

1. ИСТОРИСКИ ПРЕГЛЕД

Историјата на изолационите материјали може да се подели на три периоди: Првиот, започнува со откривањето на килибарот (на грчки: ‘електрон’) па се до крајот на 16 век. За овој период заинтересирани се само филозофите и историчарите на науката. Средниот век и ренесансата не придонесоа ништо на античката мисла.

Во 1600 година, со работата на В. Џилберт се отвори вториот период богат со настани во кој историјата на изолационите материјали се здружи со појавата на електрицитетот. Електростатичките машини, чија појава се сместува околу 1705, им овозможи на експериментаторите нови можности да остваруваат висок електричен потенцијал по пат на триење. Настојувајќи да ги усовршат овие експерименти, конструкторите сфатија дека имаат ограничен број материјали со кои би ги произвеле овие електрични товари и со кои би ги изолирале спроводниците кои биле доведени на висок потенцијал.

Со првите реализации на телеграфот, електричното осветлување, пред индустријалците се поставија проблемите за изборот и примената на изолационите материјали. Во ова време започнува вториот период кој одговара на користење на доста голем број материјали кои секојдневно се откриваа, почнувајќи од природните материјали, од растително или од минерално потекло. Откако се разви органската хемија базирана на јагленородот, тргна и производството на синтетички изолациони материјали; така, дериватите на нафтата се наложија со своите својства и со економичноста, без да се елиминиратат и некои природни материјали со одлични својства.

1.1. Изолациони материјали од 18 и 19 век

1.1.1. Првите искиуства

До овој момент феномените на електрицитетот и магнетизмот беа измешани; W. Gilbert прв ги посматра одвоено. То истовремено дал и листа на материјали кои имаат својство да привлекуваат исто како килибарот; тука ги набројува за прв пат стаклото, сулфурот, смолите, гумениот лак, восокот.

S. Gray (1729) прв дал прецизна дефиниција на изолационите и проводливите материјали, а J. Th. Desagulier прв ги вовел поимите ‘изолатор’ ‘изолиран’ и ‘спроводник’. Забелешките на Gray ги систематизирал C.F. de Cisternay du Fay.

Sigaud de La Fond (1775) дал неколку забелешки за користените изолациони материјали и вели: ...‘секогаш кога треба да се пренесе електрицитет на тела кои се способни да го прифатат преку допир, тие треба да се обесат на свилен конец или да се постават врз стакло или врз парче смола, восок и во општ случај врз тело од видот на телата кои се способни да се електризираат.

1.1.2. Изолациони материјали за електростатичките машини

Се враќаме во 1705: F. Hueskebee замислил да користи стаклена топка за конструкција на прва електростатичка машина; стаклото, во форма на сфера, цевка, а потоа во вид на диск, ќе остане, и покрај сите обиди да се замени со нешто друго, средство кое најмногу се користело за да се добијат електрични товари по пат на триење. Заедно со

кристалот, тоа е исто така и најкористениот материјал за изолирање на спроводливите делови кај електричните машини. Всушност, експериментаторите со електростатичните машини од 18 век сфатиле дека перформансите на машините зависат од природата на материјалот користени за производството на електрични товари, но исто така о и од грижата со која тие се изолирале. Со необично модерна постапка, опатот Nollet докажал дека ако стаклото содржи голема содржина на алкални метали, се зголемува апсорпцијата на вода врз аповршината, со што се намалува квантитетот на електричеството кое се добива. Во 1757 J. C. Wilcke дал класификација на изолационите материјали од аспект на нивните својства во врска со триењето.

Да забележиме дека повеќето изолациони материјали познати во 17 и 18 век - сулфурот, гумениот лак, копалот, восокот, смолата, свилата – се користеле се до почетокот на 20 тиот век, додека стаклото и денес е ценет материјал во електротехниката и електрониката.

За време на овој втор период на историјата на изолационите материјали, искуствата кои биле придобие при експериментите со електростатички машини, придонеле да се зголемат знаењата за електричните појави. Но тие не ги засениле извонредните забележувања и за својствата на воздухот. R. Boyle, но особено F. Hauskbee и La Poliniere со леснотија добиле електрични празнања во разреден воздух и велат дека ‘празнотијата (вакуумот) е добар спроводник’, но дури во 1920 година физичарите ја увиделе необичноста на вакуумот при ниски притисоци како диелектрик со голема диелектрична цврстина.

1.1.3. Разработка на концептите

Откритието на својствата на т.н. ‘Лајденската чаша’ секако е најважното откритие на 18 век. Првите искуства со ‘кондензирање на електрицитетот’ се сметаат 11 октомври 1745 и се остварени од E. J. Von Kleist, а следната година биле повторени и од други. Опатот J. A. Nollet ги повторил тие експерименти и веднаш станал славен. Но поимот ‘кондензатор’ не се појавил се до пронаоѓањето на електрофорот од J. C. Wilcke и A. Volta.

Овие откритија предизвикале ревизија на дотогашните теории за електрицитетот. Експериментите обавени од страна на D. Gralath, J. C. Wilke и на B. Franklin, извршени со помош на Лајденската чаша која била од расклопиви делови, откриле дека постои таканаречен ‘остаточен електрицитет’ во стаклото. Откако Лајденската чаша ќе се испразнела, расклопела и ќе се неутрализирале ел. товари на електродите, ако таа повторно се склопела, се приметувало дека може да се добие одново силно празнење. Толкувањето на оваа појава побудила силни контроверзни дискусии и отворило многу нови прашања

Во 1782 A. Volta ја поставил равенката $Q = CV$, каде Q , C , V се товарот, капацитетот и напонот на изолираниот спроводник; а потоа H. Cavednish (според пишувањето на J. Maxwell во 1879), откако го измерил капацитетот на една ‘Франклинова коцка’, при користење на разни изолациони материјали, утврдил дека има разлика во измерената вредност и затоа на секој изолационен материјал тој му припишал ‘специфична моќ за индукција’ или ‘диелектрична константа’.

Овие откритија ги побудиле и оние на Фарадеј, кој во 1838 покажал дека ‘диелектрикот’ пренесува електрицитет преку инфлуенцијуа, а ваквите се секогаш изолатори. Тој заклучил дека оваа индукција не е поврзана со растојанието, туку дека диелектрикот пренесува инфлуенција одблизу преку честички кои имаат полови, тие се ‘поларизирани’. Тој ги вршел мерењата на специфичната моќ на индукција користејќи сферен кондензатор. Тој отворил важно поглавие на физиката: проучување на диелектриците и нивната поларизација.

1.2. Изолационите материјали на 19 и почетокот на 20 век

Историјата на електрицитетот претрпува длабоки промени после пронајдоците на Волта, Фарадеј и Ампер при што и изолационите материјали битно беа повлијаени. Требаше да се дочека 1840 година за да се конкретизираат изумите од почетокот на 19 век и потребите на индустријата да побудат многубројни иновации потребни за изработка на телеграфот, каблите за пренос на енергија, електричните машини и трансформаторите.

1.2.1. Изолациони материјали за телеграфот

Спроводниците на првите телеграфски линии биле покриени со памук и свила, премачкани со смоловидна супстанца (смола, морско лепило, . . .); во 1834 Schilling воспоставил телеграфска линија меѓу Сент Петербург и Петерхоф: жицата од бакар била препокриена со лакирана свила. Според Е. Saint –Edme (1871) проблемите биле непремостливи кога не би располагале со гута – перка и каучук, а потоа и компаундот наречен “Chaterton Compound” кој всушност бил мешавина од Гута-перка и катран од Стокхолм.

Овој автор прецизира дека ‘Jalougeau пронашол систем на битуменизирана хартија која има извонредна цврстина...Авторот користи битумен како основна изолација и ја препокрива жилата на кабелот со алтернативни слоеви на асфалт и хартија’.

A.F. Jalougeau и C.L. Hardy (1867) пријавиле патент за машина која можела да обложува хартиена лента околу жица. Ова се смета за прва примена на импрегнирана хартија во кабелската техника.

Од почетокот на телеграфот, од порцелан се прават прстени низ кои минуваат проводниците; 1850 тие се змаенети со изолатори наречени потпорно – свонести.

1.2.2. Изолациони материјали за енергетски кабли

Малку знаеме за изолацијата на првите кабли користени за електричното осветлување: W. Норрег (1859) изработил кабел чија изолација се состоела од вулканизиран каучук; поочесто, кабелите биле голи и поставени врз потпорни изолатори поставени во спроведните канали.

За електроиндустријата, постапката за вулканизацијата на каучукот која се појавила во 1839 била од големо значење. За прв пат се појавиле економични изолациони материјали со подобрена термичка отпорност. Во 1881 исто така се појавил и вулканизиран битумен.

D. Brooks користејќи го искуството од телеграфијата, вовел во 1887 изолација од јута импрегнирана со мешавина на масло со смола.

Во истата година J. Jacques предложил процедура за сушење во вакуум и повишена температура за елиминирање на водата од изолации во фиброзна форма (во вид на конци); ова го отворило патот за развиток на изолации базирани на импрегнирана хартија, која има извонредни својства.

Првиот енергетски кабел со импрегнирана хартија со озокерит бил измислен од S.Z. Ferranti (1890), а во 1917 L. Emanueli добил патент кој го означува почетокот на кабели изолирани со хартија импрегнирана со масло. Ж

Требаше да се дочека 20 –ти век кога се појавија синтетичките изолациони материјали.

1.2.3. Изолации за електромагнетните машини

Изолационите материјали за електромагнетните машини не се развиваа се до 1858 кога M. Nollet професор по физика замисли генератор за електрична струја и го конструира за “Aliance”. Ова претпријатие користело ткаенина од памук натопена во мешавина од каучук, битумен и терпентин. Но важно е да се спомне дека во 1850 почнуваат да се воведуваат момирокот и азбестот, а дека меѓу 1820 и 1850 материјали кои биле на располагање на конструкторите биле дрвото, каучукот, гута - перката, ткаенините (памук, свила, тафт,...).

Rumkorf (1851) ја усовршил бобината (калемот) кој го открил A. Mason (1842) користејќи бакарна жица изолирана со памук или подобро свила натопена со гумен лак. Fizeau (1853) го усовршил Румкорфовиот калем додавајќи кондензатор во тогашната литература опишан вака: ‘...тој лепи два листа од калај на двете страни на лента од гумиран тафт кој е долг четири метри; овие ленти се соединуваат и се превиткуваат повеќе пати едно преку друго...’

Почнувајќи од 1861 постои кондензатор со изолација од импрегнирана хартија со лак, а потоа и со парафин; но Лајденската чаша сеуште постои.

Изолациите врз база на момирок (српски ‘лискун’, англ. “mica”) претставуваат првите важни настани во индустријата. Потоа следуваат: Миканит (Munsell, 1892), Микафолија (Jefferson и Dyer, 1900), Асфалтен Микафолијум (Geco 1919) Термаластик (Westinghouse 1949). Во 1953 Ерликон го заменува гумениот лак со епоксидна смола, а мика хартијата се појавува во 1967.

1.2.4. Изолациони материјали за трансформатори

Во областа на трансформаторите кои ги изумил G. Gaulard, единствен настан битен за спомнување е користењето на минералното масло како импрегнациско средство. Во 1883 електричните трансформатори во метрот во Лондон како и централната електрична станица во Тур биле снабдени со апарати на Gaulard изолирани со лакирана хартија.

На почетокот на 20 –тиот век, на изложбите на изолациони материјали се појавиле ценетите материјали како прешпан (K. Wernicke, 1909< J.Escart, 1911) и во 1930 се

појавиле полихлорираните бифенили кои во некои примени ги заменуваат минералните масла.

1.2.5. Изолациони материјали за апарати

Откритието на Baekland (1907) го означува и користењето на Сулфурниот Хексафлуорид (1907). Но изолациите како што се мермерот, шкрилецот, ебонитот, и , да не го заборавиме и воздухот, се материјали на 19 и првата половина на 20 – тиот век.

1.2.6. Развикот на теоријата

Откако се поставиле првите подморски телеграфски кабли, дошле до израз и некои ‘абнормални‘ својства на изолационите материјали. W. Siemens во 1850 напишал: ‘Подземниот кабел, заедно со својот изолационен покривач, претставува една огромна лајденска чаша и таа се полни преку батериите’. M. Faraday во 1854 работејќи на експерименти врз бакарна жица изолирана со гута-перка, забележал долготрајност на струите на полнење; тој исто така забележал дека изолацијата бара и одредено време за да се растовари за време на краткоспојувањето. Тие обиди се продолжени од Wheatstone (1856) кога се поставувал подморски телеграфски кабел меѓу пристаништето La Spezia и островот Корзика.

Во 1864 W. Siemens поставил една лајденска чаша во коло со наизменичен напон. Студирањето на диелектричните загуби побудиле голем интерес меѓу инженерите, особено после 1891, кога се остварил првиот пренос на електрична енергија со трифазни струи на висок напон меѓу Лауфен и Франкфурт.

Феноменот на диелектрична апсорпција, кој се манифестираше при Лајденска чаша која се расклопувала, прв пат бил објаснет и презентираан од страна на Максвел (1872). Со помошта на две својства, кои се сметале за независни, пропусливоста и проводливоста, Максвел поставил теорија која ги објаснува појавите во хетерогени диелектрици. Ако материјалот е хомоген, тој покажал дека не е можно да се појави заостанат товар. Обратно, кај склоп со повеќе вида диелектрици кои имаат различна пропусливост и проводливост, се појавуваат струи на диелектричната апсорпција.

Кири во 1889 ја проучувал реверзибилната струја на апсорпција во функција од времето и дал една задоволителна емпирска формула. Други експериментатори дале слична формула која е позната под името на Кири – Швајдлер.

Во 1899 H. Pellat преку експерименти докажал дека диелектрикот кој е подврнат на електрично поле пројавува една моментална поларизација на која се надоврзува една втора поларизација која се менува во текот на времето; Последнава, тежнее кон една стационарна состојба со брзина пропорционална на разликата која се појавува во однос на крајната вредност. Тргувајќи од оваа хипотеза, може да се пресмета пропусливоста и факторот на загубите на диелектрикот кој е подврнат на наизменично поле и така да се дојде до релацијата на Pellat – Debye.

Неколку години покасно K. W. Wagner (1913, 1924) ја проширил теоријата на Максвел кога ги проучувал состави на диелектрици подврнати на наизменично ел. поле. Овој модел е познат како модел на Максвел – Вагнер и познат им е на специјалистите за изолации.

И овој преглед не би требало да ја пропушти развојот на теорискиот модел и почетокот на проучувањето на појавите на деградацијата на диелектриците под дејство на ел. поле кои се резултат на кумулативниот ефект на празнењата кои се случуваат во шуплините кои се заостанати во изолациите при процесот на импрегнација под вакуум. Тие појави во почетокот наречени едноставно ‘јонизација‘ покасно наречени ‘парцијални празнења‘ (Gemant и Philipoff, 1932).

Овде не ги спомнавме историјата на развитокот на занењата за гасните и течните диелектрици. Во тоа поле работеле многу истражувачи, меѓу кои познати се J. S. Townsend (1915), A. Nikuradse (1934)

1. 3. Првите материјали

Почетокот на експериментите со електрицитетот од 18 и почетокот на 19 век не барал голем избор на изолациони материјали. Битен развиток на индустријата на изолациони материјали започнал со потребите на телеграфот и појавата и примената на електричното осветлување. Бројот на изолациони материјали битно пораснал, а особено разни смеси (компаунди).

Се до првата светска војна, индустриските изолациони материјали се изработувале тргнувајќи од природните материјали, растителни или минерални: дрво, памук, лен, коноп, каучук, гумен лак, гута - перка, кварц, момирок, , азбест, мермер, шкрилец, минерални смоли, изолациони масла....

Но веќе се појавиле и првите синтетички материјали: Целулоидот (Hyatt, 1870) и Bakelite (Baekeland 1907). Бекеланд добил повеќе од 100 патенти за фенопластите. Фабрикацијата почнала кога се основала компанијата Generale Bakelite во 1910.

Хемијата која отпрво се центрираше околу Натријумот, потоа околу Фосфорот, покасно се разви околу јагленородот и нафтата. Така започна производството на синтетички материјали. Полиетилен со ‘висока густина‘ направен е во 1938 од Imperial Chemical Industry. Швајцарецот Castan ги пручувал својствата на епоксидите во 1939.

Втората светска војна се поврзува со развитокот на петрохемијата Голем број синтетички материјали потекнуваат од продуктите на дестилацијата на суровата нафта. Така се појавува етиленот, пропиленот и бутадиенот.

Полиетиленот, полипропиленот, епоксидните смоли и полиестерите ги заменуваат се повеќе природните изолациони материјали без целосно да ги елиминираат. Нивното воведување донесува поевтинување, зголемени перформанси и зголемена доверливост на електричните материјали.

Всушност, изолационите материјали целосно зависат од петрохемијата. Развојот ќе остане во доменот на поевтините материјали. Ова е очигледно, во областа на цврстите изолации, пластиките и еластомерите, кои се наметнаа веќе повеќе години и имаат широка примена и се извор на спектакуларен напредок. Малку е веројатно дека тие ќе бидат заменети од нови полимери, кои се хендикепирани заради својата висока цена.

Но во главните веќе познати фамилии материјали се појавуваат добри промени. Со користење на кополимеризација, мешање, ‘калемење‘ и друго, се добиваат подобри својства.

1.4 Изолациони материјали за електроиндустријата

Неопходно е да се потенцира мултидисциплинарниот карактер на студирањето и експериментите кои се потребни на конструкторот за да прилагоди и искористи некој изолационен материјал; таквата реализација бара познавање не само на теоријата на електричеството, туку и на механиката, хемијата, статистиката; таквите задачи може да траат и неколку години. Многубројни експерименти се потребни за да се оцени животниот век на еден нов материјал.

Не сметајќи ги овде сопствените мотиви на инженерите кои се одговорни за воведувањето на изолационите материјали, се смета дека успехите на ова поле во последно време се должат на следните три причини:

- правилно димензионирање на изолацијата на електричните апарати; со други зборови, да се користат максималните електрични ограничувања со цел да се постигнат најмали трошоци,
- да се одржи стапката на откази на изолацијата под вредностите прифатливи за корисниците,
- Да се развијат изолации кои овозможуваат конструкции за се повисоки напрегања или за такви кои ќе работат во посебни услови.

Но разните ограничувања, поврзани со индустријализацијата, предизвикаа важни промени. Денес, производителите и корисниците на изолациите треба:

- да водат сметка за многу различните барања во врска со местото на кое треба да се инсталираат материјалите (мрежата, зградите, морскиот брег, нуклерни центри),
- да се редуцираат или потиснат загадувањата кои се резултат на растурањето на течните изолации, адитивите . . . во природата, или запаливоста, кои се предизвикани од производството на токсични или корозиозни соединенија,
- да се произведуваат и користат изолации кои захтеваат помала потрошувачка на енергија.

А гледајќи пак на подолг рок, треба да се мисли на наоѓање на соодветни замени ако се заканува опасност од исцрпување.