašanje pojedinih nadzemnih vodova u pogonu, slika 4.1. Da bi se sagledala kompletna slika nadzemnih vodova koje analiziramo, potreban period za posmatranje nadzemnog voda u pogonu, treba da bude što duži: za ispad nadzemnog voda - 10 god. (min. 5 god.); za intervencije na nadzemnim vodovima - od stavljanja u pogon - 10 god. (min. 5 god.); za remonte nadzemnog voda - 10 god. (min. 5 god.); za zamjenjene izolatore na nadzemnim vodovima - od stavljanja u pogon - 10 god. (min. 5 god.) i za meteorološke pojave duž trase nadzemnog voda - 10 god. (min. 5 god.).

Slika 4.1. Maska za ponašanje nadzemnog voda u pogonu

Iz forme osnovna tabla pritiskom dugmeta ponašanje nadzemnog voda u pogonu dolazi se do forme „Ponašanja nadzemnog voda u pogonu“ gdje izborom naponskog nivoa, nadzemnog voda (jednog ili više) i perioda posmatranja postoji mogućnost izbora: ispadi nadzemnog voda, intervencije na nadzemnim vodovima; remont nadzemnog voda; zamjenjeni izolatori na nadzemnim vodovima i meteorološke pojave duž trase nadzemnog voda. Dalje postoji mogućnost izbora jednog po jednog razmatranja. Odabirom dugmeta ispadi nadzemnog voda otvara se nova forma sa 22 mogućnosti izbora tabela i dijagrama, intervencije na nadzemnim vodovima 2 dugmeta, remont na nadzemnim vodovima 4 dugmeta, zamjenjeni izolatori na nadzemnim vodovima 3 dugmeta i 6 dugmadi meteorološke

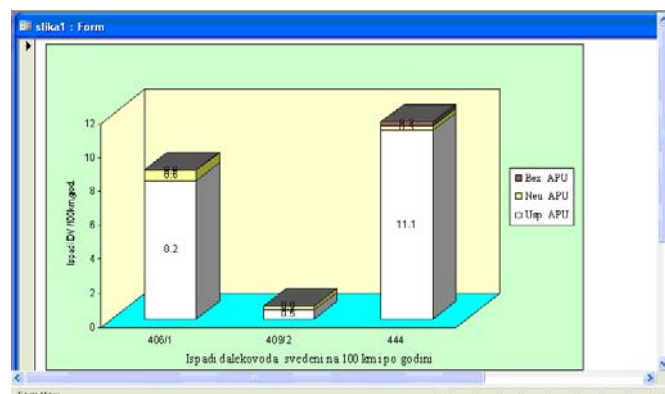
pojave. Dijagrami su dinamički i definisani, kako kordinate, tako i naziv dijagrama, a takođe i tabele.

4.1. Ispadi nadzemnog voda

Ključni podatak za analizu nadzemnog voda je broj ispada u pogonu. Na slici 4.2. prikazan je prozor gdje se može sagledati trenutna situacija o ispadima nadzemnih vodova u određenim periodima, sagledati ispad nadzemnih vodova u zavisnosti od godine pogona, ispad nadzemnih vodova po mjesecima, ispad nadzemnih vodova po času u toku dana, učešće o ispadima nadzemnih vodova na srednjoj i krajnjim fazama, prikazati tabelarni prikaz ispada nadzemnih vodova i vršiti analizu o ispadima na druge slične načine.

Slika 4.2. Ponašanje nadzemnog voda u pogonu

Kao primjer prikazivanja rezultata o ispadima posmatračemo 400 kV nadzemne vodove, broj 406/1, 409/2 i 444, slika 4.3.



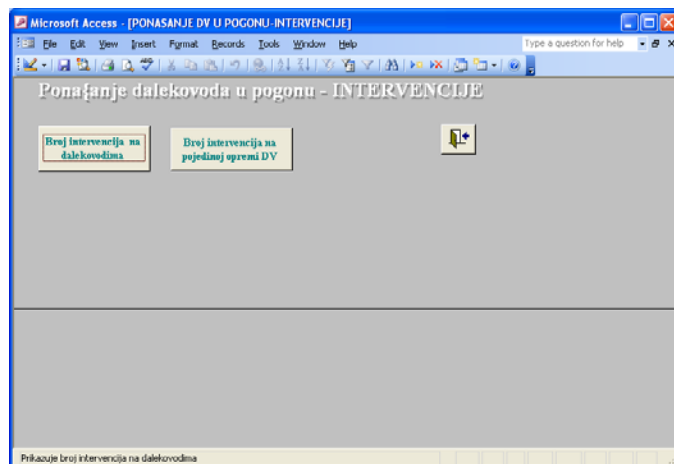
Slika 4.3. Ispadi 400 kV nadzemnih vodova u određenim periodima

Takođe, moguće je vršiti i analize ispada nadzemnih vodova u zavisnosti od godine pogona, ispad po mjesecima, po času u toku dana, zatim analiza učešća o ispadima nadzemnih vodova na srednjoj i krajnjim fazama. Moguće je ispad za pojedine nadzemne vodove prikazati i tabelarno.

4.2. Intervencije na nadzemnom vodu

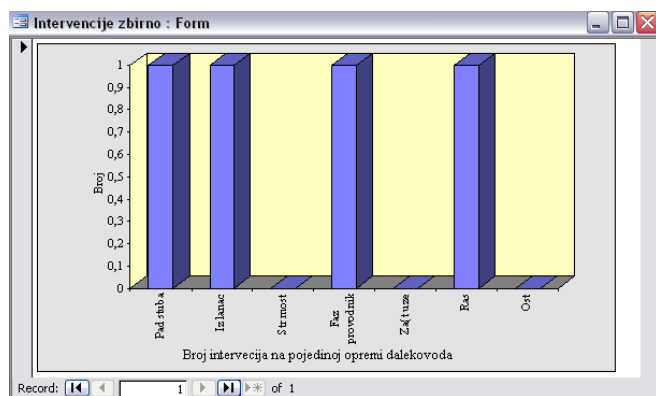
Pod intervencijom se podrazumjeva izlazak na nadzemni vod zbog trajnog ispada. Uzroci zbog kojih se vrše intervencije su havarije za stubove i lom za temelje i prekidi-

oštećenja za elektroopremu. Pod pojmom havarija podrazumjeva se pad jednog ili više stubova, dok su ostali kvarovi u kategoriji prekidi-oštećenja. Na slici 4.4. prikazan je prozor gdje možemo sagledati intervencije na pojedinim nadzemnim vodovima.



Slika 4.4. Intervencije na nadzemnom vodu

Kao primjer prikazivanja rezultata pojedinih intervencija posmatračemo 400 kV nadzemni vod broj 409/2, slika 4.5.

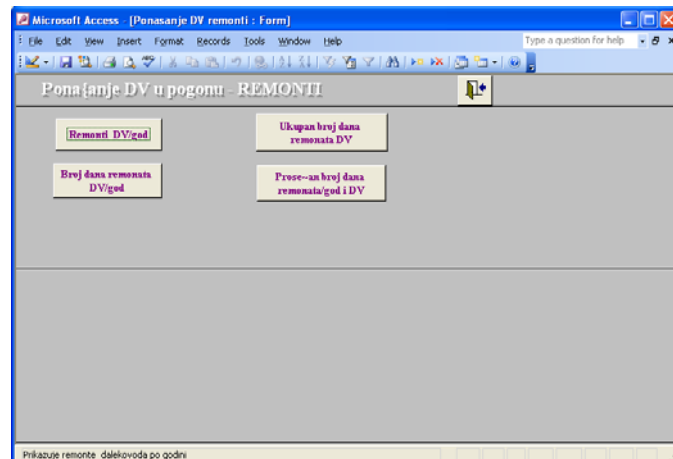


Slika 4.5. Broj intervencija na pojedinoj opremi nadzemnog voda

Moguć je i prikaz broja intervencija na nadzemnom vodu.

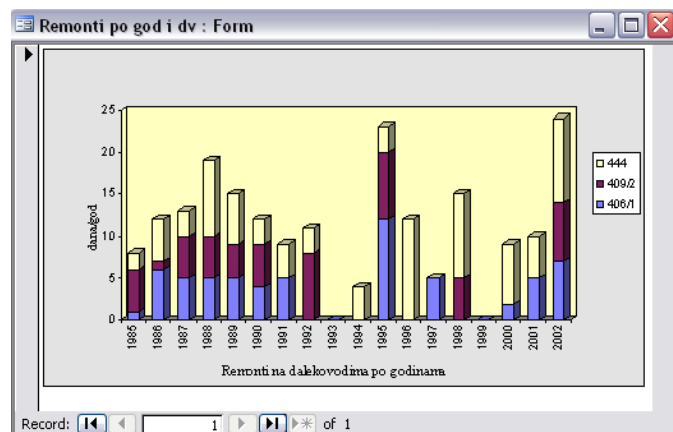
4.3. Remonti nadzemnog voda

Pod pojmom remonta podrazumjevaju se svi oni radovi koji se obavljaju u smislu preventive za siguran i pouzdan rad nadzemnog voda, kao i radovi na otklanjanju uočenih nedostataka prilikom gradnje. Pored redovnih postoje i vanredni pregledi, revizije i remontu koji se obavljaju u slučajevima čestih ispada, kvarova, vremenskih i elementarnih nepogoda. Po pravilu, vrijeme za obavljanje remonta nadzemnog voda je u vidnom dijelu dana i ne može biti kraće od tri dana. U posebnim slučajevima zbog izuzetnog velikog obima radova, nepristupačnosti terena i sl., ukupno vrijeme trajanja može da se odredi posebnim dogovorom sa Dispečerskom službom i zainteresovanim organizacijama. Na slici 4.6. prikazan je prozor gdje možemo sagledati remonte na pojedinim nadzemnim vodovima.



Slika 4.6. Remonti

Odluka da se zamjeni ili remontuje element je obično zasnovana, ne na starosti, već na procjeni stanja, kapaciteta, sigurnosti, okolini ili poziciji u mreži. Kao primjer prikazivanja rezultata o remontima nadzemnog voda posmatračemo 400 kV nadzemne vodove, brojeve 406/1, 409/2 i 444, slika 4.7.

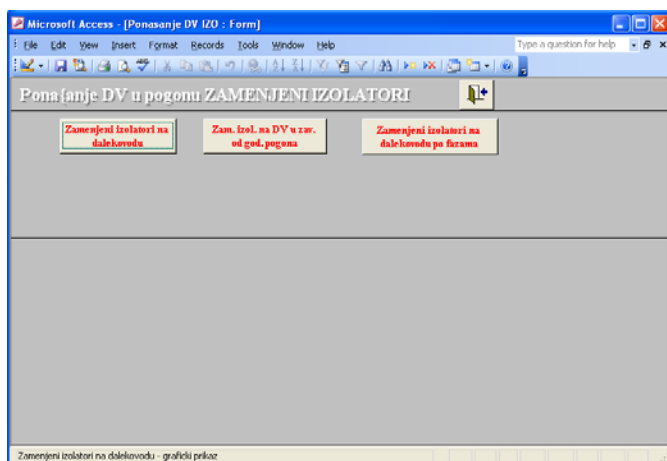


Slika 4.7. Remonti na nadzemnim vodovima po godinama

Moguć je i prikaz ukupnog broja dana remonata po nadzemnim vodovima, zatim ukupnog broja dana remonata nadzemnog voda po godini, kao i prosječnog broja dana remonata po godini i nadzemnom vodu.

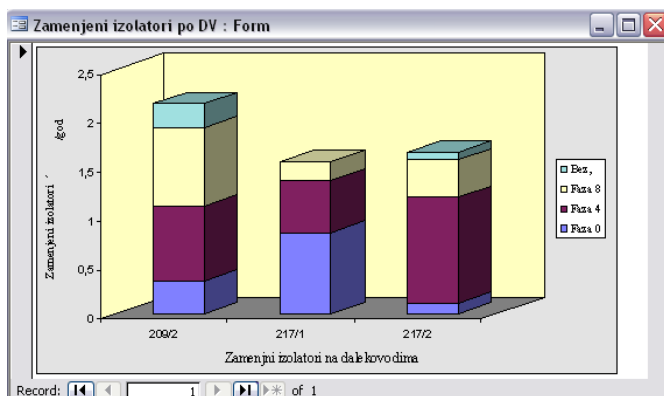
4.4. Zamjenjeni izolatori

Kod odlučivanja u vezi sa revitalizacijom nadzemnog voda podaci o zamjenjenim izolatorima imaju veoma veliki značaj. Izolatori su napravljeni od takvih materijala, koji ako bi bili neopterećeni trajali bi sa nepromjenljivim svojstvima najmanje po nekoliko decenija. Ti izolatori kada obavljaju svoj zadatak na nadzemnim vodovima imaju znatno kraći životni vijek, pa traju svega nakoliko decenija. Izolatore koje uklanjamo sa nadzemnog voda zbog toga što „ne drže napon“ ili ga „nedovoljno drže“, najčešće se, po izgledu, uopšte ne razlikuju od onih koji „drže napon“. Nasuprot tome, čest je slučaj da izolatori sa oštećenom površinom i poslije dejstva električnog luka i dalje se ponašaju kao ispravni. Na slici 4.8. prikazan je prozor gdje možemo sagledati zamjenjene izolatore.



Slika 4.8. Zamjenjeni izolatori

Kao primjer prikazivanja rezultata o zamjenjenim izolatorima posmatračemo 220 kV nadzemne vodove 209/2, 217/1 i 217/2, slika 4.9.

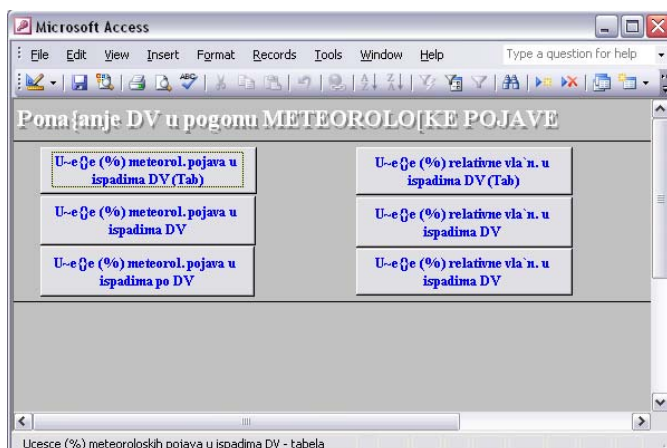


Slika 4.9. Zamjenjeni izolatori na nadzemnim vodovima

Moguć je prikaz zamjenjenih izolatora po godinama, kao i zamjenjenih izolatora po fazama.

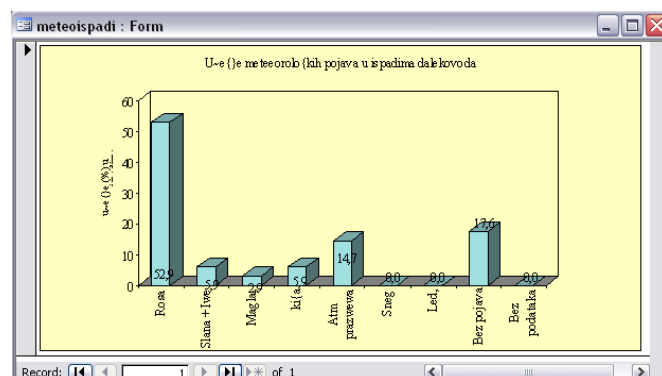
4.5. Meteorološke pojave

Prilikom izrade investicionih projekata za izgradnju nadzemnih vodova veoma značajno je poznavati klimatske uslove lokaliteta. Narочito važni podaci su o atmosferskim električnim pražnjenjima, naslagama leda i snijega, kao i podaci o vjetru. Na slici 4.10. prikazan je prozor gdje možemo sagledati meteorološke pojave.



Slika 4.10. Meteorološke pojave

Kao primjer prikazivanja rezultata o meteorološkim pojavama posmatračemo 400 kV nadzemni vod broj 406/1, slike 4.11.



Slika 4.11. Učestalost (%) meteoroloških pojava u ispadima nadzemnog voda

Moguće je prikazivanje rezultata i u vidu drugih vrsta dijagrama, a takođe moguće je i tabelarno predstavljanje.

5. ZAKLJUČAK

Danas dijagnostika pojedinih komponenti nadzemnih vodova predstavlja jako kompleksnu problematiku. Da li je potrebna i u kojoj mjeri odgovarajuća akcija na pojedinom nadzemnom vodu u mnogome zavisi od stvarnog stanja pojedine opreme na nadzemnom vodu, a posebno od stanja stubova, temelja i faznih provodnika. Primjenom računarskog programa PonDV za analizu ponašanja visokonaponskih nadzemnih vodova u pogonu vrši se provjera ponašanja nadzemnog voda u pogonu, prvog koraka kod dijagnostike stanja nadzemnih vodova. Na osnovu dobijenih rezultata predlažu se odgovarajuća rješenja i dolazi se do spiska nadzemnih vodova na kojima se treba nešto preduzeti i na taj način uz određenu akciju može da dođe do uštede velikih finansijskih sredstava prenosnih kompanija.

6. LITERATURA

- [1] Miomir Dutina, Miroslav Nimrihter, Snežana Novaković: Development and application of methodology for revitalization of Overhead lines, XL savetovanje CIGRE, Pariz, 2004. god.
- [2] Miomir Dutina, Miroslav Nimrihter, Snežana Novaković: Metodologija za revitalizaciju visokonaponski nadzemnih vodova, XXVI savetovanje JUKO CIGRE, Banja Vrućica, V- 2003. god.
- [3] Davor Bejs: Metoda i kriteriji u revitalizaciji elektroenergetске prijenosne mreže, Sveučilište u Splitu, Fakultet Elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Split 2007. god.