

June 2021

ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF SUPERCAPACITOR ON THE BASIS OF NEW GEL POLYMER ELECTROLYTE

J.A. Shodmanov

Namangan Institute of Engineering and Technology

Azamat Boymirzaev

Namangan Institute of Engineering and Technology

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/adu>



Part of the [Computer Sciences Commons](#), [Engineering Physics Commons](#), and the [Mathematics Commons](#)

Recommended Citation

Shodmanov, J.A. and Boymirzaev, Azamat (2021) "ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF SUPERCAPACITOR ON THE BASIS OF NEW GEL POLYMER ELECTROLYTE," *Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research*: Vol. 3 : Iss. 1 , Article 5.

DOI: 621.319.43

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/adu/vol3/iss1/5>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

УДК: 621.319.43

Янги гел полимер электролит асосида тайёрланган суперконденсаторни турли эгилиш бурчакларида олинган электрофизик хоссалари

Ж.А. Шодманов, А.С. Боймирзаев

Наманган муҳандислик-технология институти, 160115, Наманган, Ўзбекистон

2021 й. 28-апрелда юборилган; 2021 й. 29 майда чоп этиш учун қабул қилинган

Аннотация. Ушбу мақолада замонавий электрон технологияларда қўлланиладиган энергия сақловчи воситалардан бири бўлган суперконденсаторларнинг тузилиши, уларни бошқа электр энергиясини сақловчи қурилмалардан фарқи ва аҳамияти ёритиб берилган. Суперконденсаторлар учун қаттиқ электролит сифатида ишлатиладиган янги гел полимер электролитлар ва уларнинг турли эгилиш бурчаклари остида олинган электрофизик хусусиятлари ўрганилган ҳамда натижалар таҳлил қилинган. Полимер гел электролитли суперконденсаторлар жуда паст ҳароратларда ҳам ўзининг электрофизик хоссаларини йўқотмасдан ишлаши ўтказилган тажрибаларда тасдиқланди.

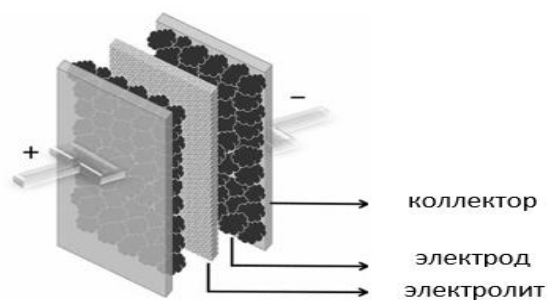
Калит сўзлар: энергия сақловчи қурилмалар, суперконденсаторлар, гел полимер электролитлар, вольтамперометрия, электроимпеданс спектроскопия, гальваностатик зарядланиш/разрядланиш.

Аннотация В данной статье описывается устройство и важность суперконденсаторов, одного из энергосберегающих устройств, используемых в современных электронных технологиях, их отличие от других энергосберегающих устройств. Были изучены новые гелевые полимерные электролиты, используемые в качестве твердого электролита для суперконденсаторов, и их электрофизические свойства, полученные при различных углах изгиба и проанализированы результаты. Эксперименты показали, что электролитические суперконденсаторы с полимерным гелем работают без потери своих электрофизических свойств даже при очень низких температурах.

Ключевые слова: энергосберегающие устройства, суперконденсаторы, гелевые полимерные электролиты, вольтамперометрия, электроимпедансная спектроскопия, гальваностатическая зарядка / разряд.

I. КИРИШ

Ҳозирги пайтда суперконденсаторлар (СК) энергия сақловчи воситалар ичида энг самарали электротехник қурилмалардан бири бўлиб ҳисобланади. СКлар оддий конденсатор ва электр батареясида физик параметрлари жихатидан фарқ қилади. Конденсатор бу - электр зарядларини йиғувчи ва сақловчи кичик



1-расм. Суперконденсаторнинг тузилиши

ўлчамдаги қурилма бўлиб, унинг таркибидаги иккита пассив компонентлар энергия сақлаш

вазифасини бажаради. СКлар оддий конденсаторларга нисбатан бир неча бор катта сиғимга эга, ўзида конденсатор ва батареянинг хусусиятларини жамлайди. Стандарт СКлар электрод ва электролитдан ташкил топган (1-расм) ва улар оддий конденсатор ва батареялардан бир неча хусусиятлари билан устунлик қилади (1-жадвал).

Бугунги кунда электротехника воситаларининг турларини кўпайиши ва фойдаланиш соҳаларининг кенгайиши уларга бўлган талабнинг ўсишига олиб келмоқда. Жумладан электрон қўл соатлари, эгиловчан сенсорли телефонлар, кийиб юришга мўлжалланган техника ва тиббиёт ускуналари, ҳаракатланишда фойдаланиладиган қурилмалар ва бошқалар шулар жумласига қиради. Бундай турдаги қурилмалар ҳаракатни ва деформацияларни чекламалиги лозим ёки аксинча ташқи таъсирлар натижасида электрон қурилмани иш фаолиятини ўзгартирмасдан узлуксиз ишлаши талаб қилинади.

Глобаллашув ва тез суратларда тараққий этаётган ушбу асрни энергиясиз тасаввур этиш мушкул. Кўплаб мамлакатлар табиий энергия

захираларининг камайиб бориши туфайли янги турдаги қайта тикланувчи энергия манбаларини яратиш устида иш олиб бормоқдалар Хусусан, қайта тикланадиган энергия воситаларини ишлаб чиқаришни кенгайтириш натижасида транспортни электрлаштириш, замонавий гаджетлар ва қурилмаларнинг янги турларини пайдо бўлиши ва симсиз электр қурилмаларга бўлган талабнинг ўсиши энергия сақловчи технологияларга бўлган талабнинг ортишига ҳам олиб келди. Ҳозирги кунда энергия сақловчи воситалар сифатида қайта зарядланувчи батареялар, конденсаторлар ва СКлардан фойдаланилмоқда [1,Б.61;2]. СКларнинг оддий конденсаторларга нисбатан кўп афзалликларга эгаллиги дунё олимларини ушбу мосламани янги турларини яратиш ва такомиллаштириш устида изланишлар олиб боришга қизиқишларини тобора кучайтирмоқда. Жумладан СКларнинг тез зарядланиши, узоқ вақт самарали ишлаши, паст ва юқори хароратларда фойдаланиш мумкинлиги, кичик ўлчам ва енгил вазнга эгаллиги уларнинг барча саноат соҳаларида тадбиқ қилиш имкониятини оширмоқда [2].

Дастлаб 1853 йилда немис физиги *Hermann L. F. Фон Helmholtz* биринчи марта икки қатламли энергия сақловчи конденсаторлар ва уларга оид батареяни таърифлаб берди. Лекин орадан қарийб 100 йил ўтгандан сўнг 1957 йилда General Electric корпорацияси муҳандиси Becker икки қатламли электр энергиясини сақлаш қурилмасини ихтиро қилди [2]. Бу қурилманинг асосий афзаллиги шунда эдики, у биринчи марта углерод суртилган юзада катта энергия сақлашга эришди ва ундан электрод сифатида фойдаланди. Унинг бу кашфиёти жамиятда СКларга бўлган қизиқишнинг ортишига туртки бўлди. 1962 йилга келиб Standard Oil Company (SOHO, Огайё штати, АҚШ) компанияси икки қатламли энергия сақловчи қурилмага патент олди ва уни “Интерфейсдаги икки қатламли юқори сиғимга эга конденсатор” деб номлади. 1970 йилга келиб ушбу корхона углерод пастасини электролитга шимдириш орқали конденсатор сиғимини ошириб, янги диск кўринишига эга бўлган электрохимёвий конденсатор учун патент олишга муваффақ бўлди. Корхона 1971 йилда ўзининг ушбу технологиясини ўша вақтларда биринчи компьютер хотира қурилмалар ишлаб чиқарувчи Япониянинг

Nippon Electric Company (NEC) га сотади. NEC корпорацияси ушбу конденсаторни оддий конденсаторлардан юқори сиғимга ва қувватга эгаллиги учун “Суперконденсатор” номи остида оммавий ишлаб чиқаришни бошлайди. Ушбу воқеа туфайли СКларда кескин бурилиш бўлиб, уни такомиллаштириш, электрод ва электролитнинг хусусиятларини яхшилаш устида изланишлар тобора ортиб борди. 1978 йилга келиб Panasonic фирмаси такомиллашган ўзининг “Gold capacitor” (олтин конденсатор) ни тақдим этди.

Кейинги пайтларда кўп жиҳатдан юқори самарадорликка эга бўлган полисахаридлар ва синтетик полимерлар СКлардаги икки тармоқли Гел-полимер электролит (ГПЭ)ларда матрица сифатида ишлатилмоқда. Полимер матрицалар ГПЭлар хусусиятига сезиларли таъсир кўрсатади. ГПЭларда синтетик полимерлардан полиакрил кислотаси, полиэтиленоксид, поливинил спирти ва полиакриламидлар кўп қўлланилади. Поливинил спирт ўзининг яхши эластиклик хоссасига эгаллиги, зарарсизлиги, кимёвий барқарорлиги ва арзонлиги сабабли ГПЭларда полимер асос сифатида кенг фойдаланилмоқда. ГПЭларда алоҳида олинган полимер асосларнинг механик хусусиятлари жуда кичик бўлади ва улардан фойдаланиш ноқулайликлар туғдиради [2]. ГПЭни турли хил деформация ва ишлатишдаги ташқи таъсирларга чидамли бўлиши учун эгилювчанлиги, чўзилувчанлиги ва қаттиклиги каби механик хусусиятлари юқори бўлиши керак. Лекин шу давргача ГПЭларнинг бу кўрсаткичлари етарлича ва тўлиқ ўрганилмаган. Икки тармоқли гидрогеллар механик хусусияти жиҳатидан икки хил, яъни қаттиқ ва юмшоқ полимерлардан иборат бўлиб, биринчи тармоқли полимер қаттиқ ва мўрт, иккинчи тармоқли полимер эса юмшоқ ва эластик хоссага эга бўлади. СКнинг механик хусусиятларини яхшилаш учун юқори самарали электролит сифатида икки тармоқли ГПЭларни ишлатиш мақсадга мувофиқдир.

Булар орасидан СК ўзининг кичик хажмда катта энергия сақлаши, тез зарядланиши ва юқори хавфсизликка эга бўлиши талаб этилади. Бундай талаб нафақат электрон қурилмани, балки улар асосида ишлатилувчи энергия сақловчи ва етказиб берувчи воситаларнинг тузилиши, ташқи дизайни ва шакллариининг ҳам ўзгаришига олиб келмоқда. СК одадий зарядланувчи батареякалар ва

конденсаторларнинг кейинги авлоди бўлиб, уларга нисбатан бир неча баробар тез зарядланади ва юқори сифимга эга.

СКлар оддий конденсаторлардан электр сифими зичлиги ва энергиясини кўплиги билан ажралиб туради. Конденсаторларда электр майдони бир-бирдан маълум масофада турадиган электродлар орасида пайдо бўлади, электр майдони энергияси эса электродлар орасидаги хажмда йиғилади. СКларда энергия 2 та бир ҳил электрод орасида жойлашган суюқ/қаттиқ электролитларда юзага келадиган ва электрод/электролит чегарасида қарама-қарши ишонарли зарядлар ҳосил қиладиган иккиланган электр қатлами туфайли йиғилади. 1- электродда иккиланган қатлам кўплаб электронларни тўплайди ва улар ўз навбатида электролитнинг катионларини ўзига тартади. 2-электрод иккиланган қатлам сиртида анионлар тўпланади. 2 та иккиланган электр қатлами кетма-кет электролит билан ажратилган бўлиб ўзида заряд, энергия ва кучланишни ҳосил қилади ва сақлайди. Суюқ электролитларда иккиланган электр қатлами қалинлиги 0,1 нм бўлади ва 10-4 Ф/см² қийматга эга бўлган юқори электр сифимига эга бўлади.

2-расмда суперконденсаторлар ва гибрид батареяларни физик параметрларини таққословчи маълумотлар келтирилган. Унга асосан, автомобил двигателини ишга тушириш учун 2 секунд давомида 5 кВт қувват ёки 10 кЖ энергия сарф бўлади. 1 кг массали кўрғошинли кислотали аккумулятор 100 кЖ энергияга эга ва бу автомобилни 10 марта юргизишга етади. Лекин унинг қуввати 0,2 кВт бўлиб 25 марта талаб қилинган қувватдан кичик.

Бу қувватга эришиш учун одатда аккумуляторни массасини 25 кг гача оширилади. Массаси 0,5 кг СК ўзида 20 кЖ электр энергиясини ва 5 кВт қувватни тўплаши мумкин ҳамда бу қувват двигателни юргизишга етади. Агар массаси 1,5 кг бўлган (1 кг аккумулятор ва СК -0,5 кг) гибрид батарея тайёрланса уни қуввати двигателни 10 марта юргизиш учун етарли бўлади. Ҳозирги пайтда гибрид энергия манбалари сифатида литий-ионли батарея ва СК ларни ишлатиш катта истиқболга эга. Ушбу тадқиқотларимизда СК ларда ишлатилиши мумкин бўлган полимер гел электролитларни бир қатор электрофизик хоссалари ўрганилди.

II. МАТЕРИАЛ ВА УСУЛЛАР

Материаллар: электролит тайёрлаш учун Shanghai Macklin Biochemical Co., Ltd.

компаниясида ишлаб чиқарилган (Шанхай, Хитой), молекуляр массаси - 56.11 га тенг бўлган AR-90% номли калий гидроксиди (КОН) ишлатилди. Синтетик полимер сифатида молекуляр массаси 75 кДа, алкоголиз даражаси - 99%, Aladin индустриал корхонасида ишлаб чиқарилган (Хитой), кимёвий формуласи - CH_2CHOH ёки $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, оқ ёки қаймоқ рангли, тамсиз, хидсиз, захарли бўлмаган, термостабил ва гигроскопик кукунли ёки гранулалли кристалл тузилишга эга бўлган PVC-1799 номли поливинил спирт ишлатилди. Унинг молекуляр массаси 5-200 кДа оралиғида, суюқланиш температураси 225-230°, парчаланиш температураси - 170-230°, зичлиги 1270-1300 кг/м³ га тенг, сувда ва глицеринда яхши эрийди.

Усуллар: намуналарнинг ион ўтказувчанлиги электрохимёвий импеданс спекроскопия усули орқали электрохимёвий станция (*electrochemical workstation*, Parstat 2273, Princeton Applied Research Co., USA ускунасида 0.1 Гц дан 100 Гц гача бўлган частота диапазонида ўлчанди. Зарядланиш /разрядланиш цикли: СК учун энг муҳим параметрлардан бири бўлиб гальваностатик цикл (*Galvanostatic charge/discharge (GCD)*) ҳам дейилади. СК нинг сифимини ҳисоблаш учун батарея тест системаси усулида СТ 2001А қурилмаси (LAND Technology Co. Ltd., Хитой) ишлатилди.

III. НАТИЖАЛАР ВА МУҲОКАМА

СКлар эгилувчан, букилувчан, жуда кичик ўлчам ва оғирликка, катта сифимга эга бўлиши керак. Бу хусусиятни таъминлаш учун электролит материалларини физик ва механик хоссаларини яхшилаш талаб қилинади. Суюқ электролитлардан фойдаланиш жараёнида уларни мосламадан оқиб кетиши ёки портлаш хавфи юқори бўлади, нейтрал электролитлар суюқ электролитларга нисбатан хавфсиз, лекин ўтказувчанлик хусусияти жуда паст. Юқоридаги камчиликларни бартараф этиш мақсадида тадқиқотчилар томонидан СКларда қаттиқ ёки ярим қаттиқ (*Solid-state ёки quasi-solid*) электролитларни қўллаш таклиф этилмоқда. Бундай электролитлар СКни турли хилдаги деформация шароитларида ва механик таъсирлар остида ҳам фойдаланиш имконини беради. Бундан ташқари улар механик жихатдан мустаҳкам, тайёрлаш ва йиғиш усули содда, захарсиз ва фойдаланиш учун хавфсиз бўлиши лозим [3,Б.67;4,Б.631]. Қаттиқ электролитлар ичида полимер электролитлар (ПЭ) жуда кенг оммалашган бўлиб, 1970 йиллардаёқ улар устида илмий изланишлар

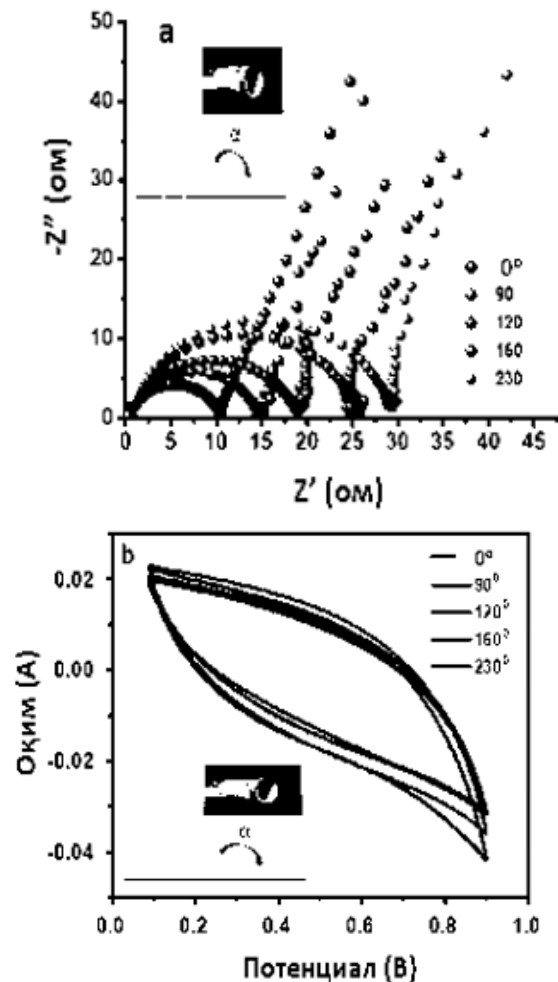
бошлаб юборилган эди. 1973 йилда полиэтилен оксиди ва ишқорли тузлар ёрдамида ярим кристал тузилишга эга композит электролит олишга эришилди. Дастлаб бу жараёнда кристалл тузилишга эга полимерларнинг боғлари орқали ионлар харакатланади ва ион ўтказувчанлик таъминланади деб таъкидланган, лекин ҳозирги назарияга асосан полимерларда сув ва тузлар таъсирида гидрогельнинг кристалл тузилишдаги соҳалари камайиб аморф худудлари ортади ва ионлар аморф соҳаларда эркин харакатланади. Натижада ПЭнинг ўтказувчанлиги ортади.

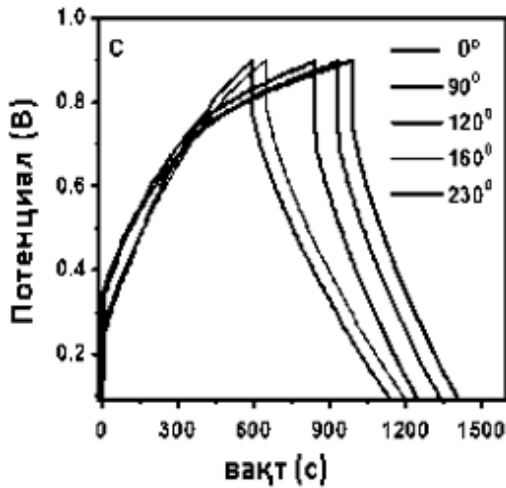
Биринчи марта ПЭ Fenton томонидан яратилган ва 1980 йилдан электротехника қурилмаларда қўлланила бошланган. H_2SO_4 /поливинил спирт, KOH /полиэтиленоксид ва H_3PO_4 / поливинил спирт аралашмаларида полимерлар суяқ электролитлар каби юқори ион ўтказувчанликни намоён қилди ва шу билан бир қаторда эгилювчан, барқарор механик хусусиятларга эга эканлигини кўрсатди. Кўп тадқиқотчилар ПЭнинг ион ўтказувчанлик хосасини камайтирмаган холда механик хусусиятларини ошириш устида тадқиқотлар олиб бордилар [5,Б.5952; 6,Б.336]. 1987 йилда биринчи марта Chatani ва бошқ. полиэтиленоксид/ NaI нинг 3:1 нисбатдаги ПЭнинг кристалл тузилишини рентген дифрактометр ёрдамида таҳлил қилдилар ва полимерларнинг кристалланишини амалий жиҳатдан исботлаб бердилар. ПЭ учун заряд ташувчи вазифасини туз ионлари бажаради ва шунинг учун жуда кўплаб холларда полимер/туз кўринишида ишлатилади. ПЭ асосан уч турга бўлинади: Каттик полимер электролитлар (баъзан қуруқ ПЭ ҳам дейилади), полиэлектролитлар, гель полимер электролитлар. Барча ПЭларнинг афзалликлари ва камчиликлари бўлиб, ишлатилиш мақсадига кўра ҳар бирининг ўзига яраша қўлланилиш соҳаси мавжуд. Жумладан, қуруқ ПЭларнинг ион ўтказиши жуда паст, лекин механик хусусиятлари бошқа турдаги электролитларга нисбатан бир неча баробар юқори. Полиэлектролитлар композит полимерлардан ташкил топган бўлиб, ион ўтказувчанлик полимер занжирлар томонидан амалга оширилади. Сўнги йилларда кўп тадқиқотчилар ўзларининг илмий ишларида СК нинг турли хилдаги деформация ва эгилиш натижасида самарали ишлаш хусусиятига алоҳида эътибор қаратишмоқда. Амалда энг кўп учрайдиган холатлардан бири бу қурилманинг эгилиш ёки

букилиш харакати натижасида СК нинг электр энергиясини узатишни камайиши ёки тўхтаб қолиш хусусиятидир. Чунки СК лар тузилиши жиҳатидан электрод ва электролитдан ташкил топган бўлиб, эгилиш ва букилиш натижасида улар юзасидаги контакт ўзгаради ва электронларнинг харакатланиши бироз қийинлашади.

Шу сабабли моделлаштирилаётган янги СКга уни турли хилдаги эгилиш бурчаклари остида ҳам фаол ишлашини таъминлаш лозим. Биз таклиф этаётган поливинил спирт ва геллан гел [7,Б.191] полимер электролит (ПГ 10 ГПЭ) асосли СК нинг 0° дан 230° гача бўлган эгилиш бурчаклари оралиғида электрокимёвий хусусиятларини цикли вольтамперметрия, гальваностатик зарядланиш/разрядланиш ва электрокимёвий импеденсометрия усуллари билан синов тажрибалари орқали ўргандик.

За расмда полимер электролитли (ПГ 10 ГПЭ) СК нинг эркин холатда, $90^\circ, 120^\circ, 160^\circ, 180^\circ$ ва 230° фазовий бурчакларда 100кГц дан 0.01Гц гача бўлган частота диапазонида Nyquist соҳаларининг (электроимпеденсли спектроскопия) график тасвирлари келтирилган.

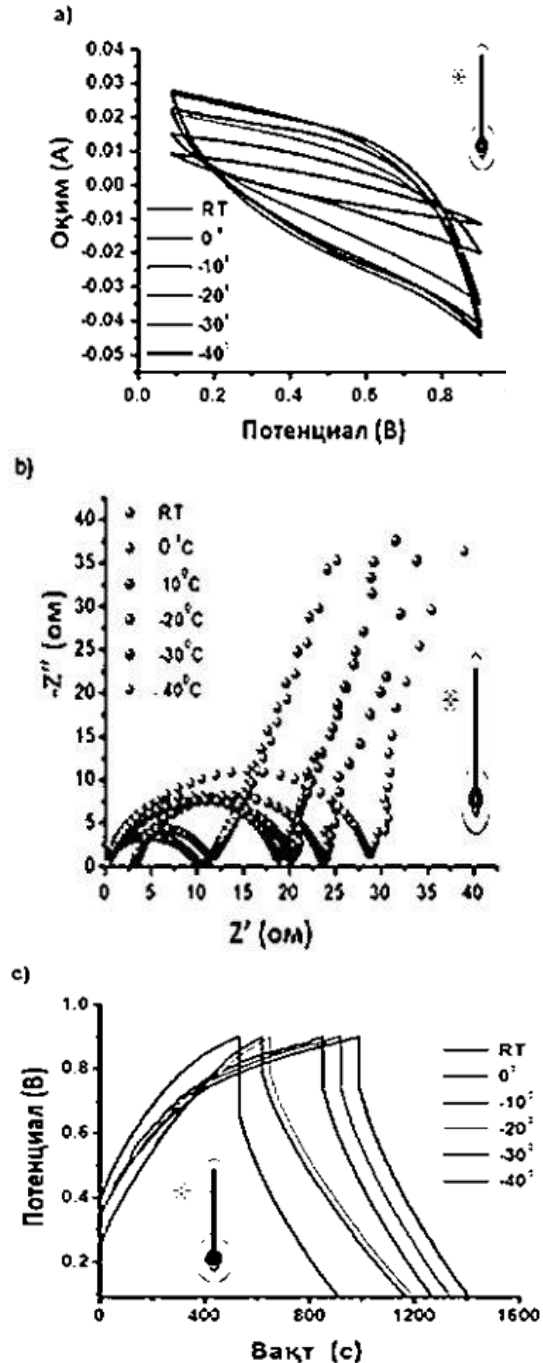




3-расм. Намуналарнинг турли хилдаги эгилиш бурчаклари таъсиридаги синов натижалари а) электр импульсли спектроскопия, б) циклик вольтамперметрия ва с) гальвонастатик зарядланиш /разрядланиш цикли

Натижалар эгилиш таъсирида ички қаршилиқнинг бироз катталашганини кўрсатди ва эгилиш шароитида электронларнинг эквивалент схемаси (*equivalent circuit model*) ўзгармаганлигини тасдиқлади. 3.б расмда ПГ 10 ГПЭ асосида тайёрланган СК нинг юқорида келтирилган эгилиш бурчаклари остида сканерлаш тезлиги 10 мВ/с да цикли вольтамперметрия (ЦВ) натижалари график кўринишда тасвирланган. Юқоридаги боғланишлардан кўришимиз мумкинки шакллар деярли тўтбурчак бўлиб, уларда редокс пиклар кузатилмади. Эгилиш бурчаги ортгандан ЦВ эгри чизиклар майдони бироз ўзгарганини кўришимиз мумкин, лекин бу унинг иш фаолиятиги сезиларли таъсир кўрсатмайди. Олинган натижалардан янги гел полимер электролити асосли СК нинг турли хилдаги эгилиш бурчакларида ҳам фаол ишлаши ва эгилиш бурчаклари таъсирида ҳам ўзининг электрохимёвий хусусиятини йўқотмаслиги тасдиқланди. Қайд қилинган боғланишлар СКни турли хилдаги деформация шароитларида ишлатиш мумкинлиги ва бу эса уларнинг амалий аҳамиятини оширишга хизмат қилади [8,Б.1921; 9,Б.201]. Замонавий технологияларда СК лардан энергия сақловчи манба сифатида фойдаланиш билан биргаликда уларнинг яна бир муҳим параметрлардан бири паст хароратларда ҳам самарали ишлай олишидир. Ҳозирги пайтгача СК ларни -10°C дан $+70^{\circ}\text{C}$ гача бўлган харорат оралиғида ишлай олиши исботланган. Иссиқ хароратда гел полимер электролитнинг барқорорлиги ва термофизик хусусияти яхшиланади, чунки

иссиқлик таъсирида электролитда ионларнинг ҳаракати тезлашиб, уларнинг ҳаракатланиши осонлашади. Совуқ хароратда ушбу жараён аксинча содир бўлади ва натижада энергия таъминоти ва қувватида ўзгариш юзага келади. Ўртача йилнинг 4 дан бир қисми қиш фаслига тўғри келиб аксарият мамлакатларда бу вақт узоқ давом этади.



4-расм. Суперконденсаторларнинг паст хароратлардаги синов натижалари: а) ЦВ шакл 5мВ/гмс сканерлаш тезлигида; б) электр импульсли спектроскопия, с) гальвонастатик зарядланиш /разрядланиш цикли 0.1 А/гр ток оқимида

Хозирда СКларнинг бундай шароитларда ишлаши учун уларга термик ишлов берилади ёки қўшимча қопламалар қўлланилади. Бу ўз навбатида СКнинг таннархи ёки вазнининг ортишига олиб келади. Шу боисдан hozirgi кунда СКларнинг паст хароратларда ишлаши бўйича илмий тадқиқот ишлари ва бахс мунозаралар давом этмоқда [10,Б.У28; 11,Б.7922; 12,Б.1; 13,Б.201;14,Б.17871].

Ушбу тадқиқотларда таклиф этилаётган поливинил спирт (ПВС) [2] ва геллан (ГГ) [7] полимер электролит (ПГ 10 ГПЭ) асосли СКнинг паст хароратларда электрофизик хусусиятлари циклик вольтамперометрия, гальваностатик зарядланиш/разрядланиш ва электрохимевий импеденс спектроскопия усуллари орқали хона хароратидан -40°C гача бўлган харорат оралиғида (хона харорати, 0° , -10° , -20° , -30° , -40°C) ўлчанди (4-расм).

4-расмдаги а), б), с) боғланишларда хароратнинг пасайишига қарамадан 20 мВ/с сканерлаш тезлигида олинган циклици вольтамперометрия натижалари ўзининг тўртбурчак шаклини сақлаб қолди, бу эса идеал сифимга яқин бўлиб редокс тезликларнинг мавжуд эмаслигини кўрсатди. Nyquist сохаларининг (электроимпеденс спектроскопия) боғланишлари паст харорат таъсирида ички қаршилиқнинг бироз катталашганини кўрсатди, лекин бу СКнинг иш фаолиятига салбий таъсир кўрсатмайди.

IV. ХУЛОСАЛАР

Шундай қилиб, ГПЭ асосида тайёрланган СКнинг юқорида ўрганилган эгилиш бурчаклари остида сканерлаш тезлиги 10 мВ/с белгиланган циклици вольтамперометрия усулининг график кўринишида тасвирланган натижаларидан кўришимиз мумкинки, олинган шакллар деярли тўртбурчак бўлиб, уларда редокс пиклар кузатилмади. Эгилиш бурчаги ортадан ЦВ эгри чизиқлар майдони бироз ўзгарганини кўришимиз мумкин, лекин бу унинг иш фаолиятиги сезиларли таъсир кўрсатмайди. СКларда гальваностатик зарядланиш/разрядланиш натижалар учбурчак шаклда бўлиб кам миқдорда ички қаршилиқни ва зарядланиш/ разрядланиш вақтининг камайишини кўрсатди.

Бу ПГ 10 ГПЭ асосли СК намунасининг паст хароратларда ҳам ион ўтказувчанлиги мавжудлигини тасдиқлайди. Намуна таркибидаги КОН унинг музлаб қолишини олдини олади ва намунасининг паст хароратларда барқарор ишлашини таъминлайди. Бундан ташқари ПВС ва ГГнинг икки тармоқли мустаҳкам тўрли боғланиши совуқ

хароратда муз кристалларининг шаклланишига жиддий қаршилиқ қилади. Ўтказилган синов натижаларидан хулоса қиладиган бўлсак, ПГ10 ГПЭ асосли СК паст хароратда ҳам ўзининг хусусиятларини сезиларли даражада йўқотмасдан барқарор ишлашини кўрсатмоқда. Албатта бундай натижалар СК лардан кенг фойдаланиш имкониятини ва амалий аҳамиятини сезиларли даражада оширади.

ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF SUPERCAPACITOR ON THE BASIS OF NEW GEL POLYMER ELECTROLYTE

J.A.Shodmanov¹, A.S.Boymirzaev²

¹Namangan Institute of Engineering and Technology,

²Namangan Institute of Engineering and Technology, Namangan,

Abstract. The results showed a slight increase in internal resistance under the influence of bending and confirmed that the equivalent circuit model of electrons did not change under bending conditions as indicated in graphically illustrated the results by cyclic voltamperometry (TsV) at a scanning speed of 10 мВ/с under the above bending angles of the SK prepared on the basis of PG 10 GPE. From experiments we found that the shapes are almost rectangular, with no redox peaks observed. We can see that the area of the TsV curves changes slightly as the bending angle increases, but this does not significantly affect its performance. The low-temperatures the electrophysical properties of SK based on polyvinyl alcohol and gellan gum polymer electrolyte (PG 10 GPE) proposed in these studies were determined by cyclic voltamperometry, galvanostatic charge / discharge, and electrochemical impedance spectroscopy measured in the range from room temperature to -40°C (room temperature, 0° , -10° , -20° , -30° , -40°C) (Fig. 3). The results of cyclic voltamperometry obtained at a scanning speed of 20 мВ/с , despite the temperature drop in the connections, retained their rectangular shape, indicating that redox velocities were not close to the ideal capacity. The dependences of the Nyquist fields (electroimpedance spectroscopy) showed a slight increase in internal resistance under the influence of low temperatures, but this did not adversely affect the performance of the SC.

Thus, we can see from the graphically described results of the cyclic voltamperometry method with a scanning speed of 10 мВ/с under the above-studied bending angles of the GPE-based SC that the obtained shapes are almost rectangular and no redox peaks were observed. In SCs, the galvanostatic charging / discharging results were triangular in shape and showed a small amount of in-

ternal resistance and a decrease in charging / discharging time. This confirms that the PG 10 GPE-based SK sample has ionic conductivity even at low temperatures. The KOH in the sample prevents it from freezing and ensures that the sample works stably at low temperatures.

Keywords: energy-saving devices, supercapacitors, gel polymer electrolytes, voltamperometry, electrical impedance spectroscopy, galvanostatic charging / discharging.

References:

- [1] Yuguchi, Y., Urakawa, H. & Kajiwara, K. The effect of potassium salt on the structural characteristics of gellan gum gel // *Food Hydrocolloids*.-2002.- v.16.- pp.191-195.
- [2] Ricciardi, R., Auriemma, F., De Rosa, C. & Lauprêtre, F. X-ray diffraction analysis of poly (vinyl alcohol) hydrogels, obtained by freezing and thawing techniques // *Macromolecules*.-2004.- v. 37. - pp.1921-1927.
- [3] Hu, X. et al. Flexible and low temperature resistant double network alkaline gel polymer electrolyte with dual-role KOH for supercapacitor // *Journal of Power Sources*.- 2019.- v. 414.- pp.201-209.
- [4] Liu, C., Li, F., Ma, L. P. & Cheng, H. M. Advanced materials for energy storage // *Advanced materials*.- 2010.- v. 22, pp.- E28-E62.
- [5] Zhang, R., Xu, Y., Harrison, D., Fyson, J. & Southee, D. A. Study of the electrochemical performance of strip supercapacitors under bending conditions // *International Journal of Electrochemical Science* -2016.- v. 11.-No 9.- pp. 7922 - 7933. doi: 10.20964/2016.09.59.
- [6] Chen, C. R., Qin, H., Cong, H. P. & Yu, S. H.A. Highly Stretchable and Real Time Healable Supercapacitor // *Advanced Materials*.-2019.- v.31- No.1900573.-pp.1-10.
- [7] Hu, X. et al. Flexible and low temperature resistant double network alkaline gel polymer electrolyte with dual-role KOH for supercapacitor. // *Journal of Power Sources*.-2019.- v.414.- pp.201-209.
- [8] Wang, J.-A. et al. Designing a novel polymer electrolyte for improving the electrode/electrolyte interface in flexible all-solid-state electrical double-layer capacitors // *ACS applied materials & interfaces*.-2018.-v.10.- pp.17871-17882.

Муаллифлар ҳақида маълумот

Шодманов Жасур Абдумухаммадович – Наманган муҳандислик-технология институти, “Метрология, стандартлаштириш ва сифатни бошқариш” кафедраси, эркин тадқиқотчи, E-mail: j.shodmonov@nammti.uz

Боймирзаев Азамат Солиевич – кимё фанлари доктори, Наманган муҳандислик-технология институти, “Кимёвий технология” кафедраси, профессор. E-mail: a.boymirzaev@nammti.uz