

ӨОЖ 621.315.1
 FTAXP 44.29.37

DOI 10.52578/2305-9397-2023-2-3-144-152

Жексембиева Н.С., техника ғылымдарының кандидаты, доцент, негізгі автор, <https://orcid.org/0000-0002-6094-6987>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал қ., 090009, Қазақстан Республикасы, nazim_61zh@mail.ru

Хасанов Е.Н., магистрант, <https://orcid.org/0009-0004-0382-9196>

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Мөңкеұлы көшесі, 113, Орал қ., 090005, Қазақстан Республикасы, has.erkin@mail.com

Zheksembieva N.S., Candidate of Technical Sciences, associate professor, the main author, <https://orcid.org/0000-0002-6094-6987>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st.Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, nazim_61zh@mail.ru

Khassanov E.N., master's student, <https://orcid.org/0009-0004-0382-9196>

NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st.M.Monkeulystreet 113, 090005, Kazakhstan, has.erkin@gmail.com

ӘУЕ ӘБЖ СЫМДАРЫНЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫН ЖІКТЕУ ТУРАЛЫ ON THE CLASSIFICATION OF INNOVATIVE DESIGNS OF OVERHEAD POWER LINE WIRES

Аннотация

Бұл мақалада жоғары вольтты әуе электр желілерінің сымдарының жаңа түрлері туралы кең ақпарат жүйеленеді және оларды компоненттік құрылым, өткізгіш бөліктің сымдарының пішіні мен материалы, өзек материалы сияқты маңызды құрылымдық сипаттамаларға сәйкес жіктеу ұсынылады. Сондай-ақ, сымдарды олардың температураға төзімділік деңгейіне қарай жіктеу қарастырылады, олар салбырап тұратын жоғары температуралы сымдар тобын бөледі. Электр энергиясын беру кезінде электр энергиясының шығындарының негізгі себебі болып табылатын-сымдардың кедергісі. Қазіргі электр желілерінде ол нөлден көп. Бірақ сымды белгілі бір температурадан төмен салқындату арқылы нөлдік кедергіге қол жеткізуге болады, бұл белгілі бір материалға байланысты. Бұл құбылыс асқын өткізгіштік деп аталады. Осындай әсерді қолданатын желілер беріліс кезінде энергия шығынын едәуір төмендетуі мүмкін. Әрине, тұтынушыларды электрмен жабдықтау сенімділігінің қажетті дәрежесін қамтамасыз ету қажеттілігі, сондай-ақ мұндай шешімдердің экономикалық тиімділігі туралы ұмытпау керек. Олардың бірі сымның жұмыс температурасының жоғарылауына байланысты ӘЖ арқылы берілетін қуаттың қыздыру шарттары бойынша ұзақ уақыт бойы 1,6—3 есе жоғарылауына қол жеткізуге мүмкіндік беретін сымдардың дәстүрлі емес түрлерін пайдаланудан тұрады. Қазіргі заманғы техникалық әдебиеттерде мұндай сымдарға "жоғары температура" (ЖТС) атауы бекітілген.

ANNOTATION

This article systematizes extensive information about new types of wires of high-voltage overhead power lines and suggests classifying them according to important design characteristics, such as component structure, shape and material of wires of the conducting part, core material. The classification of wires according to their degree of heat resistance is also considered, which separates a group of high-temperature wires that sag. The main reason for the loss of electricity during the transmission of electricity is the resistance of the wires. In modern power grids, it is greater than zero. But by cooling the wire below a certain temperature, it is possible to achieve zero resistance, which depends on the specific material. This phenomenon is called superconductivity. Networks using this effect can significantly reduce transmission energy consumption. Of course, we should not forget

about the need to ensure the necessary degree of reliability of power supply to consumers, as well as the economic efficiency of such solutions. One of them is working with a wire it consists in the use of unconventional types of wires that allow to increase the power supplied through the overhead line, under heating conditions for a long time by 1.6—3 times. In modern technical literature, the name "high temperature" (HTL) is attached to such wires.

Түйін сөздер: әуе желілері, жоғары температуралы сымдар(ЖТС),токөткізгіш бөлік (ТӨБ), қорытпа, термиялық төзімділік.

Key words:air lines, high-temperature wires (HTW),conductive part (CP), alloy, heat resistance.

Кіріспе."Қазэнергокабель"АҚ-ның қазіргі заманғы техникалық саясатына енгізілген электр желілік кешендегі инновациялық техникалық шешімдерге бағдарлануды оң бағаламауға болмайды.Жаңа әуе желілерін (ӘЖ) салуға және қолданыстағы әуе желілерін қайта жаңартуға қатысты тиісті құжаттардың бөлігінде прогрессивті шешімдер ең алдымен олардың өткізу қабілетін арттыруға бағытталған.

Тұтынушыларды электрмен жабдықтау сенімділігінің қажетті дәрежесін қамтамасыз ету қажеттілігі, сондай-ақ мұндай шешімдердің экономикалық тиімділігі туралы ұмытпау керек. Олардың бірі сымның жұмыс температурасының жоғарылауына байланысты ӘЖ арқылы берілетін қуаттың қыздыру шарттары бойынша ұзақ уақыт бойы 1,6—3 есе жоғарылауына қол жеткізуге мүмкіндік беретін сымдардың дәстүрлі емес түрлерін пайдаланудан тұрады. Қазіргі заманғы техникалық әдебиеттерде мұндай сымдарға "жоғары температура" (ЖТС) атауы бекітілген, бірақ бұл температуралардың өзі тым жоғары емес — 250°C-тан аспайды. Олар АС маркалы дәстүрлі болат алюминий сымдары үшін жұмыс температурасынан айтарлықтай ерекшеленеді[3, 4].

Алдыңғы шешімді ішінара қолданатын тағы бір инновациялық шешім-HTLS (high Temperature Low Sag) санатына жататын сымдарды, яғни Жоғары температуралы, аз созылатын сымдарды қолдану [6, 7]

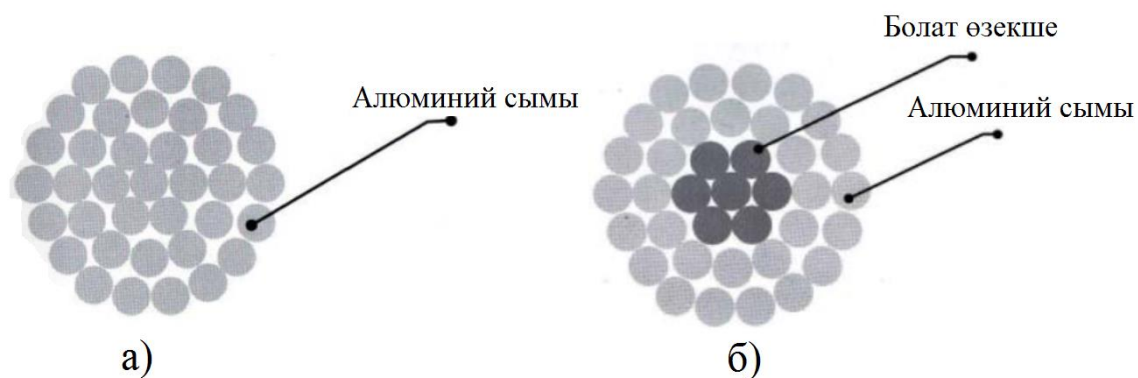
Шетелдік ZM, Nexans, General Cable, J-Rowegs Systems, VISCAS, Southwire, STS Global, Lumpi-Berndorf және т. б. компаниялары, сондай — ақ отандық зауыттар-"Кирскабель" ААҚ, "ЭМ-КАБЕЛЬ" ЖШҚ шығаратын жаңа конструкциялардың сымдарының номенклатурасы өте алуан түрлі және жиырмаға жуық модификациямен бірге есептеледі атауы [2, 8]. Өкінішке орай, бастапқы техникалық шарттарға сәйкес келетін сым маркасын таңдау міндеті тұрған дизайнер тек жарияланымдардың көптігін бағдарлап қана қоймайды, олардың әрқайсысында тиісті сым маркасын өндіруші өз өнімдерін жарнамалайды.

Құрылымдық белгілері бойынша жіктеу. Жоғарыда айтылғандарға байланысты сымдардың дәстүрлі емес конструкциялары туралы ақпарат жүйеленген және оларды бірқатар белгілер бойынша жіктеу ұсынылған.

1-кесте - Конструктивті белгілері бойынша ӘЖ жіктелуі.

№	Белгісі	Түрлері	Варианттар	Символ	Дерек көз
1	2	3	4	5	6
1	Компоненттік құрылымы	1.1 монометаллдық	1.1.1 алюминий	А	[4]
			1.1.2 алюминий қорытпасы	ААА	[10]
		1.2 биометаллдық	1.2.1 саңылаумен	Әдеттегі бойынша	[4]
			1.2.2 саңылаусыз	G (gap)	[11]
		1.3 металл+компо зит	4.3 п.	-	[12, 13]

1	2	3	4	5	6
2	Сымдардың өткізгіш бөлігінің формасы	2.1 Дөңгелек	2.1.1 бірдей диаметрмен	Әдеттегі бойынша	[4]
			2.1.2 әртүрлі диаметрмен	Жоқ	[14]
		2.2 Трапеция	Жоқ	TW	[15]
		2.3 Z-тәріздес	Жоқ	Z	[16]
		2.4 Ұшқынтәріздес	Жоқ	Жоқ	[15]
3	Токөткізгіш бөлігінің материалы	3.1 алюминий	3.1.1 электротехникалық (АТ)	А	[5]
			3.1.2 жұмсақ (АМ)	ACSS	[7]
		3.2 алюминий қорытпасы	3.2.1 ABE [Al+2%(Mg+Si+Fe)]	AA	[10]
			3.2.2 TAL, ZTAL, XTAL,KTAL(Al-Zr)	T, ZT, XT,KT	[17]
4	Өзекше материалы	4.1 қапталған болат	4.1.1 гальваникалық(мырышталған)	Әдеттегі бойынша	[7]
			4.1.2 мишметалл қорытпамен 95%Zn + 5%Al	Жоқ	[7]
			4.1.3 алюминиймен	AW(ACS)	[7]
		4.2 қорытпа	4.2.1 алюминий-цирконий	жоқ	[17]
			4.2.2 темірникель(инвар)	I	[3]
		4.3 композит	4.3.1 металликалық матрицамен (Al, Al ₂ , O ₃)	CR	[12]
			4.3.2 полимерлік матрицамен	CC	[12]
		4.4 құрамында азоты бар магнит емес болат	Жоқ	ACa	[14]



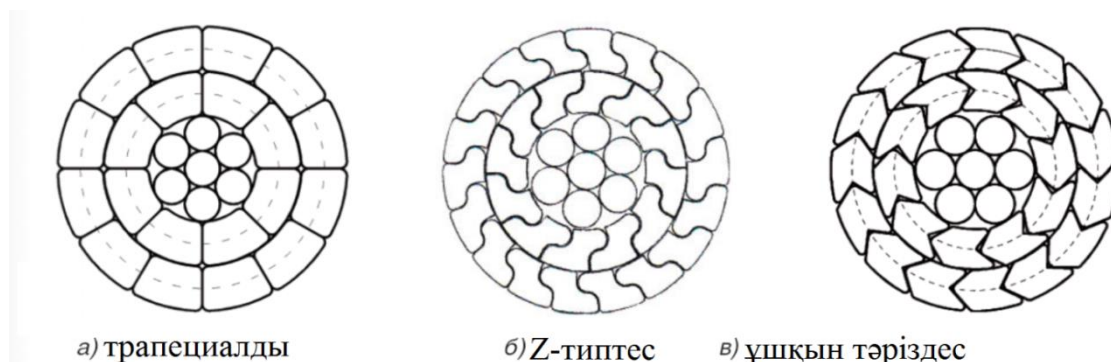
Сурет 1 - Оқшауланбаған ӘЖ сымдарының ГОСТ 839-90 бойынша көлденең қимасы

а) Монометалл маркалы А-алюминий сымынан (ACC аналогы);

б) Биметалл маркалы АС-болаталюминий (ACSR аналогы);

Мұндай белгілер ретінде сымның құрамдас құрылымы, токөткізгіш бөліктің (ТӨБ) сымдарының пішіні мен материалы және өзек материалы қабылданады. Әр белгі бойынша тиісті сипаттамалардың сорттары[20], сондай-ақ сым маркаларында бар ерекше белгілерді көрсете отырып, оларды жүзеге асырудың мүмкін нұсқалары көрсетілген. Бұл жұмыстың

нәтижелері кестеде келтірілген. 1бірінші белгіге сәйкес ерекшеленетін сорттардың иллюстрациясы ретінде ("компоненттік құрылым"), суретте. 1 Ресейде ГОСТ 839-80 [4] стандарттары бойынша жаппай өндірілген сымдардың көлденең қималары, атап айтқанда А және АС маркалы моно және биметалл сымдары ұсынылған.



Сурет 2 – Сымның токөткізгіш бөлігінің стандартты емес формалары

2-суретте ТӨБ әр түрлі пішінді сымдарды қолдана отырып жасалған сымдардың қималары көрсетілген (кестедегі 2 белгіні қараңыз. 1) бұрын дөңгелек сымдардан ТӨБ қолдану жалпы қабылданған шешім болғандықтан, мұнда кестедегі 2.2, 2.3 және 2.4 позицияларына сәйкес сымдардың дәстүрлі емес формасы бар сымдар ғана ұсынылған.

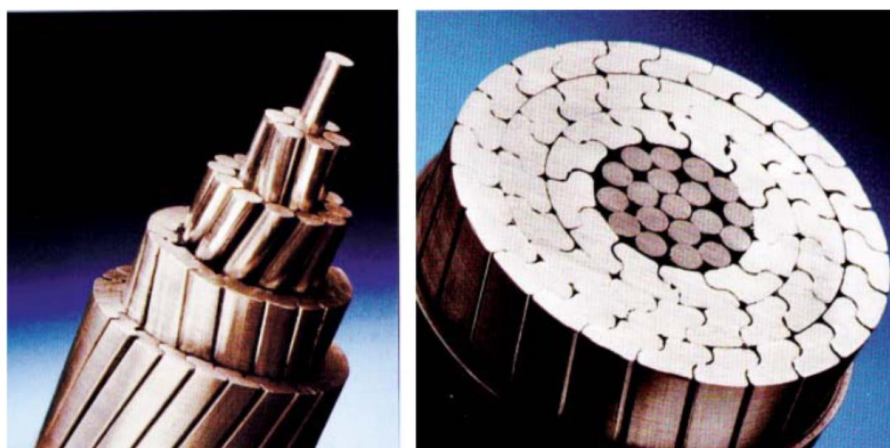
Жаңа сымдарды жіктеуге бағытталған бұл әрекеттің өзінен бұрынғылары бар екенін атап өткен жөн[21]. Сонымен, сымдардың инновациялық түрлерінің үш тобы анықталды:

- * мұздануға төзімді сымдар (Кюри нүктесі төмен немесе арнайы жабыны бар материалдардан өрілген):

- * механикалық беріктігі жоғары сымдар;

- * жоғары өткізу қабілеті бар ыстыққа төзімді сымдар (тек негізгі материалмен сараланған) [1].

Өкінішке орай, [9] белгілі бір топқа кіретін сым маркаларының құрамына қатысты ешқандай түсініктеме жоқ. Сонымен қатар, әр түрлі топтарға (екінші және үшінші) бірдей сымдардың (базальт немесе көміртекті талшықтардың өзегі бар)қосылуы таң қалдырады



а) Толықтай А3F
алюминий қоспасынан
(AAAC Z)

б) Болат өзекшелі, А3F алюминий
қоспасынан
(AACSR Z)

Сурет 3 – Nexans компаниясының “Aero-Z” сымы

Ыстыққа төзімділік деңгейі бойынша жіктеу. Сымдардың үш тобын бөлу неғұрлым ұтымды болып көрінеді. Бірінші топқа қыздыру температурасы 90°C дейін рұқсат етілген

шағын сымдар кіреді. Шағындық сымдардың ТӨБішінін дөңгелектен трапеция немесе Z-тәрізді етіп өзгерту арқылы қол жеткізіледі (2-суретті қараңыз.). Жоғары беріктікке ие мырышталған болат, алюминий қорытпасы немесе композит қолданылады(1-кестедегі 4.1.1, 4.2.1 және 4.3 позицияларын қараңыз).

2-кесте - ӘЖ маркалары және олардың расшифровкалары.

Марка	Ағылшын тіліндегі термин	Қазақ тіліне аударылған термин
AAC	All Aluminium Conductor	Толық алюминий сымы
AAAC*	All Aluminium Alloy Conductor	Толық Термотазаланған АВЕ қорытпасынан
AAAC Z	AAAC with Z-wires (AERO-Z)	Z-типтес сыртқы сымнан құралған
ACSR**	Aluminium Conductor Steel Reinforced	АС маркалы болат-алюминий сым
ACAR	Aluminium Conductor Alloy Reinforced	Өзекшесі Термотазаланған АВЕ қорытпасынан, сымы алюминий
ACSS**	Aluminium Conductor Steel Supported	Өзекшесі берік болаттан, сымы күйдірілген алюминий
TACSR	Thermal Resistant Aluminium Alloy (TRAA) Conductor Steel Reinforced	Сымы Al-Zr(TAL) термоберік қоспасынан, өзекшесі болат
ZTACSR	Ultra TRAA Conductor Steel Reinforced	Сымы ZTAL термоберік қоспасынан, өзекшесі болат
KTACSR	High Strength TRAA Conductor Steel Reinforced	Сымы KTAL термоберік қоспасынан, өзекшесі болат
TACIR	TRAA Conductor Invar Reinforced	Сымы Al-Zr(TAL) термоберік қоспасынан, өзекшесі Инвар темірникель қоспасынан
ZTACIR	Ultra TRAA Conductor Invar Reinforced	Жоғарыдағыдай, бірақ ZTAL қоспасынан
XTACIR	Extra TRAA Conductor Invar Reinforced	Жоғарыдағыдай, бірақ XTAL қоспасынан
GTACSR	Gap-Type TRAA Conductor Steel Reinforced	Сымы Al-Zr(TAL) термоберік қоспасынан, өзекшесі болат және саңылауымен
GZTACSR	Gap-Type Ultra TRAA Conductor Steel Reinforced	Жоғарыдағыдай, бірақ ZTAL қоспасынан
ACCR	TRAA Conductor Composite Reinforced	Сымы Al-Zr(TAL) термоберік қоспасынан, өзекшесі металлкомпозиттен
ACCC*	Aluminium TRAA Conductor Composite Core	Өзекшесі көміртек композиттен, сымы күйдірілген алюминий
ACCFR	Aluminium Conductor Carbon Fiber Reinforced	Сымы алюминийден, өзекшесі композитті, көміртек талшықтарынан
TACCFR	TRAA Conductor Carbon Fiber Reinforced	Сымы Al-Zr(TAL) термоберік қоспасынан, өзекшесі көміртек талшықтарынан

* AAAC/TW – ТПЧ трапециалды сымдарымен модификациясы.

** ACSR/TW және ACSR-AW модификациясы.

Бұл жағдайда көлденең қиманы толтыру коэффициенті 30-40% - ға артады. Мұндай сымдардағы өзек сымдары үшін

Берілген кестеде бұл топқа алюминий сымдардан (AAS, ASAR, ASSR маркалары) немесе A3F немесе ABE термиялық өңделген қорытпасынан (Al + 2% (Mg+Si+Fe) AAAS Z және AACSR Z маркалары берілген. осы сымдардың мысалы ретінде күріштегі топтар. 3 Nexans компаниясының Aero-Z жалпы сауда маркасымен сымдардың көлденең қималары ұсынылған, атап айтқанда, ABE маркалы отандық термиялық өңделген алюминий қорытпасының аналогы болып табылатын A3F қорытпасынан жасалған ТӨБ сымдары бар сымдар[11, 12, 13].

Жоғары температура" санатына жатпайтын жоғарыда аталған 5 сым маркасы үшін 90°С-қа тең рұқсат етілген ең жоғары жұмыс температурасын ($T_{доп}$) көрсетеді.

Жоғарыдағы маркалардың транскрипциясы, сондай-ақ келесі маркалар 2-кестеде келтірілген.

Екінші тобына HTLS санатына жатпайтын ЖТС кіреді. Бұл, ең алдымен, ТӨБ сымдары алюминий-цирконий қорытпаларынан (Al-Zr) жасалған сымдар. Бұл қорытпалардың қатарында төрт атау бар, атап айтқанда, бұл, ХТА және КТА. Алғашқы үш модификация сәйкесінше Т, = 150, 210 және 230°С температурада ұзақ уақыт жұмыс істей алады. Соңғысы (KTAL) ондағы TAL (150°С) қорытпамен бірдей ыстыққа төзімділікке ие, бірақ одан жоғары беріктігімен ерекшеленеді.

Ағылшын тіліндегі әдебиеттердегі осы қорытпалардың барлығына термиялық төзімді алюминий Thermal Resistant Aluminium Alloy (TRAA) термині сәйкес келеді, бұл "ыстыққа төзімді алюминий қорытпасы" дегенді білдіреді. Алайда, сорттарды ажырату үшін негізгі терминге келесі белгілер қосылады: ZTAL үшін Ultra TRAA, XTAL үшін Extra TRAA, KTAL үшін High Strength TRAA. Қарастырылып отырған топқа келесі брендтердің сымдары кіреді: TACSR, ZTACSR, KTACSR. Сол топқа ACSS, ACSS/TW, ACSS/AW, ACSS/TW/AW ($T_{доп}$ = 200°С) маркалы сымдар жатады, мұнда ТӨБ (АМ маркалы) сымдары күйдірілген алюминийден жасалған[14, 15]. АМ маркалы сымның созылу беріктігі әдеттегі болат алюминий сымдарын жасауда қолданылатын АТ маркалы сымнан шамамен 2 есе аз болғандықтан, содан кейін өзек жалпы сымның қажетті беріктігін қамтамасыз ету үшін HS немесе EHS маркалы жоғары беріктігі бар болаттан жасалуы керек.

Үшінші топтағы сымдарды құру (салбырап тұрған жебесі аз ЖТС)сызықтық температуралық кеңею коэффициентінің к төмен мәндерімен сипатталатын материалдарды қолдануды талап етеді[16, 17]. К мәндері ӘЖ сымдарын өндіруде қолданылатын әртүрлі материалдар үшін 3-кестеде берілген.

Бұл сымдарды қолданыстағы ӘЖ-ді қайта құру кезінде олардың жүктеме қабілетін арттыру мақсатында пайдалану аралық аралықтардың ұзындығын және аралық тіректердің биіктігін сақтай отырып, салбырау жебелерін азайтуға мүмкіндік береді.

Ұқсас мақсат —ТӨБ мен өзекше бір-бірімен тікелей байланыста болмайтын ерекше сым құрылымын жасау, өйткені олар ыстыққа төзімді маймен толтырылған саңылаумен бөлінген (5-сурет). Бұл GTACSR және GZTACSR маркалы сымдар.

3-кесте - Сызықтықтемпературалық ұлғаю коэффициенті.

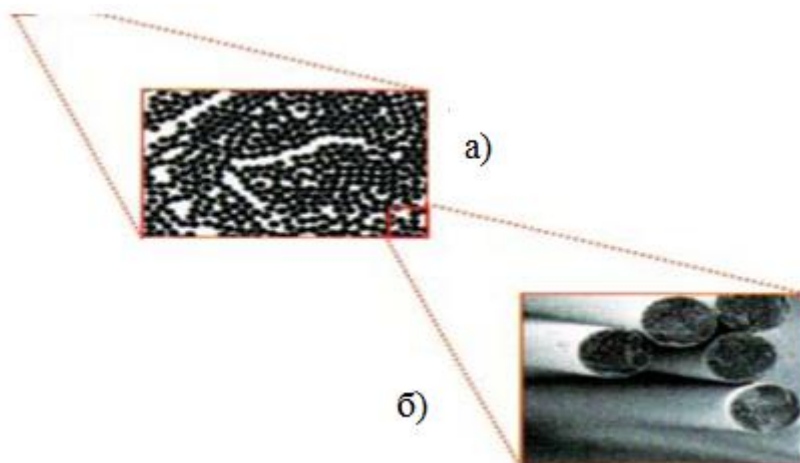
Материал	$k_t, 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
Алюминий, АВЕ қоспасы	23,0
EST маркалы берік болат	11,5
Металлкомпозит (Al+Al ₂ O ₃)	6,0
Темірникель қоспа, инвар	3,7
Полимеркомпозит	1,6

Мұндай сымдардың кернеуі болат өзектің артында жүзеге асырылатындықтан (ТӨБ сымдары AL-Zr қорытпасы созылу жүктемесін қабылдамайды), содан кейін салбырау мәні болаттың сызықтық кеңеюінің температуралық коэффициентімен анықталады (11,5.10⁻⁶/°C). Салыстыру үшін, ASSR маркалы кәдімгі болат алюминий сымы үшін (Қазақстанда — АС маркасы) бұл коэффициенттің мәні (19-20)10⁻⁸.1/°C құрайды. Мысал ретінде 6-суретте 400 мм қимасы бар сымның салбырау тәуелділіктері ұсынылған, сымдардың төрт маркасы үшін оның температурасынан 300 м қашықтықта: ACSR ($T_{доп}$ = 90°С), GTACSR ($T_{доп}$ = 150°С), ZTACIR және GZTACSR ($T_{доп}$ = 210°С).

Осы тәуелділіктерді салыстыра отырып, GTACSR маркалы сымның 150°С температурада және ZTACIR маркалы сымның 210°С температурада, салбыраған жебелері 90°С температурада ASSR маркалы сыммен бірдей болатынын көруге болады. Бұл әдеттегі болат алюминий сымын ЖТС-ға ауыстырған кезде ӘЖ жүктеме қабілетінің айтарлықтай артуына қол жеткізуге болатындығын білдіреді[18, 19].



Сурет 4 - ACCR маркалы сымның металлкомпозитті өзекшесінің құрылымы



Сурет 1 - Өзекше мен токөткізгіш бөлігінің арасындағы саңылауы термоберік маймен толтырылған GTACSR және GZTACSR маркалы сымдардың конструкциясы

- а) Талшықтар арасындағы таза алюминий жоғары өткізгіштік береді
б) Алюминий оксидінен 25000-ға жуық талшық сымға жоғары механикалық беріктік береді

Қорытынды. Бүгінгі таңда қолданыстағы ӘЖ сымдарының конструкцияларын шолуды аяқтай отырып, біз олардың техникалық артықшылықтары мен кемшіліктерін салыстыруға, ең алдымен, сымдарды стационарлық режимде қыздыру шарттары бойынша желінің өткізу қабілеттілігін арттыру дәрежесіне қасақана тоқталмағанымызды атап өткім келеді. Бұл көптеген әсер етуші факторларды өзгерту қажеттілігі арқылы жүзеге асырылатын жеке зерттеудің тақырыбы.

Рұқсат етілген қыздыру шарттары бойынша берілетін қуатты шектеу екенін ұмытпаған жөнсымдар салыстырмалы түрде қысқа ӘЖ үшін ғана белсенді. Ультра жоғары кернеулі жүйеаралық байланыстардың ұзын желілері үшін желімен біріктірілген жүйелердің параллель жұмысының статикалық тұрақтылығын сақтау шарттарымен берілетін қуатты шектеу алдыңғы қатарға шығады. Бұл жағдайда сымдардың рұқсат етілген қыздыру шарттары бойынша желінің жүктеме қабілетін арттыру қажет емес.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Алексеев Б.А. Оценка нагрузочной способности воздушных линий и методы ее повышения [Текст] // Алексеев Б.А –М: Энергоэксперт, 2010, №4, 80-83 б.
- 2 Зарудский Г.К. Инновационные провода для воздушных линий электропередачи. Часть 1 [Текст] // Зарудский Г.К., Платонова И.А., Шведов Г.В., Крохин А.Ю. –М: КАБЕЛЬ-news, 2010, № 4, с. 66-68.
- 3 Алексеев Б.А. Повышение пропускной способности сети воздушных линий электропередачи и применение проводов новых марок [Текст] // Алексеев Б.А. –М: ЭЛЕКТРО, 2009, № 3, с. 45-50. ГОСТ 839-80 .
- 4 Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи [Электронный ресурс]. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1980.
- 5 Электротехнический справочник: в 4 томах, т. 3. [Электронный ресурс]. Производство,

передача и распределение электрической энергии. - 8-е изд. - М.: Издательство МЭИ, 2002 (Раздел 50. Конструкции воздушных линий электропередачи).

6 Зарудский Г.К. Инновационные провода для воздушных линий электропередачи. Часть 3 [Текст] // Зарудский Г.К., Платонова И.А., Шведов Г.В., Крохин А.Ю. –М: КАБЕЛЬ-news, 2011, N 2, с. 52-54.

7 Френкель В. Высокотемпературные провода с малой стрелой провеса [Текст] // Френкель В. –М: Энергоэксперт, 2010, № 4, с. 66-68.

8 Щеглов Н. Современные подходы к совершенствованию и развитию воздушных линий электропередачи [Текст] // Щеглов Н. –М: Энерго-info, 2010, № 10, с. 66-69.

9 Кувшинов А. Инновационные конструкции для высоковольтных линий электропередачи [Текст] // Кувшинов А. –М: КАБЕЛЬnews, 2012, № 2, с. 30-32.

10 Номенклатурный каталог завода «ЭМ-КАБЕЛЬ» [Электронный ресурс]// Материалы выставки Cabex 2012.

11 Соколов С. Провод конструкции GTACSR повышает пропускную способность ВЛ [Текст] // Соколов С. –М: Новости электротехники, 2005, № 5, с. 80-81.

12 Котов Р. Сравнение технологий производства композитных проводов [Текст] // Котов Р. –М: ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2013, № 1, с. 46-47.

13 Ермаков А. Передача энергии по высокотехнологичным проводам [Текст] // Ермаков А. –М: ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2012, № 5, с. 54-55.

14 Кошиц И. Повышение надёжности проводов и грозотросов ЛЭП [Текст] // Кошиц И., Светиков Ю. –М: КАБЕЛЬ-news, 2011, № 1, с. 56-65.

15 Шувалов М.Ю. Инновации кабельной промышленности в электроэнергетике [Текст] // Шувалов М.Ю. –М: КАБЕЛЬ-news, 2012, № 4, с. 38-44.

16 Костиков И.С. Эффективные решения в сфере передачи и распределения энергии [Текст] // Костиков И.С., Горожанин М.А. –М: Энергоэксперт, 2010, № 5, с. 84-85.

17 Зарудский Г.К. Инновационные провода для воздушных линий электропередачи. Часть 2 [Текст] // Зарудский Г.К., Платонова И.А., Шведов Г.В., Крохин А.Ю. –М: КАБЕЛЬ-news, 2010, № 6-7, с. 48-51.

18 Группа компаний «Сим-Росс» - энергоэффективные провода для российской электроэнергетики [Электронный ресурс]// КАБЕЛЬ-news, 2012, № 4, с. 24-27.

19 Зуев Э.Н. Техника передачи электроэнергии: проблемы развития [Текст] // Зуев Э.Н. –М: КАБЕЛЬ-news, 2010, № 4, с. 40-52.

20 Непомнящий В.А. Оценка эффективности использования в электрических сетях проводов с повышенной пропускной способностью [Текст] // Непомнящий В.А. –М: Энергоэксперт, 2011. № 3, с. 38-44.

21 Справочник по проектированию электрических сетей [Электронный ресурс]// Под ред. Д.Л. Файбисовича. - 4-е изд. М.: ЭНАС, 2012.

REFERENCES

1 Alekseev B.A. Assessment of the load capacity of overhead lines and methods of its increase [Text] // Alekseev B.A. –М: Energoexpert, 2010, No. 4, 80-83 b.

2 Zarudsky G.K. Innovative wires for overhead power transmission lines. Part 1 [Text] // Zarudsky G.K., Platonova I.A., Shvedov G.V., Krokhin A.Yu. –М: CABLE-news, 2010, No. 4, p. 66-68.

3 Alekseev B.A. Increasing the capacity of the overhead power transmission network and the example of wires of new brands [Text] // Alekseev B.A. –М: ELECTRO, 2009, No. 3, pp. 45-50. GOST 839-80 .

4 Non-insulated wires for airless power transmission lines [Electronic resource]. Technical conditions. - М.: Publishing House of Standards, 1980.

5 Electrotechnical handbook: in 4 volumes, vol. 3. [Electronic resource]. Production, transmission and distribution of electrical energy. - 8th ed. - Moscow: Publishing House of MEI, 2002 (Section 50. Structures of overhead power transmission lines).

6 Zarudsky G.K. Innovative wires for overhead power transmission lines. Part 3[Text] // Zarudsky G.K., Platonova I.A., Shvedov G.V., Krokhin A.Yu. –М: CABLE-news, 2011, N 2, p. 52-54.

- 7 Frenkel V. High-temperature wires with a small sag boom [Text] // Frenkel V. -M: Energoexpert, 2010, No. 4, p. 66 68.
- 8 Shcheglov N. Modern approaches to the improvement and development of overhead power transmission lines [Text] // Shcheglov N. -M: Energo-info, 2010, No. 10, p. 66 69.
- 9 Kuvshinov A. Innovative designs for high-voltage power transmission lines [Text] // Kuvshinov A. -M: Kabelnews, 2012, No. 2, pp. 30-32.
- 10 Nomenclature catalog of the EM-CABLE plant [Electronic resource]// Materials of the Cabex 2012 exhibition.
- 11 Sokolov C. The wire of the GTACSR design increases the capacity of the overhead line [Text] // Sokolov C. -M: News of electrical engineering, 2005, No. 5, p. 80 81.
- 12 Kotov R. Comparison of composite wire production technologies [Text] // Kotov R. -M: ELECTRIC POWER. Transmission and Distribution, 2013, No. 1, pp. 46-47.
- 13 Ermakov A. Transmission of energy by high-tech wires [Text] // Ermakov A. -M: ELECTRIC POWER. Transmission and Distribution, 2012, No. 5, p. 54 55.
- 14 Koshits I. Improving the reliability of wires and lightning lines of power lines [Text] // Koshits I., Svetikov Yu. -M: CABLE-news, 2011, No. 1, p. 56 65.
- 15 Shuvalov M.Yu. Innovations of the cable industry in the electric power industry [Text] // Shuvalov M.Yu. -M: CABLE-news, 2012, No. 4, p. 38 44.
- 16 Kostikov I.S. Effective solutions in the field of energy transmission and distribution [Text] // Kostikov I.S., Gorozhanin M.A. -M: Energoexpert, 2010, No. 5, pp. 84-85.
- 17 Zarudsky G.K. Innovative wires for overhead power transmission lines. Part 2 [Text] // Zarudsky G.K., Platonova I.A., Shvedov G.V., Krokhin A.Yu. -M: CABLE-news, 2010, No. 6-7, pp. 48-51.
- 18 Sim-Ross Group of Companies - energy-efficient wires for the Russian electric power industry [Electronic resource]// CABLE-news, 2012, No. 4, pp. 24 -27.
- 19 Zuev E.N. Electric power transmission technology: problems of development [Text] // Zuev E.N. -M: CABLE-news, 2010, No. 4, p. 40 52.
- 20 Nepomnyashchy V.A. Evaluation of the efficiency of using wires with increased capacity in electrical networks [Text] // Nepomnyashchy V.A. -M: Energoexpert, 2011. No. 3, p. 38 44.
- 21 Handbook on the design of electrical networks [Electronic resource]// Edited by D.L. Faibisovich. - 4th ed. Moscow: ENAS, 2012.

РЕЗЮМЕ

В этой статье систематизируется обширная информация о новых типах проводов высоковольтных воздушных линий электропередач и предлагается классифицировать их в соответствии с важными конструктивными характеристиками, такими как компонентная структура, форма и материал проводов проводящей части, материал сердечника. Также рассматривается классификация проводов по степени их термостойкости, которая разделяет группу высокотемпературных проводов, которые провисают. Основной причиной потерь электроэнергии при передаче электроэнергии является сопротивление проводов. В современных электросетях он больше нуля. Но, охлаждая провод ниже определенной температуры, можно достичь нулевого сопротивления, которое зависит от конкретного материала. Это явление называется сверхпроводимостью. Сети, использующие такой эффект, могут значительно снизить потребление энергии при передаче. Конечно, не следует забывать о необходимости обеспечения необходимой степени надежности электроснабжения потребителей, а также об экономической эффективности таких решений. Одним из них является работа с проводом заключается в использовании нетрадиционных видов проводов, позволяющих добиться увеличения мощности, подаваемой через ВЛ, по условиям нагрева в течение длительного времени в 1,6—3 раза. В современной технической литературе к таким проводам закреплено название "высокая температура" (ВТП).