

# NEW GEL ELECTROLYTES BASED ON COPOLYMERS FOR ELECTROCHEMICAL POWER SOURCES

**Soňa Peterová**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xpeter18@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Iuliia Veselkova

E-mail: xgrach00@feec.vutbr.cz

**Abstract:** This paper deals with description of preparation and use of monomers and copolymers for gel polymer electrolytes usable in electrochemical power sources. The paper is divided in theoretical and experimental part. The theoretical part describes gel polymer electrolytes and chemical substances used for experiments. The experimental part deals with composition of gel polymer electrolytes, method of preparation and evaluation of measured results.

**Keywords:** gel polymer electrolytes, monomer, copolymers

## 1 ÚVOD

V dnešní době, kdy si už život bez většiny zařízení využívající elektrický proud nedokážeme představit je důležité zamyslet se nad zdroji elektrického proudu využívaných v našich přístrojích. V případě elektrochemických zdrojů proudu hledáme optimální poměr kvalita a cena. Dlouhodobě je cílem vyvinout zdroje, které by vynikaly svojí spolehlivostí v různých aplikacích, dostupností, samozřejmě také bezpečností a v neposlední řadě očekáváme také ekologicky přívětivé materiály použité při výrobě. Právě v oblasti elektrochemických zdrojů proudu jsou v posledních několika letech diskutovány gelové polymerní elektrolyty. Základními požadavky na tyto elektrolyty jsou vysoká iontová vodivost v širokém rozsahu tepla, dobré mechanické vlastnosti, teplotní a elektrochemická stabilita a vysoká životnost.

## 2 GELOVÉ POLYMERNÍ ELEKTROLYTY (GPE)

V současnosti se nejvíce používají lithno-iontové baterie s kapalnými elektrolyty, které ovšem skýtají několik úskalí. V těchto bateriích jsou využité látky, které jsou drahé, těkavé, hořlavé a za určitých podmínek se mohou rozkládat. Dalším problémem je také změna objemu elektrod při nabíjení a vybíjení. Proto je snahou vyvinout elektrolyty, které by byly bezpečnější, levnější, nehořlavé a netoxické.

Mezi hlavní výhody gelových polymerních elektrolytů patří:

- vyšší bezpečnost (nepoužívají se jedovatá organická rozpouštědla)
- vysoká tvarová flexibilita (lze vyrobit velmi tenké baterie)
- odolnost vůči vyšším teplotám a tlakům

Cílem současného výzkumu je zlepšit hlavně tyto parametry elektrolytů:

- zvýšení iontové vodivosti
- zlepšení dlouhodobé elektrochemické a chemické stability
- šetrnost k životnímu prostředí

- cenová dostupnost [1] [2] [3]

Základní složení gelového polymerního elektrolytu

- sůl
- rozpouštědlo
- iniciátor polymerizace
- síťovací činidlo
- monomery

Pro tento výzkum byly vybrány následující chemikálie

- lithium hexafluorofosfát ( $\text{LiPF}_6$ ) - sůl
- dietyl karbonát a etyl karbonát (EC/DEC) – rozpouštědlo
- benzoin etyléter (BEE) – iniciátor polymerace
- etylenglykol dimetakrylát (EDMA) – síťovací činidlo
- monomery - etyl methakrylát (EMA), metyl methakrylát (MMA), butyl methakrylát (BMA), isobutyl methakrylát (IBMA), etoxyethyl methakrylát (EOEMA), lauryl methakrylát (LMA), timetoxysilipropyl methakrylát (TSPMA)

### 3 POSTUP PŘÍPRAVY GPE OBSAHUJÍCÍ KOPOLYMERY

Kopolymer tvoří minimálně dva monomery. V tomto experimentu jsme připravili 11 gelových polymerních elektrolytů s monomer EMA a MMA. Kopolymery byly míchány v různém poměru od 5 mol% EMA a 95 mol% MMA až 95 mol% EMA a 5 mol% MMA. Konkrétněji níže v tabulce 1.

Na počátku přípravy GPE je potřeba spočítat složení všech složek v elektrolytu. Následuje přesné odvážení a odměření všech použitých chemikálií. Dále se zkumavka se směsí chemikálií přesune minimálně na půl hodiny na magnetickou míchačku, kde dojde k promísení všech látek. Celý tento proces probíhá v rukavicovém boxu napuštěném argonovou atmosférou.

V další části je zapotřebí vyčistit a připravit skleněnou formu, která se skládá ze skla, teflonové destičky a silikonové fólie. V této skleněné formě je připravený elektrolyt přenesen pod UV lampou polymeruje po dobu 60 minut.

Poslední část zahrnuje vyseknutí části gelu ve vakuovém boxu, protože vytvořené gelové polymerní elektrolyty na vzduchu rychle degradují. Po vyseknutí je část gelu přesunuta do měřicí cely. Ta se připojí k přístroji Potenciostat BioLogic VSP a nastaví se požadované parametry a měřicí metody v softwaru EC LAB. Z výsledků měření se vypočítají hodnoty vodivosti a hodnoty napětí, které se použijí k analýze elektrochemické stability.

### 4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ PŘIPRAVENÝCH GPE

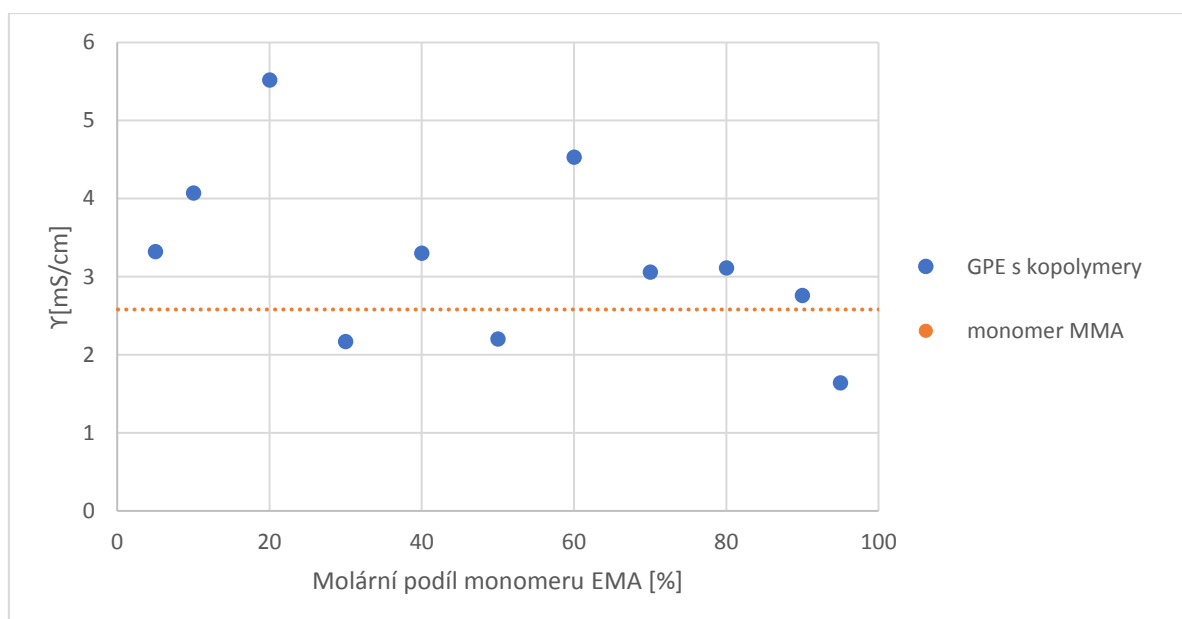
V Tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty elektrické vodivosti. Nejvyšší vodivosti dosáhl GPE na bázi 20 mol% EMA a 80 mol% MMA. Pro ověření si hodnot vodivosti bylo provedeno i kontrolní měření, ve kterém měl opět nejvyšší vodivost GPE s kopolymerem obsahující 20 mol% EMA a 80 mol%.

kopolymer	$\gamma$ [mS/cm]
<b>EMA 5 mol%</b> MMA 95 mol%	3,32
<b>EMA 10 mol%</b> MMA 90 mol%	4,07
<b>EMA 20 mol%</b> MMA 80 mol%	5,52
<b>EMA 30 mol%</b> MMA 70 mol%	2,17
<b>EMA 40 mol%</b> MMA 60 mol%	3,30
<b>EMA 50 mol%</b> MMA 50 mol%	2,20
<b>EMA 60 mol%</b> MMA 40 mol%	4,53
<b>EMA 70 mol%</b> MMA 30 mol%	3,06
<b>EMA 80 mol%</b> MMA 20 mol%	3,11
<b>EMA 90 mol%</b> MMA 10 mol%	2,76
<b>EMA 95 mol%</b> MMA 5 mol%	1,64

**Tabulka 1:** Vodivost GPE s kopolymerem EMA a MMA

Pro porovnání lze ještě uvést vodivost samotného monomeru MMA. Při poměru monomeru a vodivostní složky, která je použita pro vytvoření kopolymerů byla hodnota vodivosti GPE s monomerem MMA 2,58 mS/cm. Porovnání vodivosti GPE obsahující kopolymer EMA a MMA s GPE obsahující samotný monomer MMA je na obrázku č. 1 níže. Z grafu lze vyčíst, že většina kopolymerů dosáhla vyšší vodivosti než GPE pouze se samotným monomerem MMA.

Kromě kopolymerů EMA a MMA budou měřeny také další kopolymeru na bázi methylakrylátů. Vždy se bude jednat o kombinace MMA s dalším monomerem, konkrétně BMA, IBMA, LMA, TSPMA, EO-EMA. Kvůli aktuální situaci nelze pokračovat v měření.



**Obrázek 1:** Graf porovnávající GPE obsahující kopolymer EMA a MMA s GPE obsahující pouze monomer MMA

## 5 ZÁVĚR

V praktické části byl vytvořen gelovým polymerní elektrolyt obsahující sůl, rozpouštědlo, iniciátor polymerace, síťovací činidlo a monomery etyl methakrylát a metyl methakrylát. Nejvyšší vodivosti dosáhl GPE s 20 mol% EMA a 80 mol% MMA. Hodnota vodivosti toho elektrolytu je 5,52 mS/cm. Gelové polymerní elektrolyty dosahují obecně nižší vodivosti, ovšem lze je nanášet v tenkých vrstvách, kde dosahují vyšší kapacity vztažené k objemu. Chování příslušného GPE na elektrodách LTO a NMC bude dále předmětem zkoumání.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato publikace vznikla za finanční podpory v rámci projektu specifického výzkumu „Materiály a technologie pro elektrotechniku III“ na VUT (projekt č. FEKT-S-17-4595).

## REFERENCE

- [1] REITER, Jakub, Jiří MICHÁLEK, Martin PŘÁDNÝ, Dana CHMELÍKOVÁ a Jakub ŠIRC. Li+ a H+ vodivé polymerní elektrolyty s kovalentně vázanými anionty [online]. Chem. Listy 103: Ústav anorganické chemie AV ČR, 2009 [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: [http://w.chemicke-listy.cz/docs/full/2009\\_10\\_832-838.pdf](http://w.chemicke-listy.cz/docs/full/2009_10_832-838.pdf)
- [2] KÖPPLOVÁ, Petra. "Snažíme se nahradit kapalný elektrolyt gelovým", říká Jakub Reiter, vítěz 10. ročníku Ceny ČEZ v kategorii doktorandských prací. *IForum*: Online magazín Univerzity Karlovy [online]. 23. června 2008 [cit. 2018-12-03] Dostupné z: <https://iforum.cuni.cz/IFORUM-5887.html>.
- [3] REITER, Jakub. Nové materiály pro moderní zdroje elektřiny - palivové články a lithno-iontové baterie. Envi Web: zpravodajství životního prostředí již od roku 1999 [online]. 27.02.2007 [cit. 2018-12-03]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/62484>