

Дәріс 13 Суперконденсаторлар

Дәрістің жоспары

1 Суперконденсатор

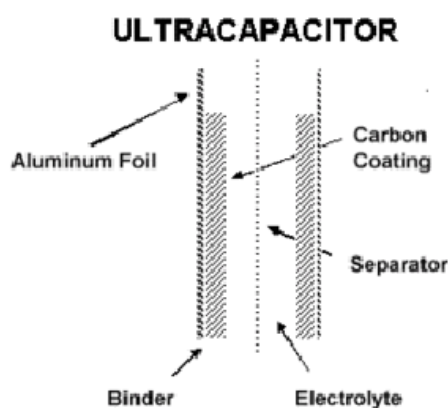
2 Қосқабатты электрохимиялық конденсатор

3 Суперконденсатордың классификациясы

Суперконденсатор

- Конденсатор – белгілі бір мөлшерде электр зарядын сақтайтын құрылғы. Конденсатор түрлерінің бір түрі суперконденсаторлар (ионисторлар) не болмаса электрохимиялық конденсаторлар, олардың жұмыс істеу принципі сыртқы кернеу түсірілгенде жартылай өткізгіш пен электролит шекарасында екі еселенген электр зарядының құрылуына негізделген.

Сур. 1 – Суперконденсатордың құрылысы, Aluminium foil – алюминий фольгасы, Carbon Coating – көмір электродтар, Separator – диэлектр мембранасы, Binder – корпус



- Суперконденсаторлар, ультраконденсаторлар, электрохимиялық конденсаторлар, қосқабатты конденсаторлар – бұл электрохимиялық конденсаторлардың түрлі атаулары, олар кәдімгі конденсаторлардан меншікті қуатының артық мөлшерімен, төменірек түсім токтарымен, шектелмеген қолданыс мерзімімен және өте шағын габариттерімен ерекшеленеді, сақталатын энергия тығыздығы аккумуляторларға жақын, 30 кВт-сағ./кг деңгейіне жетеді [2].

СК әлемдік нарығы екі негізгі сегментке бөлінеді

Транспорттық және өндірістік жүйелерге арналған үлкен сыйымдылықты суперконденсаторлар және электронды аппаратураларға арналған шағын габаритты суперконденсаторлар. Соңғы сегментте техникалық құрылғылардың габариттерінің шағындалуына және тасымалдылығын артуына байланысты энергия және қуат тығыздығы жоғары автономды ток көздерінің қажеттілігі артуда. СК-дың жетілдірілуі және оларды жасауда нанотехнологияларға көшу суперконденсаторлардың көптеген шағын габаритты бұйымдарда стандартты ток көздерін белсенді түрде толықтыруда [2].

Негізінде суперконденсатор дегеніміз өте «үлкен» поляризацияланған электрохимиялық конденсатор болып табылады, мұнда «үлкен» деген сын есім тек сыйымдылығына қатысты. СК сыйымдылығы, кәдімгі конденсатор сияқты, астарларының ауданы, олардың арасындағы ара қашықтыққа және диэлектрлік өтімділігіне байланысты, бірақ осымен олардың ұқсастығы аяқталады [2].

Кәдімгі конденсаторда заряд астарлардың беттерінде, ал электр өрісінің энергиясы диэлектрик көлемінде жинақталады. СК-да 1879 ж. Г.Гельмгольц ұсынған идея – металл-сұйық электролит шекарасының екі жағынан кернеу бергенде қарама-қарсы тасымалдаушылардың асқын қабаттарын құру іске асырылған. Бұл екі қабаттардың құрылуы электродтардың потенциал интервалдарында фазаралық шекара арқылы зарядтарды тасымалдау термодинамика тұрғысынан мүмкін еместігіне не кинетикалық

қиындығына негізделген. Зарядталған қабаттар конденсатордың «астарларын», ал қалыңдығы бірнеше нанометр, тіпті нанометр бөлігіндей, металл-электролит шекарасы диэлектрик ролін атқарады. Қосқабатты конденсатор деп аталуы да осыдан (*Electrochemical Double-Layer Capacitor – EDLC*) [2].

Қосқабатты электрхимиялық конденсаторды су не иондарының концентрациясы жоғары органикалық электролитте құрғанда, электродтар арасына иондарға өтімді ажыратқыш орналастырады. Электродтарға тұрақты кернеу бергенде электролит-электрод шекарасында қарама-қарсы зарядталған облыстар, яғни екі еселенген электр қабаты, құрылады. Бір электродта бұл қабат оның теріс зарядталған беті мен оған тартылған катиондардан, екіншісінде – оң зарядталған беті мен оған тартылған аниондардан құрылады.

Екі электр қабаттары ажыратқыш және электролит арқылы тізбектеп жалғанады да, зарядты, кернеуді және энергияны жинақтайды. СК-дың сыйымдылығы кәдімгі электролитті конденсаторлардан жүздеген есе артық болуы электродтардың нанокеукті материалдан жасалуына және диэлектриктің (қос қабаттардың шекарасы) қалыңдығының өте жұқа болуына байланысты [2]. Электродтары активацияланған наноқұрылымды көміртегіден жасалған (меншікті беттері 2000 м²/г-ға дейін) сұйық органикалық электролиттер негізіндегі суперконденсаторларда электр сыйымдылығын арттыру үшін кеуектер өлшемдері бойынша арнайы таралады. Параметрлері оптимизацияланған суперконденсаторлар жоғары техникалық сипаттамалар көрсетеді: $C \approx 10$ Ф/г, $J \approx 40$ Дж/г, $W \approx 10$ Вт/г ($V_{раб} \approx 3$ В) [3].

Химиялық ток көздеріне қарағанда меншікті энергиясы кем болғанымен, суперконденсаторлар оларды меншікті қуаты және кең температуралық диапазонда заряд-разряд сипаттамаларының тұрақтылығы бойынша химиялық көздерден едәуір артық болуы гибридті энергия және қуат көздерін жасауға жол ашады. Гибридті ток көзі жоғары қуатты қажет ететін мезеттерде, мысалға автомобильді от алдырғанда не ұялы телефон импульстік режимде сигнал жібергенде, активацияланып, басқа уақыттарда аз токтармен аккумулятордан не гальваникалық элементтерде қайта зарядталады. Микроэлектрмехникалық жүйелерде (МЭМЖ) автономды шағын аз тоқты көздер ретінде пьезоэлементтер, пленкалы термобатарейалар, отынды микрореакторлар және фотоэлементтер қолданыла алады.

Гибридті ток көздерін қолдану олардың салмағын күрт азайтуға, мысалға автомобильде, мүмкіндік береді. Гибридті көздерді қолдану химиялық ток көздерінің қызмет мерзімін арттыру мүмкін және оларды қолдану коэффициентін 100%-ға жақындатуға жол ашады [3]. Бірақ, кейде химиялық ток көзі мен суперконденсатордың келесі маңызды айырмашылықтарына мән берілмей кетеді:

1 батареялар кВт-сағ-пен өлшенетін энергияны, ал конденсатор Ваттпен есептелетін қуатты жинақтайды;

2 батареяның жұмысы салыстырмалы ұзаққа созылатын химиялық реакцияларға байланысты. Батарейалар ұзақ зарядталады, зарядтау уақыты ток мөлшеріне тәуелді. Конденсатордың зарядталу уақыты оған сырттан тізбектеліп жалғанған кедергіге тәуелді.

3 батареялар тұрақты кернеуді ұзақ уақыт беріп тұра алады, ал конденсаторлар тез разрядталып, кернеуі күрт түсіп кетеді;

4 батареялардың заряд-разряд циклдарының саны (200 – 1000) аз және разряд тереңдігіне байланысты. Суперконденсаторларда бұл сан жүздеген мыңға жетеді;

5 батареялардың өлшемдері мен массасы, әсіресе қуатты батареяларда, үлкен, ал осындай қуаттағы суперконденсаторлардың габариттері мен массасы едәуір төмен болады [2].

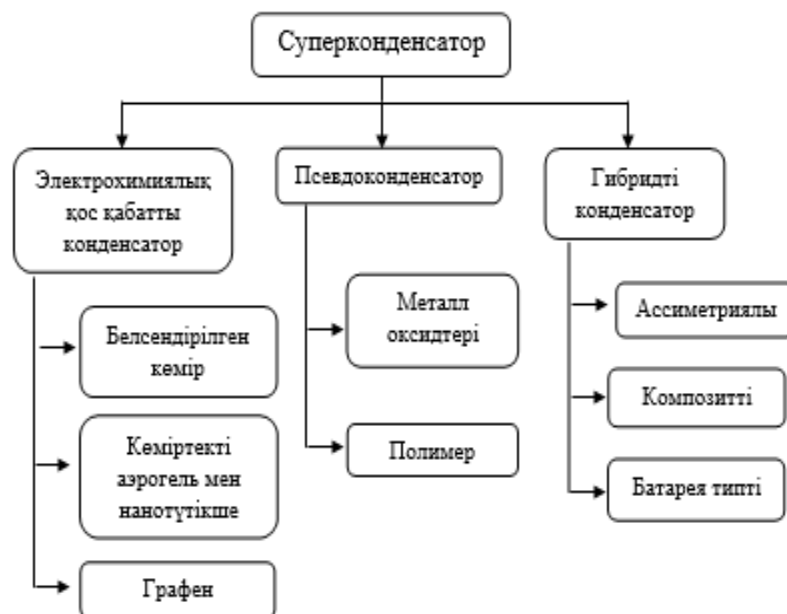
Суперконденсатордың классификациясы

Суперконденсатор немесе электрохимиялық конденсаторлар – қысқа уақыт мерзімінде үлкен көлемдегі энергияны тез жинауға, сақтауға және оны босатуға қабілетті процестерге өте қолайлы электрохимиялық сақтау құрылғыларының тобы болып табылады.

Электрoхимиялық жүйелердің ішіндегі суперконденсаторлар басқа да энергия жинақтайтын құрылғыларға қарағанда ұзақ қызмет ету мерзімділігімен, кең температура диапазонымен (-40°C -тан $+70^{\circ}\text{C}$ -қа дейін), жоғары қуаттылығымен (10 кВт/кг -ға дейін), сондай-ақ, техникалық қызмет көрсетудің төменгі шығындары секілді басым артықшылықтарға ие. Электротехникада суперконденсаторлар әртүрлі электр тізбектеріндегі жылдам өтпелі процестерді өтеуге арналған электрoхимиялық құрылғы ретінде де алынады. Суперконденсаторларда энергияны жинақтау процесі олардың арасындағы жеткілікті үлкен потенциалдар айырмасы бар екі электродта зарядты бөлу процесі есебінен жүзеге асырылады.

1-суретке сәйкес, суперконденсаторлар негізгі үш түрге бөлінеді:

- полярланатын көміртекті электродтары бар электрoхимиялық қос қабатты конденсаторлар (EDLC);
- зарядтау және разрядтау кезінде электродтардың бетінде қайтымды электрoхимиялық процестер жүретін псевдоконденсаторлар;
- полярланатын көміртегі электродын және полярланбайтын (немесе әлсіз полярланатын) катодты немесе анодты біріктіретін ассиметриялық түрдегі гибриді конденсаторлар.



Сурет 1 – Суперконденсаторлардың негізгі түрлері және классификациясы

Электрoхимиялық қос қабатты конденсаторлар бұл электродтарда зарядтардың бөлінуі есебінен зарядты жинақтайды. Сонымен қатар, электрод-электролит фазалық шекарасында пайда болған қос диэлектрлік қабатта заряд жиналатын энергияны сақтайтын құрылғы. Жинақтау сипаты физикалық, яғни зарядтардың электростатикалық тартылуы болып табылады. Жүйе зарядталған кезде электролит иондары электрод бетіне адсорбцияланады, ал иондар концентрациясының жоғарылауына байланысты заряд жинақталады. Иондар мен электрондардың электростатикалық тартылуы электрлік қос қабаттың пайда болуына әкеледі. Қабат еріткіш молекулаларымен бөлінген зарядталған иондардан тұрады. Фазааралық бетке жақын орналасқан адсорбцияланған қабаттың қалыңдығы иондардың радиусындай, ерімейтін күйде болады, бұл Гельмгольц қабаты деп аталады. Суперконденсаторлармен энергияны сақтаудың мұндай механизмі құрылымды тез зарядтауға және разрядтауға мүмкіндік береді. Гельмгольц қабаты қатты зат сұйықпен жанасқанда түзілетіндіктен, қатты зат ретінде дисперстілігі жоғары материалдарды қолданады. Бұл жағдайда жанасу бетінің ауданын алуға болады. Егер Гельмгольцтың

электрлік қабаттары жазық конденсатордың пластиналары ретінде түсіндірілсе, бірегей энергия жинақтайтын конденсаторды немесе суперконденсаторды алуға болады.

Қарапайым конденсаторлар және батареялармен салыстырғанда жоғары сыйымдылық пен беріктікті қамтамасыз етеді. Мысалы, қарапайым конденсаторлардың максималды сыйымдылығы мыңдаған фарадтарға дейін жетеді. Электрохимиялық қос қабатты конденсаторлардың өнімділігін пайдаланылатын электролит түріне байланысты реттеуге болады.

Ал құрылғының келесі псевдоконденсатор деп аталатын түрі зарядтардың жинақталу механизмі тотығу-тотықсыздану процестерінің (Фарадей реакциялары) және электрлік қос қабаттың арқасында жүреді. Иондар мен электрондар қайтымды тотығу-тотықсыздану реакцияларына түсуі алатыны белгілі. Бұл иондар немесе валенттік электрондар белгіленген энергия деңгейлерінле локализацияланады және электродқа белгілі бір потенциалда ғана ауыса алады. Егер де электрондар деңгейлерден белгілі бір энергетикалық аймақтарға, мысалы, өтпелі металдардың электрондары немесе кейбір өткізгіш полимерлерден делокализацияланса, онда мұндай электрондардың энергетикалық деңгейі бірнеше мәнге ие бола алады, бірақ кең энергетикалық топтарға таралады. Делокализацияланған электрондардың энергетикалық функциясы салыстырмалы түрде ауқымды потенциал диапазонындағы сыйымдылық тогының ағынына жауап береді. Псевдоконденсаторлар да осылай қызмет атқарады және мысалы RuO_2 , MnO_2 , WO_3 , Fe_3O_4 , Co_3O_4 , V_2O_5 , CuO , NiO және т.б. өтпелі металл оксидтерін белсенді материалдар ретінде пайдаланады. Сондай-ақ, өткізгіш полимерлер де псевдоконденсаторлардың белсенді материалдары болып табылады.

Дәрісті бекіту сұрақтары:

- 1 Суперконденсаторларға түсінік беріңіз.
- 2 Электрохимиялық қос қабатты конденсаторларды түсіндіріңіз.
- 3 Псевдоконденсаторлар мен гибриді конденсаторларды түсіндіріңіз.

Әдебиеттер тізімі:

1. Алфимова, М.М. Занимательные нанотехнологии / М.М. Алфимова. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. - 823 с.
2. В.И. Марголин и др. Введение в нанотехнологию / В.И. Марголин и др. - М.: Лань, 2012. - 464 с.
3. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 416 с.