

Mato Gjuranović
MAR-KO-ING d.o.o., Zagreb
mato.gjuranovic@markoing.hr

IZGRADNJA VJETROELEKTRANA – NOVI IZAZOV ZA SUVREMENE TROŽILNE SREDNJENAPONSKE KABELE

SAŽETAK

Zbog zahtjeva Europske unije za povećanjem proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, danas i u nadolazećem razdoblju, svjedoci smo pojačanog trenda izgradnje vjetroelektrana diljem Europe. To postavlja nove zahtjeve na srednjenaponske (SN) kabele koji se koriste za prijenos električne energije pojedinih vjetroagregata do rasklopišta koje je pak povezano na prijenosnu ili distributivnu mrežu.

Radi što jednostavnijeg održavanja i potrebe za manjim brojem rezervnih dijelova pri optimiziranju kabelske mreže vjetroparka teži se primjeni najviše dva do tri različita presjeka kabela. U podzemnim kabelskim mrežama vjetroparkova primjenjuju se uobičajeno naponi od 10, 20 ili 30(35) kV. Vjetroagregati su najčešće smješteni na povišenim mjestima kao što vrhovi brda ili planinske visoravni koje nisu idealan teren za polaganje kabela. Ako svaki vjetroagregat ima snagu 2 MW i ako se vjetropark sastoji od 12 vjetroagregata imamo više mogućnosti međusobnog povezivanja pojedinih jedinica.

Ovi zahtjevi doveli su do razvoja novih konstrukcija trožilnih kabela i do novih postupaka polaganja kabela. Kao odgovor ovom izazovu razvijeni su kabele sa čvršćim plaštem za polaganje u teškim kamenim terenima te za primjenu suvremenih metoda polaganja kabela u cijevi.

Ključne riječi: vjetroelektrane, trožilni SN kabele, suvremena konstrukcija kabela, polaganje kabela u cijevima

WINDPOWER BUILD OUT – NEW CHALLENGE FOR MODERN THREE-CORE MEDIUM VOLTAGE CABLES

SUMMARY

Today and in the years to come we are witnesses of an extensive built out of wind power plants in Europe due to the demands of European Union to increase the production of electric power from the renewable sources. This has led to new demands on the medium voltage (MV) cables that are used to transport the electricity from the wind turbine to the electrical grid that is furthermore connected to transmission or distribution network.

To ensure the easier maintenance and to decrease the number of spare parts in the cable network optimisation of wind power plant it is tendency to use cables of 2 to 3 different cross sections. In the underground cable networks the voltage levels of 10, 20 or 30 kV are usually used. The wind turbines are usually situated in high locations such as top of the hill or mountain plateau that are not an ideal place for cable laying. If each wind turbine has the power of around 2 MW and if the wind power plant consists of 12 wind turbines we have few possibilities on how to connect the individual units.

These demands led to the development of the new design of 3-core cables and to the new laying methods of cable. The cables with tougher outer sheet to be used in the rocky terrain and to use in the new technique of laying the cable in the tube are being developed to meet the challenges.

Key words: wind power plant, 3-core mid voltage cables, modern cable design, laying of cables in tubes

1. UVOD

1.1. Europski pogled

Temeljem Direktive Europskog parlamenta i Vijeća br. 2001/77/EC o promicanju uporabe električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora vidljiv je očekivani trend planiranog porasta proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora o čemu govore podatci prikazani u Tablici I gdje RES-E 1997 prikazuje postotni udjel proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora energije u odnosu na bruto potrošnju električne energije (*eng.* contribution of electricity produced from renewable energy sources to gross electricity consumption), dok RES-E 2010 predstavlja obvezu zemlje članice za izgradnjom novih proizvodnih kapaciteta kako bi se do 2010. g. povećao udjel proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora energije u odnosu na bruto potrošnju električne energije [1].

Tablica I.

DRŽAVA ČLANICA EU	RES-E 1997 (%)	RES-E 2010 (%)
DANSKA	8,7	29,0
NJEMAČKA	4,5	12,5
AUSTRIJA	70,0	78,1
FRANCUSKA	15,0	21,0
PORTUGAL	38,5	39,0
ŠPANJOLSKA	19,9	29,4
ŠVEDSKA	49,1	60,0
UJEDINJENO KRALJEVSTVO	1,7	10,0

U skladu s očekivanim povećanjem udjela proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora, u brojnim Europskim zemljama značajno je porastao broj vjetroelektrana (vjetroparkova). Tako je na primjer Njemačka u razdoblju od 2000. do 2009. godine s instaliranih 6.100 MW došla na 25.000 MW instaliranih kapaciteta vjetroelektrana što čini 7 % ukupne proizvodnje električne energije u Njemačkoj. Slični trendovi zabilježeni su i u drugim zemljama Europske Unije kao npr. u Danskoj koja 19 % električne energije proizvodi u vjetroelektranama ili u Španjolskoj 8%.

Vjetroelektrane u Europskoj uniji pokrivaju 3,3 % potreba za električnom energijom, a prema planovima do 2020. trebale bi pokrivati 12 %.

Direktiva Europskog parlamenta i Vijeća br. 2009/28/EC iz travnja 2009. odredila je nove ciljeve u povećanju proizvodnje ukupne energije iz obnovljivih izvora [2].

Tablica II.

DRŽAVA ČLANICA EU	UDJEL ENERGIJE PROIZVEDENE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA U UKUPNOJ BRUTO POTROŠNJI ENERGIJE U 2005. (%)	CILJANI UDJEL ENERGIJE PROIZVEDENE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA U UKUPNOJ BRUTO POTROŠNJI ENERGIJE U 2020. (%)
DANSKA	17,0	30,0
NJEMAČKA	5,8	18,0
AUSTRIJA	23,3	34,0
FRANCUSKA	10,3	23,0
PORTUGAL	20,5	31,0
ŠPANJOLSKA	8,7	20,0
ŠVEDSKA	39,8	49,0
UJEDINJENO KRALJEVSTVO	1,3	15,0

1.2. Hrvatski pogled

Republika Hrvatska je u travnju 2007. godine ratificirala Kyoto protokol i time preuzela obvezu smanjenja stakleničkih plinova za 5 % u razdoblju od 2008. do 2010. godine čime je između ostalog otvoren put k izgradnji obnovljivih izvora energije.

Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske [3] postavila je cilj da se do 2020. godine u bruto neposrednoj potrošnji električne energije 35 % električne energije dobiva iz obnovljivih izvora energije uključujući i velike hidroelektrane. Od toga je predviđeno da će se udjel od barem 9 do 10 % električne energije u bruto neposrednoj potrošnji dobivati iz vjetroelektrana. Ukupno je u Hrvatskoj planirana izgradnja vjetroelektrana snage 1200 do 1300 MW.

Do sada je u Hrvatskoj izgrađeno nekoliko vjetroelektrana: VE RAVNA 1 (5,95 MW) na Pagu, VE TRTAR-KRTOLIN (11,2 MW) [4] i ORLICE (9,6 MW) kod Šibenika, VE VRATARUŠA (42 MW) kod Senja te VE POMETENO BRDO (1 MW – 16 MW) [5] između Splita i Dugopolja. Uz planirane VE JASENICE (52 MW) kod Obrovca, VE ZD6 (9,2 MW) kod Gračaca i VE PONIKVE (34 MW) na Pelješcu ukupno bi bilo instalirano 180 MW. Kako ove vjetroelektrane obično imaju od 7, 14, 17 sve do 40 vjetroatagregata potrebno je pojedine agregate povezati u cjelinu koja onda čini vjetroelekttranu. U tu svrhu koriste se srednjenaponski kabeli 20 ili 30 kV. Uz projekciju duljine kabela od otprilike 30 km po vjetroelektrani, možemo očekivati ugradnju više od 1.100 km kabela u budućim vjetroelekttranama planiranim u Hrvatskoj do 2020. godine.

1.3. Razvojni put srednjenaponskih kabela

U razdoblju prije uvođenja u primjenu srednjenaponskih kabela s XLPE izolacijom, u razdjelnim distribucijskim mrežama dominirala je primjena kabela s uljno impregniranom papirnom izolacijom. Konstrukcija je zahtijevala olovni plašt koji je zadržavao ulje, no unatoč tome što je taj olovni plašt bio težak i skup, konstrukcija trožilnih kabela s zajedničkim olovnim plaštem oko sve tri žile bila je dominantna u srednjenaponskim mrežama [6].

Kada su se u ranim šezdesetim godinama prošloga stoljeća razvili kabeli s XLPE izolacijom, bilo je lagano proizvesti jednožilne kabele i oni su brzo ušli u široku primjenu. Tijekom sedamdesetih godina razvijena je tehnologija proizvodnje potpuno uzdužno i poprečno vodotjesnih jednožilnih tzv. TT kabela (*eng. totally tight.*). Radi uporabe materijala koji bubri TT kabeli su uzdužno potpuno vodotjesni dok je poprečna vodotjesnost ostvarena uporabom metalne (aluminijske) folije ispod vanjskog plašta. Potreba za razvojem trožilnih TT kabela postojala je od samih početaka, međutim, to nije bio jednostavan zadatak te su stoga jednožilni TT kabeli bili dominantni na tržištu dugi niz godina.

S obzirom da presjek trožilnih kabela nije okrugli nego ima više trokutast oblik, veliki izazov konstruktorima bila je konstrukcija folije koja bi čvrsto prijanjala za unutrašnju stranu plašta, a također je morala imati mehaničku čvrstoću kako bi tri žile kabela držala zajedno. Osim toga i uzdužnu vodotjesnost trožilnih kabela bilo je teže postići budući je međuprostor između žila velik, posebno kod većih presjeka. Početkom ovog desetljeća uspješno su razvijeni suvremeni trožilni TT srednjenaponski kabeli s potpunom uzdužnom i poprečnom vodotjesnošću [7]. Raspon razvijenih trožilnih TT kabela je od 6/10/(12) kV 3x25 mm² do 18/30/(36) kV 3x240 mm².



Slika 1. Presjek trožilnog TT kabela sa zaslonom od aluminijskih žica (AXAL TT-PRO)

Načini polaganja kabela su se također mijenjali, pa su se povećali zahtjevi za robusnošću. U posljednjih nekoliko godina također je narasla pažnja konstruktora da već tijekom razvojnog procesa konstrukcije uzmu u obzir sve aspekte utjecaja na okoliš.

1.4. Konstrukcija suvremenog trožilnog kabela

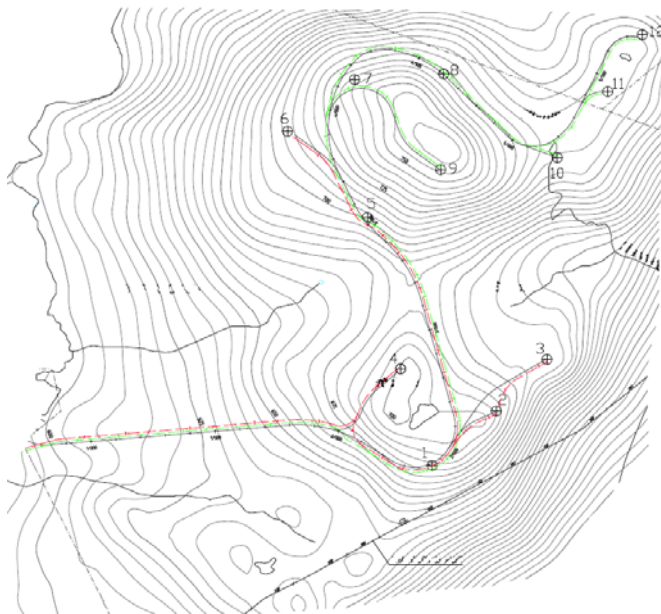
Konstrukcija suvremenog trožilnog TT kabela izvedena je tako da je oko tri izolirane i ekranizirane žile kabela izveden zaslon od tri aluminijske žice. Žice zaslona nalaze se u ekstrudiranom vodljivom materijalu. Oko sve tri žile kabela i žica zaslona u vodljivom sloju namotana je aluminijska folija za poprečnu vodotjesnost. Plašt kabela izveden je od umreženog polietilena u više slojeva od kojih je vanjski sloj izveden od polietilena visoke gustoće (HDPE) kako bi se zadovoljili oprečni zahtjevi jer se traži robusnost zbog mogućnosti grubog rukovanja pri polaganju, a ujedno se traži što je moguće bolja savitljivost da bi se rukovanje olakšalo. Uz trokutastu ispunu u kojoj se nalaze žice zaslona, dodana je nit od kevlaru radi lakšeg otvaranja kabela. U središnji prostor kabela postavljena je traka s bubrivim praškom za uzdužnu vodotjesnost.

Ova konstrukcija trebala bi imati vrlo dugi životni vijek. Prema izvještaju INO 57 (3) švedskog EBR tijela izračunato je da bi životni vijek ovih kabela trebao biti dulji od 100 godina.

2. OPTIMIZACIJA KABELSKJE MREŽE VJETROELEKTRANE I POLAGANJE KABELA NA ZAHTEJEVNOM TERENU

Kod projektiranja vjetroparka svi se bave problemom odabira vjetroagregata, kvalitete, podrške i servisa proizvođača, dok se manje bave problemom odabira sekundarne opreme poput rasklopnih blokova ili kabela razdjelne mreže vjetroparka, a čijom optimizacijom se može utjecati na smanjenje gubitaka (osigurači u rasklopnim blokovima ili gubici u kabelima) pa samim time i ostvarivanju ušteda odnosno mogućnosti predaje veće količine električne energije na mjernom mjestu. Uz osnovni problemi optimizacije razdjelne mreže vjetroparka potrebno je riješiti i problem polaganje kabela na teškom i zahtjevnom terenu.

Suvremene razdjelne srednjenaponske razdjelne mreže u Europi, pa tako i SN mreže u vjetroparkovima grade se danas uz primjenu jednožilnih i trožilnih XLPE kabela. S obzirom da je princip izgradnje SN mreže u vjetroelettrani sličan sustavu razdjelne distributivne mreže i ovdje govorimo o radijalnoj mreži koja se primjenjuje kada imamo manji broj jedinica (vjetroagregata) te o prstenastoj odnosno zamkastoj mreži. U većim vjetroelettranama možemo koristiti kombinaciju, tj. glavnu petlju s radijalnim odvojcima za manji broj vjetroagregata.



Slika 2. Tipičan vjetropark (vjetroelettrana) s 12 turbina (vjetroagregata)

Kod optimizacije kableske mreže u vjetroelektrani nužno je problem sagledati s više gledišta. Optimizacija se može vršiti izborom presjeka kabela s obzirom na najveću struju opterećenja u pojedinom djelu mreže, sagledavanjem kakvoće i očekivanog vijeka trajanja kabela, optimizacija u pogledu manjeg broja različitih presjeka kabela u mreži radi potrebe za manjim brojem elemenata u pričuvu za slučaj kvara i sl. Za vlasnike vjetroelektrane također je od bitne važnosti optimizacija vrste mreže glede gubitaka zbog neiskorištene energije vjetra na koju posebno utječe nemogućnost selekcije kvara i odvajanje dijela mreže koji je u kvaru od "zdravog" dijela mreže koji bi mogao i dalje proizvoditi el. energiju. Stoga je u tom pogledu zamkasta mreža daleko prihvatljivija od radijalne.

Kopia av Storm Vindpark.xls										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	T
1										
2						Justerade strömvärderkrav -----			3-ledarkablar	1-ledarkablar
3	Kabelnr.	Från	Till	Längd	Ström Amp	Just. För term. Rest. 1,2 (0,92) Amp	Just för anhopning (0,9) Amp	Just för rörförläggning Amp	Kabelförslag om rörförläggning	Kabelförslag om rörförläggning
4	1 Subst	T01		2382	411		447	496	2 st AXAL-TT Pro 3x240/35AI 24 kV	AXALJ 1X3X500/35 24 kV
5	2 T01	T02		361	343		373	414	2 st AXAL-TT Pro 3x240/35AI 24 kV	AXALJ 1X3X500/35 24 kV
6	3 T02	T03		324	69		75	75	1 st AXAL-TT Pro 3x50/25AI 24 kV	AXALJ 1X3X95/25 24 kV
7	4 T02	T04		507	205		223	248	1 st AXAL-TT Pro 3x240/35AI 24 kV	AXALJ 1X3X240/25 24 kV
8	5 T04	T05		661	137		149	165	1 st AXAL-TT Pro 3x240/35AI 24 kV	AXALJ 1X3X95/25 24 kV
9	6 T05	T06		515	68		74	82	1 st AXAL-TT Pro 3x50/25AI 24 kV	AXALJ 1X3X95/25 24 kV
10	7 Subst	T07		4249	409		445	494	2 st AXAL-TT Pro 3x240/35AI 24 kV	AXALJ 1X3X500/35 24 kV
11	8 T07	T08		502	273		297	330	2 st AXAL-TT Pro 3x240/35AI 24 kV	AXALJ 1X3X240/25 24 kV
12	9 T07	T09		565	69		75	75	1 st AXAL-TT Pro 3x50/25AI 24 kV	AXALJ 1X3X95/25 24 kV
13	10 T08	T10		601	205		223	248	1 st AXAL-TT Pro 3x240/35AI 24 kV	AXALJ 1X3X240/25 24 kV
14	11 T10	T11		586	137		149	165	1 st AXAL-TT Pro 3x240/35AI 24 kV	AXALJ 1X3X95/25 24 kV
15	12 T11	T12		552	68		74	82	1 st AXAL-TT Pro 3x50/25AI 24 kV	AXALJ 1X3X95/25 24 kV
16				11805						
17										

Slika 3. Proračun optimizacije kableske mreže vjetroparka

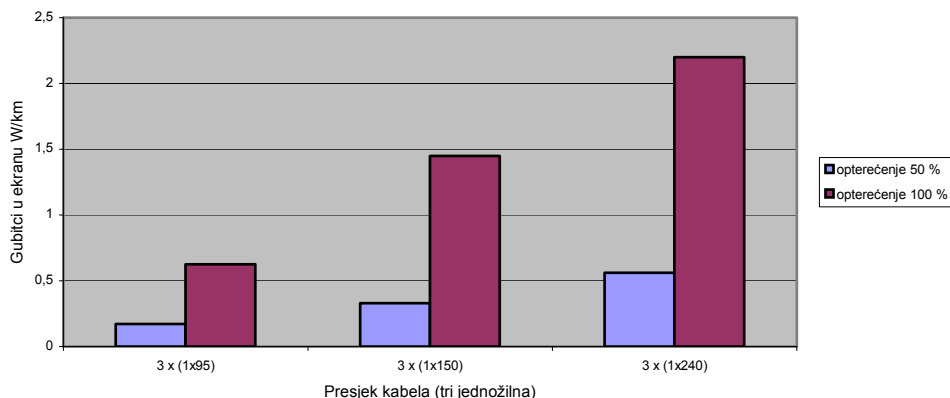
Prikazani proračun optimizacije kableske mreže vjetroelektrane predviđene za izvedbu polaganjem (uvlačenjem) kabela u cijevi ukazuje na veliku prednost trožilnih kabela kod kojih je optimizacijom izabrano samo dva presjeka kabela 24 kV AXAL TT PRO 3x50/25 mm² AI, i AXAL TT PRO 3x240/35 mm² AI, dok je rezultat kod jednožilnih kabela dao tri različita presjeka kabela 24 kV AXALJ 3x1x95/25 mm², 3x1x240/35 mm² i 3x1x500/35 mm².

2.1. Smanjenje gubitaka u kabele

Dominantni gubici u suvremenim XLPE kabelima su gubici uzrokovani strujama opterećenja u vodičima. Najvažnije je pravilno dimenzioniranje presjeka kabela prema strujama opterećenja za vrijeme životnog vijeka. Također, za cijeli životni vijek, mogu biti znatne vrijednosti gubitaka u ekranu svih jednožilnih kabela koji se uobičajenim postupkom spajaju na oba kraja osim za vrlo male udaljenosti. Proračun gubitaka u jednožilnim kabelima će dati rezultate prikazane u Slici 4. Vrijednosti će naravno biti pod utjecajem odnosa *površina ekrana/otpor* i karakteristika uzemljenja, no ipak dobivamo predodžbu o približnim veličinama. Ako se radni uvjeti kabela predviđaju za 40 godina, ekonomske vrijednosti gubitaka u ekranu postaju vrlo važne.

Nasuprot tome, za trožilne kabele s uobičajenim zajedničkim ekranom oko sve tri žile, gubici u ekranu su vrlo mali zbog uglavnom simetričnog strujnog opterećenja vodiča.

Kako proizvodnja električne energije ima velik utjecaj na okolinu zbog emisija ugljičnog dioksida, također je temeljni ekološki zadatak što veće smanjenje gubitaka u prijenosu električne energije od vjetroagregata do mjesta isporuke. Također od ekonomskog interesa je mogućnosti predaje veće količine električne energije na mjernom mjestu.



Slika 4. Gubitci u ekranu u jednožilnim kabelima

2.2. Robusna konstrukcija podobna za suvremene načine polaganja

S obzirom da se vjetroparkovi grade na lokacijama koje su obično okarakterizirane kao težak i zahtjevan teren, radi bržeg i ekonomičnijeg polaganja kabela razvile su se nove tehnologije polaganja kabela. Također njihovim razvojem postavljaju se novi zahtjevi na konstrukciju kabela. Plašt bi morao zadovoljiti naizgled oprečne zahtjeve jer se traži robustnost zbog grubog rukovanja pri polaganju, a ujedno se traži što je moguće bolja savitljivost da bi se rukovanje olakšalo. Deblji plašt izrađen od HDPE zadovoljio bi prvi kriterij, ali ne i drugi. Kombinacijom vanjskog tanjeg HDPE sloja i unutarnjeg tijela od mekanijeg PE postiže se dobar kompromis. Plašt može biti i grublji, a da kabel ne bude nezgrapan za rukovanje.

Suvremene metode polaganja koje je omogućila suvremena konstrukcija trožilnih TT kabela su:

- Pluženje s izravnim polaganjem kabela u zemlju
- Pluženje s polaganjem ojačane plastične cijevi za naknadno uvlačenje/uguravanje kabela u cijev

Pluženje s izravnim polaganjem kabela u zemlju se primjenjuje na zemljanim terenima I – IV kategorije. Kod ove metode potrebno je izvršiti predpluženje kako bi se izvuklo veće kamenje na trasi kabela. Moguće je izvesti i višestruko predpluženje ukoliko to zahtijevaju uvjeti na terenu.



Slika 5. Pluženje s izravnim polaganjem kabela u zemlju

Pluženje s polaganjem ojačane plastične cijevi primjenjuje se na „težim“ kamenim terenima (kategorije tla od IV – VI). Pluženjem se polaže plastična cijev, a ne sam kabel. U cijev se upuhuje uža od kevlara a zatim se kabel uz pomoć tog užeta uvlači u cijev te mu se pri tome „pomaže“ uguravanjem pomoću posebno konstruiranog stroja za tu namjenu. Da bi izdržao mehanička opterećenja kabel mora biti robustan.



Slika 6. Pluženje s polaganjem ojačane plastične cijevi

2.3. Ekološki pogled - jednostavna uporaba na kraju životnog vijeka

Ono što se obično zaboravlja prilikom ekološkog projekta kakav je projekt vjetroelektrane, to je da bi i elementi koji se ugrađuju osim svog doprinosa zaštiti okoliša tijekom eksploatacije trebali imati i značajan ekološki doprinos prilikom zbrinjavanja odnosno uporabe na kraju životnog vijeka. Stoga je uz sve ranije konstrukcijske zahtjeve dodan i zahtjev potpuno oprečan ranijima – konstruirati kabel za jednostavnu uporabu na kraju životnog vijeka.

Osim toga važno je naglasiti da su u ovom trožilnom kabelu primijenjena samo dva osnovna materijala – aluminij za vodiče, zaslon i foliju za postizanje vodotjesnosti te polietilen raznih PE kakvoća za izolaciju žile, ispunu i plašt. Ovakva konstrukcija omogućuje vrlo jednostavnu uporabu na kraju životnog vijeka.

3. ZAKLJUČAK

S primjenom jednožilnih XLPE kabela postoji više iskustava nego s trožilnim XLPE kabelima u razdjelnim mrežama, što je razumljivo, jer je za razvoj trožilnih kabela visoke pogonske sigurnosti i pouzdanosti te njihovu primjenu trebalo proteći više vremena uz vrlo visoke zahtjeve za konstrukciju i ugradbene materijale te su kasnije ušli u primjenu.

Dostupne informacije ukazuju da se na svim našim lokacijama izgrađenih vjetroelektrana od VE RAVNA 1 do VE POMETENO BRDO i VE ORLICE koriste i polažu jednožilni srednjenaponski kabele za povezivanje vjetroagregata u cjelinu (vjetroelektranu) u skladu s Granskom normom HEP-a "Tehnički uvjeti za izbor i polaganje elektroenergetskih kabela nazivnog napona 1 kV do 35 kV".

Prethodne tehnologije gradnje srednjenaponskih razdjelnih kabelskih mreža s isključivom primjenom jednožilnih kabela teško se i sporo ali ipak postupno napuštaju. Suvremeni trožilni srednjenaponski XLPE kabele imaju sva tražena električka i mehanička svojstva, konstrukciju i ugrađene materijale koji jamče visoku pogonsku sigurnost i pouzdanost mreža u koje su ugrađeni. Zbog toga je njihova primjena u naprednim europskim i ostalim distribucijama u svijetu u stalnom porastu.

S obzirom da je Hrvatska u postupku harmonizacije pozitivnih Europskih normi prihvatila i harmonizirala norme koje se odnose na predmetnu problematiku, te u duhu prihvatanja naprednih svjetskih tehnologija bilo bi dobro kada bi i izdavač Granskih normi HEP-a zadržao vodeću ulogu u Hrvatskoj u napretku i prihvatanju novih tehnologija te uskladio svoje Granske norme s harmoniziranim dokumentima.

LITERATURA

- [1] DIRECTIVE 2001/77/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market
- [2] DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
- [3] Strategija energetskeg razvitka Republike Hrvatske (NN 130/09)
- [4] Ž. Samardžić, "Iskustva iz dosadašnjeg rada VE TRTAR – KRTOLIN", 1. savjetovanje HO-CIRED 2008., Zbornik radova, Šibenik, Hrvatska, svibanj 2008. SO4-07
- [5] Z. Družijanić, mr.sc. Davor Petranović, "Kabelski spojevi između vjetroagregata u vjetroelektrani", 1. savjetovanje HO-CIRED 2008., Zbornik radova, Šibenik, Hrvatska, svibanj 2008. SO5-07
- [6] M. Gjuranović, M. Makoter, J. Kučak, "Suvremeni trožilni srednjonaponski XLPE kabeli u elektrodistribucijskim mrežama", 18. Međunarodni elektroinženjerski simpozij – EIS 2008., Šibenik, Hrvatska, svibanj 2008. EM-3
- [7] U. Johnsen, L. Efraimsson, J. Kučak, "The Contemporary 3-core Medium Voltage XLPE Cables", 8. savjetovanje HRO-CIGRE 2007., Cavtat, Hrvatska, studeni 2007. B1-13
- [8] M. Gjuranović, U. Johnsen, "Iskustva kod ugradnje i pogona suvremenih trožilnih srednjonaponskih XLPE kabela", 19. Međunarodni elektroinženjerski simpozij – EIS 2009., Šibenik, Hrvatska, svibanj 2009. EM-2