

ЗАМЕНА НА ПОСТОЕЧКИТЕ ACSR СО НОВИ ACCC СПРОВОДНИЦИ ВО 400 KV МРЕЖА НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

КУСА СОДРЖИНА

Електроенергетските водови се основни елементи на електроенергетскиот систем, наменети за пренос и дистрибуција на електричната енергија. Изведени се како надземни и кабелски водови. Надземните водови во Република Македонија во високонапонските и сренонапонските мрежи воглавно се изработени од комбинирани јажиња од алуминиум и челик, Al/Fe (ACSR). Во електроенергетскиот систем на САД од неодамна се применуваат нови типови на јажиња со алуминиумски плашт и јадро од композитен материјал. Во овој труд ќе бидат споредени карактеристиките на постоечките ACSR и новите ACCC спроводници. Исто така ќе бидат направени неколку симулации на електроенергетскиот систем на Р. Македонија со цел да се споредат влијанијата кои ќе настанат врз загубите на моќност и големината на струите на кусите врски доколку на 400 kV напонско ниво, старите ACSR јажиња се заменат со нови соодветни ACCC спроводници. Исто така ќе се направи споредба на процентуалната струјна оптовареност на водовите со двата типови на јажиња.

Клучни зборови: ACCC, ACSR, преносна мрежа, загуби на моќност, куси врски, ЕЕС на Република Македонија

ABSTRACT

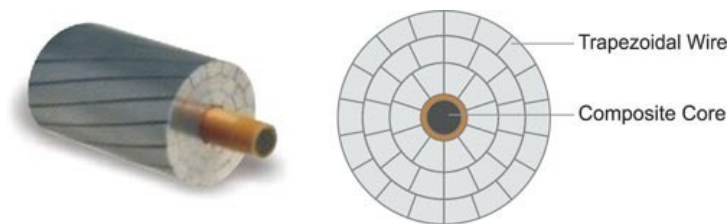
Electric power lines are basic structural elements of the power systems, which are used for transmission and distribution of the electricity. They can be constructed as overhead and cable lines. The overhead lines in the Republic of Macedonia for high and medium voltage networks are mainly made of combined wires of aluminum and steel, also called by the name Al / Fe conductors or ACSRS (Aluminium Conductor Steel Reinforced). In the US power system, new types of conductors have recently been applied which are made of aluminum trapezoidal wires and a core of composite material also known as ACCC (Aluminium Conductor Composite Core). In this paper the characteristics of the existing ACSR and the new ACCC conductors are compared. Several working simulations of the power system of the Republic of Macedonia are performed. These simulations are made by replacing the existing ACSR conductors with new compatible ACCC conductors at 400 kV voltage level transmission lines, in order to compare the effects that will occur on the power losses on the whole system, and the affect on the short circuits currents will be observed too.

Keywords: ACCC, ACSR, transmission network, power losses, short circuits, power system of the Republic of Macedonia.

1 ВОВЕД

Електроенергетските системи (ЕЕС) како најсложени техничко технолошки системи во историјата на човештвото, претставуваат една сложена целина која ги опфаќа системите за производство, пренос, дистрибуција, снабдување и користење на електричната енергија. Бидејќи производството на електрична енергија најчесто се врши на местото каде се наоѓаат природните енергетски ресурси, потребно е истата да се пренесе и дистрибутира до конзумните подрачја, односно до крајните потрошувачи. Со развојот на индустријата и се поголемата примена на електричните апарати во домаќинствата, јавниот сектор и сообраќајот расте потребата за електрична енергија. Меѓутоа покрај ова, последниве неколку години, во услови на дерегулиран пазар на електрична енергија, се јавува промена на функцијата на преносните системи. Заради слободниот пазар за трговија со електрична енергија, ќе биде потешко да се планира оптоварувањето на преносните водови при остварување на трансакциите на електрична енергија помеѓу различни електроенергетски системи. Реализацијата на оваа функција ќе биде ограничена и ќе зависи од преносниот капацитет на високонапонските водови. Оваа зголемена побарувачка за пренос на електрична енергија условува и градба на

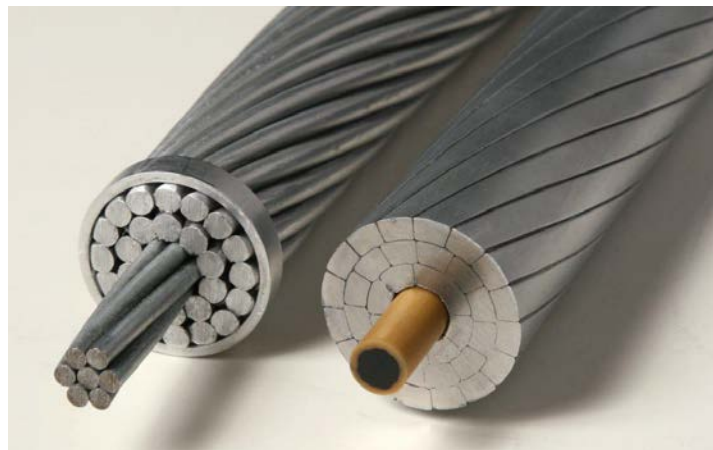
нови надземни високонапонски водови како и реконструкција на веќе постоечките. Меѓутоа, изградбата на нови водови покрај тоа што е доста скапо решение, последниве години е и доста отежнато заради проблемите со експропријација на земјиштето на трасата на водовите, добивање дозвола за сеча на шумите кои би се нашле на трасата, еколошки проблеми и обезбедување на друга правна документација. Од овие причини, најдобро е да се изврши реконструкција на веќе постоечките водови со цел зголемување на нивниот преносен капацитет. Доколку постоечките спроводници на фазните јажиња на еден вод би се замениле со нов тип на јажиња кои би имале поголема трајно дозволена струја на оптоварување, помала (или еднаква) маса, помал провес на повисоки работни температури и помала електрична отпорност, тогаш на едноставен, ефикасен и економичен начин (без интервенции на носечките конструкции) би се зголемил преносниот капацитет на водот. Во изминатата деценија, конструкцијата на нов тип на јажиња со подобри карактеристики во однос на досега постоечките типови на јажиња стана предизвик за голем број на компании кои се занимаваат со производство на големи спроводници за пренос и дистрибуција на електрична енергија. Производството на нов тип јажиња со јадра од композитни материјали (Слика 1) и почетокот на нивната комерцијална продажба, овозможува лесен и економски ефикасен начин за реконструкција на постоечките водови и двојно зголемување на нивните преносни капацитети а воедно и намалување на загубите на електрична енергија.



Слика 1 Јажетип ACCC/TW [1]

2 НОВ ТИП НА СПРОВОДНИЦИ СО КОМПОЗИТНО ЈАДРО ACCC

Неодамна, во 2005 год. по долг истражувачки период, две компании од САД: Composite Technology Corporation (СТС) и 3М Со, на пазарот на електро-опрема пласираа нови типови на јажиња за фазни спроводници, кои имаат големи предности во однос на досега најчесто употребваните алу-челични јажиња. Како главна одлика на овој тип на спроводници е тоа што наместо челично јадро имаат композитно јадро по кое и го носат името, составено од хибридни карбонски и стаклени влакна. Околу јадрото се поставени хеликоидално намотани еден или повеќе слоеви на алуминиумски жици со трапезоидна форма од меко-влечен алуминиум, при што секој слој е намотуван во различна насока [2]. Ваквата форма на жиците овозможува поголема компактност на плаштот (повисок фактор на исполнување), што заедно со помалиот дијаметар на јадрото резултира со 28 % поголем алуминиумски пресек во однос на АCSR јаже со еднаков надворешен дијаметар и жици со кружна форма (Слика 2).



Слика 2 Јаже тип ACCC/TW и алу-челично јаже со еднаков надворешен дијаметар [3]

Во централниот дел на јадрото сместени се карбонските влакна кои обезбедуваат исклучително високо ниво на цврстина на истегнување и низок коефициент на термичка експанзија. Оваа карактеристика овозможува работа при многу повисоки температури и значително зголемување на преносниот капацитет водовите. Додека висококвалитетните стаклени влакна кои што се сместени околу централното јадро ја подобруваат цврстината на јадрото, обезбедуваат отпорност на удар. Од особено значење е тоа што спречуваат галванска реакција (корозија) помеѓу карбонските влакна и алуминиумските жици и истовремено му даваат одредена жилавост и свитливост на јадрото како целина, бидејќи карбонскиот дел од влакното се карактеризира со голема крутост (кршливост) [4]. Ваквата структура на јадрото се одликува со голема механичка цврстина.

3 СПОРЕДУВАЊЕ НА АССС/ TW И АЛУ-ЧЕЛИЧНИТЕ (ACSR) ЈАЖИЊА

АССС спроводниците се покажуваат како посупериорни во однос на класичните ACSR, доколку гледаме споредбено на карактеристиките при ист дијаметар на спроводникот. Имаат скоро двојно поголема трајно дозволена струја во однос на веќе експлоатираниите ACSR. Без да се прави структурна измена на столбовите, би се зголемил преносниот капацитет, доверливоста и намалување на можноста за преоптоварување на преносната електрична инфраструктура. Тоа што спроводните алуминиумски жици кај АССС јажињата се изведени во трапезоидна форма овозможува подобар фактор на исполнување на алуминиумскиот плашт кој изнесува околу 93 %. Композитното јадро е со помал дијаметар во однос на јадрото со челични жици на соодветното ACSR јаже, што заедно со поголемиот фактор на исполнување овозможува поголем пресек на алуминиумскиот плашт на АССС/TW за исти надворешен дијаметар на јажето. Изведбата на алуминиумскиот плашт кај новите јажиња е од меко влечен алуминиум што овозможува до два пати повисока работна температура. Според IACS тврдиот алуминиум кај ACSR јажињата има спроводливост од 61 % и максимално дозволена работна температура од 80 °C, додека мекиот алуминиум има 63 % спроводливост и максимална дозволена работна температура од 180°C (што е повеќе од двојно поголема). Јажињата со композитно јадро имаат помал температурен коефициент на издолжување, помала маса по единица должина и поголема сила на кинење што доведува до помали провеси во распоните при високи работни температури. Поголемите распони би резултирале со помал број на столбови што доведува до економска оправданост за имплементирање на спроводници со композитно јадро во идните проектни решенија при проектирање на надземни водови.

Постоечката 400 kV преносна мрежа на Република Македонија е изведена со алу-челични јажиња ACSR 490/65. Соодветна замена на овие спроводници во следната анализа е направена со спроводници АССС/TW Cardinal и нивните споредбени карактеристики се прикажани во табела 1.

Табела 1 Карактеристики на ACCC/TW-Cardinal [3] и ACSR 490/65[5]

Карактеристики на јажето / тип	ACCC/TW - Cardinal	ACSR (Al/Fe) 490/65
Надворешен дијаметар (mm)	30.43	30.6
Дијаметар на јадрото (mm)	8.76	~ 8.99
Алуминиумски плашт (mm ²)	619.1	490.3
Фактор на исполнување (%)	93.00	75.00
Маса по единица должина (kg/km)	1823.00	1855.00
Коефициент на термичко издолжување на јадрото (1/°C)	1.61·10 ⁻⁶	19.3·10 ⁻⁶
Модул на еластичност на јажето (kN/mm ²)	74.45	77.00
DC отпорност при 20 °C (Ω/km)	0.0452	0.059
Дозволена трајна струја при 80 °C (A)	1300	840
Дозволена трајна струја 180 °C (A)	1990	Нема
Максимална работна температура (°C)	180	80

Бидејќи јадрото кај ACCC/TW јажињата се изработува од неферромагнетни материјали, вкупната индуктивност по фаза на вод изграден со ваков тип на јажиња е помала, со што загубите на моќност и магнетното зрачење во околината на водот се помали, во однос на вод изграден со ACSR јажиња.

4 ПРЕСМЕТКА НА ЗАГУБИ НА МОЌНОСТ СО ДВАТА ТИПА НА СПРОВОДНИЦИ ЗА ПРЕДВИДЕНА СОСТОЈБА НА ЗИМСКИ МАКСИМУМ ВО 2020 ГОДИНА (СЦЕНАРИО А)

Во 2020 година предвидени се две сценарија за изградба на електрични централи: сценарио “јаглен гас” и “зелено”. Согласно порастот на оптоварувањето можат да се поделат на референтно сценарио и контролни сценарија за развојот на преносната мрежа на РМ. Референтното сценарио претпоставува повисока стапка на пораст на максималното зимско оптоварување (сценарио А, $P_{\max}=1538$ MW), додека контролните сценарија претпоставуваат пониска стапка на пораст на максималното зимско оптоварување (сценарио В, $P_{\max-2}=1474$ MW) и максимално летно оптоварување на преносната мрежа ($P_{\max-лето}=1149$ MW) [6].

4.1 Симулација 1:

Со цел да се утврди влијанието на замената со новите типови на јажиња врз загубите на моќност и колку ќе изнесува процентуална оптовареност на водовите во однос на трајно дозволената струја, во компјутерскиот програм NEPLAN 5.53[7] направени се пресметки на текови на моќност на ЕЕС на Република Македонија за предвидено сценарио А во 2020 год. при зимски максимум, со и без замена на постоечките ACSR 490/65 со нови соодветни јажиња од типот ACCC/TW – Cardinal на 400 kV мрежа. Резултатите од симулациите се прикажани во Табела 2, Табела 3 и Табела 4.

Табела 2 Загуби на моќност во водови и трансформатори со двата типа на јажиња

Напонско ниво (kV)	Загуби на активна моќност (MW) со ACSR 490/65	Загуби на активна моќност (MW) ACCC/TW Cardinal
110 (водови)	18.121	18.08
110 (Трансформатори)	2.316	2.255
400 (водови)	5.335	4.344
400 (трансформатори)	1.619	1.644

Табела 3 Падови на напон во 400 kV водови со двата типа на јажиња

Вод	Пад на напон (kV) со ACSR 490/65	Пад на напон (kV) со ACCC/TW – Cardinal
Битола 2 - Дуброво	4.6	4.1
Битола 2 - Охрид	1.7	1.5
Битола 2 – Скопје 4	6.3	5.7
Дуброво – Скопје 4	1.7	1.6
Дуброво - Штип	0.5	0.6
Скопје 4 – Скопје 1	1.4	1.2

Табела 4 Оптовареност на водовите со двата типа на јажиња

Вод	Со ACSR 490/65 (%)	Со ACCC/TW – Cardinal (%)
Битола 2 - Дуброво	6.41	3.01
Битола 2 - Охрид	22.48	9.93
Битола 2 – Скопје 4	17.03	7.37
Дуброво – Скопје 4	16.18	7.36
Дуброво - Штип	11.94	5.28
Скопје 4 – Скопје 1	19.97	8.91

4.2 Симулација 2:

Следната симулација е направена за истото сценарио како во претходната, но со двојно зголемена побарувачка на електрична енергија од страна на Република Албанија и Република Косово која што треба да се пренесе од Република Бугарија и Република Грција преку македонскиот преносен систем. Во Табела 5, Табела 6 и Табела 7 се прикажани резултатите од анализата.

Табела 5 Загуби на моќност во водови и трансформатори со двата типа на јажиња

Напонско ниво (kV)	Загуби на активна моќност (MW) со ACSR 490/65	Загуби на активна моќност (MW) ACCC/TW Cardinal
110 (водови)	19.055	19.955
110 (Трансформатори)	2.41	2.401
400 (водови)	16.212	13.021
400 (трансформатори)	1.751	1.821

Табела 6 Пад на напон во 400 kV водови со двата типа на јажиња

Вод	Пад на напон (kV) со ACSR 490/65	Пад на напон (kV) со ACCC/TW - Cardinal
Битола 2 - Дуброво	1.8	1.9
Битола 2 - Охрид	4.2	3.7
Битола 2 – Скопје 4	4.7	3.7
Дуброво – Скопје 4	2.9	1.8
Штип – Дуброво	1.4	1.6
Скопје 4 – Скопје 1	1.5	0.1

Табела 7 Оптовареност на водовите со двата типа на јажиња

Вод	Со ACSR 490/65 (%)	Со ACCC/TW – Cardinal (%)
Битола 2 - Дуброво	8.52	4.17
Битола 2 - Охрид	42.04	18.6
Битола 2 – Скопје 4	14.09	5.9
Дуброво – Скопје 4	26.74	12.29
Дуброво - Штип	36.86	17.42
Скопје 4 – Скопје 1	27.61	11.82

Од добиените резултати во табелите може да се забележи дека со имплементирање на новите типови на јажиња на 400 kV мрежа се постигнува влијание врз загубите на моќност не само во 400 kV, туку и во 110 kV мрежа и во трансформаторите и падовите на напон се за одреден процент променети. Во првата симулација, вкупните загуби на активна моќност во целата преносна мрежа ќе се намалат за 1157 kW, што не претставува драстично намалување поради релативно ниската оптовареност на водовите. Во табела 4 е прикажано нивото на оптовареност на водовите во однос на трајнодозволената струја. Може да се забележи дека кај водовите со ACCC спроводници оптовареноста е повеќе од двојно намалена, а тоа се должи на поголемото максимално дозволено струјно оптоварување на спроводниците изработени од композитно јадро во однос на веќе постоечките ACSR. Најоптоварен вод е водот Битола2 – Охрид, со 22.48% со ACSR односно 9.93% со ACCC. Падовите на напон се за одреден процент намалени, освен за водот Дуброво – Штип каде што падот на напон е зголемен од вредност 0.5 kV на 0.6 kV, што е незначително.

Во втората симулација имаме зголемена побарувачка на електрична енергија од страна на соседите и како резултат на тоа се зголемува оптовареноста на водовите и настанува прераспределба на тековите на моќност. Со имплементирање на новите јажиња загубите на моќност ќе бидат намалени за 2.23 MW. Падовите на напон се намалуваат, но тоа не е случај и со водовите Битола 2 – Дуброво и Штип – Дуброво, што е незначително. И во овој случај најоптоварен е водот Битола 2 – Охрид со 42.04% со ACSR односно 18.6% со соодветните ACCC спроводници, што претставува повеќе од двојно помала струјна оптовареност.

5 АНАЛИЗА НА ТРИФАЗНИ КУСИ ВРСКИ НА 400 KV СОБИРНИЦИ СО ДВАТА ТИПОВИ НА ЈАЖИЊА

Бидејќи новите јажиња ACCC/TW се изработени со јадро од неферромагнетен материјал и со тоа што во конкретниот случај работиме со спроводник со помал надворешен дијаметар, вкупната индуктивна отпорност на водовите е помала во споредба со водовите од класичните алу-челични јажиња кај кои јадрото е изработено од ферромагнетен материјал. Исто така ACCC имаат помала активна отпорност. Како резултат на ова, ќе се променат и големините на струите на куси врски. Па затоа во следната анализа направени се пресметки на струите на куси врски кои би настанале на 400kV собирници. Резултатите од оваа анализа се прикажани во Табела 6.

Табела 6 Струи на трифазна куса врска на местото на грешка на 400 kV собирници

Собирница	Струја на местото на грешка (kA)со ACSR 490/65	Струја на местото на грешка (kA)со ACCC/TW - Cardinal
Битола 2	23,572	25.004
Дуброво	20,099	20.972
Скопје 1	15,098	15.625
Штип	15,406	15.879
Скопје 4	16,455	17.075
Охрид	12,876	15.426

Од резултатите прикажани во табелите може да се заклучи дека струите на куси врски при соодветната замена ќе бидат за мал процент зголемени, што представува и мал вид недостаток на овие јажиња. Но со оглед на тоа што прекинувачите во 400 kV разводни постројки во РМ имаат расклопна струја на куса врска 40 kA, ова зголемување нема да представува проблем.

6. ЗАКЛУЧОК

Во рамките на овој труд беа анализирани предностите и недостатоците на новите типови на јажиња со јадро од композитен материјал имплементирани во македонската преносна мрежа на 400 kV напонско ниво во услови на зголемено оптоварување (предвидено сценарио А за 2020). Предностите при оваа имплементација би биле тоа што се зголемува преносната моќност на водовите што е доста значајно при процесот на трансакции на електрична енергија помеѓу соседните ЕЕС, загубите на моќност ќе се намалат, подобрување на напонските прилики на мрежата и намалување на оптовареноста на водовите. Како недостаток го наведовме порастот на струите на куси врски за мал процент, меѓутоа тоа нема да условува дополнителни инвестиции во заштитната опрема на системот. Во рамките на овој труд не е направена економска анализа на замената на веќе постоечките спроводници.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.ssen-transmission.co.uk/>
- [2] Љ. Трпезановски, А. Маркоски, М. Атанасовски, “Спроводници со композитни јадра за пренос и дистрибуција на електрична енергија со надземни водови”, Хоризонти, година III бр.3, Декември 2008 Битола
- [3] CTC Global Corporation 2011, “Engineering Transmission Lines with High Capacity Low Sag ACCC Conductors”, First edition, ISBN # 978-0-615-57959-7, 2011
- [4] Power Systems Engineering Research Center, “Characterization of Composite Cores for High Temperature-Low Sag (HTLS) Conductors”, PSERC Publication 09-05, July 2009
- [5] Р. Ачкоски. “Надземни и кабелски водови (предавања)”, ФЕИТ, Скопје 2004
- [6] АД МЕПСО. Концепти за развој на преносната мрежа во одделни региони за долгорочен период, Загреб/Скопје, 2017 год.
- [7] Neplan 5.53 software, BCP Switzerland (Educational version for Faculty of Technical Sciences - Bitola)