

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

DATABÁZE MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ

BAKALÁŘSKA PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

GAŠPAR NAGY

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING

DATABÁZE MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ

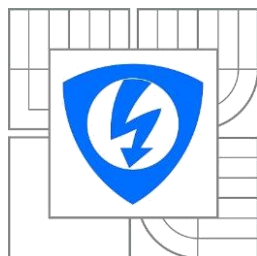
DATABASE OF MATERIAL PROPERTIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCEGAŠPAR NAGY
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCEING. MARCEL JANDA, PH.D.
SUPERVISOR

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

Student: Gašpar Nagy

ID: 146911

Ročník: 3

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Databáze materiálových vlastností

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Vytvořte přehled nejdůležitějších materiálů používaných v elektrotechnice a jejich vlastností
2. Vytvořte flexibilní databáze pro ukládání vlastností materiálů
3. Navrhněte a naprogramujte uživatelské prostředí pro přístup a editaci databáze materiálů

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] Jiráček, J., Autrata, R., Liedermann, K., Rozsivalová, Z., Sedlaříková, M.: Materiály a technická dokumentace, část Materiály v elektrotechnice. Elektronické texty, Brno 2002. (CS)
- [2] Procházka, P., Rozsivalová, Z.: Materiály a technická dokumentace, část Technická dokumentace. Elektronické texty, Brno 2002. (CS)
- [3] Hassdenteufel, J. a ost.: Elektrotechnické materiály, Alfa-SNTL Bratislava 1978. (CS).

Termín zadání: 22.9.2014

Termín odevzdání: 2.6.2015

Vedoucí práce: Ing. Marcel Janda, Ph.D.

Konzultanti semestrální práce:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zameriava na návrh databáze materiálových vlastností a vytvorenie užívateľského rozhrania pre editáciu týchto vlastností. V prvej časti nás oboznamuje zo základnými vlastnosťami materiálov. Ďalej pokračuje s oboznámením materiálov používaných v elektrotechnike na výrobu elektrických strojov a prístrojov. V ďalšej časti sa práca venuje návrhu samotnej databáze materiálových vlastností, a popisom jednotlivých častí databáze. V poslednej časti práce je popísaná funkčnosť a obsluha užívateľského rozhrania.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: webová aplikácia; databáza vlastností; materiálové vlastnosti; elektrotechnické materiály;

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses to create a database of the material properties and user interface for editing these properties. The first part of the project notifies us about the basic characteristics of materials. The next point talks about the materials which are used in electrical engineering to manufacture electrical machines and other appliances. The next part of the bachelor's thesis describes the database design of material properties. The end of the thesis describes how to use the whole user interface and how it works.

KEY WORDS: web application; database of properties; material properties; electro technical materials;

Bibliografická citácia práce:

NAGY, G. *Databáze materiálových vlastností*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 53 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marcel Janda, Ph.D..

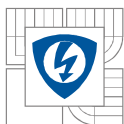
PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že svoju bakalársku prácu na tému **Databáze materiálových vlastností** som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárske práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121 / 2000 Zb., vrátane možných trestnoprávnych dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia § 152 trestného zákona č. 140/1961 Zb.

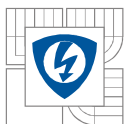
V Brne dňa

Podpis autora

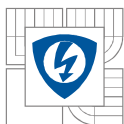


OBSAH

ZOZNAM OBRÁZKOV	8
ZOZNAM TABULIEK	9
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK	10
1 ÚVOD	12
2 VLASTNOSTI TECHNICKÝCH MATERIÁLOV	13
2.1 MECHANICKÉ VLASTNOSTI	13
2.1.1 Skúšanie mechanických vlastností	14
2.2 FYZIKÁLNE VLASTNOSTI	15
2.2.1 Ďalšie vlastnosti z oblasti mechaniky	15
2.2.2 Tepelné vlastnosti	15
2.2.3 Elektrické vlastnosti	16
2.2.4 Magnetické vlastnosti	16
2.2.5 Chemické vlastnosti	20
2.3 TECHNOLOGICKÉ VLASTNOSTI	20
3 KONŠTRUKČNÉ MATERIÁLY POUŽÍVANÉ V ELEKTROTECHNIKE ...	22
3.1 OCEĽ A ŽELEZO	22
3.1.1 Surové železo a liatiny	22
3.1.2 Konštrukčné ocele	23
3.1.3 Ocele zo zvláštnymi vlastnosťami	24
3.1.4 Nástrojové ocele	25
3.1.5 Oceľové plechy	25
3.2 NEŽELEZNÉ KOVY	25
3.2.1 Permanentné magnety	25
3.2.2 Meď	25
3.2.3 Hliník	27
3.3 IZOLANTY	28
3.4 CHLADIVO	30
3.4.1 Plynové chladivo	30
3.4.2 Kvapalné chladivo	30
3.5 KEFY	30
3.6 TESNIACE MATERIÁLY	31

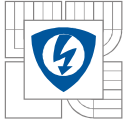


4 NÁVRH DATABÁZE	32
4.1 TABUĽKA <i>USERS</i>	33
4.2 TABUĽKA <i>MATERIAL</i>.....	33
4.3 TABUĽKY <i>ADDED_CATEGORIES</i> A <i>CATEGORIES</i>.....	34
4.4 TABUĽKA <i>PROPERTY</i>.....	35
4.5 TABUĽKY <i>DEPENDENCE</i> A <i>VALUES</i>	35
4.6 TABUĽKA <i>MATERIAL_FILES</i>	36
5 SAMOTNÁ APLIKÁCIA.....	37
5.1 POUŽITÉ TECHNOLOGIE	37
5.2 FUNGOVANIE APLIKÁCIE	37
5.2.1 Položka <i>Užívateľia</i>	39
5.2.2 Položka <i>Správa kategórií</i>	40
5.2.3 Položka <i>Správa materiálov</i>	40
5.2.4 Položka <i>Správa vlastností</i>	41
5.2.5 Položka <i>Správa závislostí</i>	42
5.2.6 Položka <i>Materiály</i>	44
6 ZÁVER.....	48
7 POUŽITÁ LITERATÚRA	49
8 PRÍLOHY	50



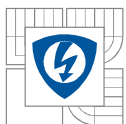
ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 2-1: Schéma rôznych spôsobov zaťažovania	14
Obr. 2-2: Krivka prvotnej magnetizácie	18
Obr. 2-3: Hysterézne slučky	19
Obr. 4-1: Štruktúra databáze	32
Obr. 5-1 Prihlasovacie okienko	37
Obr. 5-2 Položky menu	38
Obr. 5-3 Otvorená položka Užívateľia	38
Obr. 5-4 Editácia údajov užívateľa	39
Obr. 5-5 Editácia kategórie	40
Obr. 5-6 Pridanie nového materiálu	41
Obr. 5-7 Telo stránky Editácia vlastností	41
Obr. 5-8 Pridanie závislosti a nahrávanie súboru	42
Obr. 5-9 Pridané závislosti a nahraté súbory	42
Obr. 5-10 Priradené hodnoty k danej závislosti	43
Obr. 5-11 Otvorená položka Materiály	44
Obr. 5-12 Otvorená kategória Nezaradené materiály	44
Obr. 5-13 Priradené závislosti a nahraté súbory (pri položke Materiály)	45
Obr. 5-14 Vykreslený graf s dvoma charakteristikami	45
Obr. 5-15 Skrytá charakteristika	46
Obr. 5-16 Tabuľka priradených hodnôt v sekcii Materiály	46
Obr. 5-17 Výsledok vyhľadávania	47
Obr. 8-1 Krivka prvotnej magnetizácie podľa hodnôt zo zdroja [9]	53



ZOZNAM TABULIEK

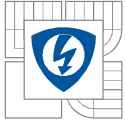
Tab. 3-1: Základné typy zliatin medi využívané v elektrotechnike [5].....	27
Tab. 8-1: Fyzikálne vlastnosti kvapalných chladív [4]	50
Tab. 8-2: Mechanické a fyzikálne vlastnosti niektorých typov ocelí [8]	50
Tab. 8-3: Mechanické vlastnosti a hustota niektorých typov hliníku [8].....	51
Tab. 8-4: Fyzikálne vlastnosti niektorých typov hliníku [8]	51
Tab. 8-5: Mechanické vlastnosti a hustota medi a jej zliatin [8].....	51
Tab. 8-6: Fyzikálne vlastnosti medi a jej zliatin [8].....	52
Tab. 8-7 Vopred nadefinované rozloženie súboru CSV	52



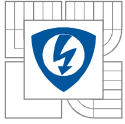
ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

Skratka	Názov
vvn	veľmi vysoké napätie
C	uhlík
Mn	mangán
Cr	chróm
Ni	nikel
Al	hliník
Cu	meď
Nb	niób
Si	kremík
P	fosfor
S	síra
Ms	mosadz
Zn	zinok
Cd	kadmium
Ag	striebro
Sn	čín
IEC	Medzinárodná elektrotechnická komisia
PVC	polyvinylchlorid
PTFE	polytetrafluorethylen

Značka	Veličina	Jednotka
ρ	hustota	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
m	hmotnosť	kg
V	objem	m^3
ϑ	teplota tavenia a teplota tuhnutia	$^{\circ}\text{C}$
α	teplotná dĺžková rozťažnosť	K^{-1}
γ	teplotná objemová rozťažnosť	K^{-1}



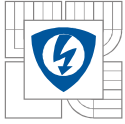
Značka	Veličina	Jednotka
c	merná tepelná kapacita	$\text{J.kg}^{-1}\text{K}$
λ	merná tepelná vodivosť	$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
γ_e	merná elektrická vodivosť	S.m^{-1}
ρ_e	merný elektrický odpor	$\Omega.\text{mm}^2.\text{m}^{-1}$
μ	permeabilita	H.m^{-1}
μ_r	relatívna permeabilita	-
μ_0	permeabilita vákua	H.m^{-1}
κ_m	susceptibilita	-
E	modul pružnosti v ťahu	MPa
G	modul pružnosti vo šmyku	MPa
μ	poissonovo číslo	-
H	magnetická intenzita	A.m^{-1}
B	magnetická indukcia	T
T_C	Curieova teplota	K
T	termodynamická teplota	K



1 ÚVOD

Elektrické stroje a přístroje sú důležitou součástíou lidského života. Tieto zariadenia tvoria zložitý systémy, ktoré musia vyhovieť náročným požiadavkám kladeným na jeho prevádzku. Na výrobu týchto zariadení sú potrebné elektrotechnické materiály. Tieto materiály môžu byť rôzne podľa potreby použitia. Vlastnosti jednotlivých materiálov sú závislé na ich zložení. Pre výrobu strojov je preto nutné poznať vlastnosti týchto materiálov, aby sa mohol použiť práve ten potrebný materiál s vyhovujúcimi vlastnosťami.

Keďže vo výrobe potrebujú mať prehľad o týchto vlastnostiach jednotlivých materiálov, tak je dôležité ich jednoduchý prístup. Práve z tohto dôvodu je dobré vytvoriť databázu materiálových vlastností. Táto databáza umožňuje prístup k jednotlivým vlastnostiam daných materiálov, a pomocou navrhnutého užívateľského rozhrania, je možné tieto údaje editovať. Užívateľské rozhranie je zrealizované formou webovej stránky, práve preto aby táto databáza bola voľne dostupná na všetkých platformách (mobily, tablety, PC a notebooky zo všetkými operačnými systémami) s internetovým pripojením. Je to jednoduché a užívateľsky najvhodnejšie riešenie.



2 VLASTNOSTI TECHNICKÝCH MATERIÁLOV

Technické materiály sú všetky materiály, ktoré sa vyskytujú vo výrobe. Môžu sa získavať chemickými dejmi, fyzikálnymi postupmi alebo môžu byť prírodné. Vlastnosti materiálov môžeme rozdeliť na tieto skupiny:

- Mechanické vlastnosti
- Fyzikálne vlastnosti
- Chemické vlastnosti
- Technologické vlastnosti [2]

2.1 Mechanické vlastnosti

Mechanickými vlastnosťami je kvantitatívne hodnotené správanie materiálu za pôsobenia vonkajších mechanických síl. Medzi základné mechanické vlastnosti patrí pružnosť, pevnosť, plasticita, húževnatosť, zatiaľ čo ďalšie vlastnosti ako tvrdosť, odolnosť proti únave, odolnosť proti tečeniu sú považované za odvodené od týchto základných pri určitých podmienkach namáhání [6].

Pružnosť je schopnosť materiálu vykazovať pred porušením pružnú deformáciu. K jej vyhodnoteniu sa zvyčajne používa modul pružnosti, medza pružnosti a energie elastické napätosti [6].

Pevnosť je odpor materiálu proti deformácii a porušeniu vonkajšími silami. Podľa spôsobu namáhania sa rozlišuje pevnosť v ťahu, tlaku, ohybu, krute, strihu, ale uvádza sa aj pevnosť v tečení alebo pri únave. Podľa fyzikálnej povahy veličín, ktorými pevnosť definujeme, rozlišujeme tri druhy pevnosti:

- Konvenčná pevnosť, stanovená podielom maximálnej sily a pôvodné plochy prierezu, síce nemá fyzikálnu podstatu, ale je výhodná predovšetkým pri konštrukčných výpočtoch a pri skúšaní materiálu.
- Skutočná pevnosť je skutočné napätie v okamihu lomu a vyjadruje odolnosť materiálu proti porušeniu.
- Teoretická (ideálna) lomová pevnosť závisí na kryštalografickej stavbe a určuje odolnosť proti porušeniu odtrhnutím v pružnom stave [6].

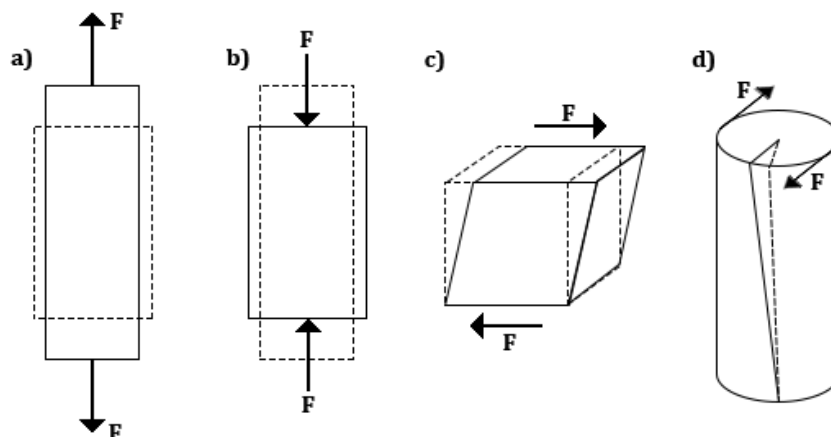
Plasticita je schopnosť materiálu zachovať trvalú deformáciu vyvolanú účinkom vonkajších síl. Meradlom plasticity býva veľkosť pomernej trvalej deformácie pred porušením [6].

Húževnatosť je schopnosť materiálu odolávať bez porušenia veľkým napätím a je teda závislá na pevnosti a plasticite. Udáva tiež odolnosť materiálu proti krehkému lomu. Ten je nebezpečným druhom porušenia, lebo pri malej spotrebe energie a nepatrnej tvárnej deformácii sa často šíri veľkou rýchlosťou. Vznik krehkého lomu závisí od mnohých faktorov. Najvýznamnejšími sú nízka teplota, rýchlosť zaťažovania, hrúbka konštrukcie, prítomnosť vrubu či výskyt poruchy, ale aj na kvalite materiálu. Meradlom húževnatosti býva najčastejšie práca spotrebovaná na deformáciu a porušenie, ale tiež napr. hodnota lomovej húževnatosti [6].

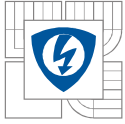
2.1.1 Skúšanie mechanických vlastností

Aby bolo možné vlastnosti materiálu reprodukovat' a navzájom porovnávať, musia byť skúšobné postupy a skúšobné podmienky jednotné a presne definované. Preto je väčšina mechanických skúšok štandardizovaná a možno ich klasifikovať podľa rozličných kritérií:

- podľa spôsobu zaťažovania - na skúšky ťahom, tlakom, ohybom, krutom, strihom
- podľa stavu napätosti - na skúšky pri jednoosovej napätosti (najčastejšie jednoosí ťah), pri dvojosovej aj trojosovej napätosti,
- podľa časového priebehu zaťaženia - na skúšky statické, charakterizované pokojným zaťažením a jeho pomalými zmenami alebo na skúšky dynamické s rýchlymi zmenami zaťaženia a s veľkou rýchlosťou deformácie,
- podľa fyzikálnych podmienok - na skúšky za rôznych teplôt a v rôznych prostrediach [6].



Obr. 2-1: Schéma rôznych spôsobov zaťažovania - ťah (a), tlak (b), strih (c), krútenie (d)



2.2 Fyzikálne vlastnosti

Fyzikálne vlastnosti sú odozvou materiálu na vonkajšie pôsobenie fyzikálneho charakteru. Toto pôsobenie môže mať charakter mechanický, tepelný, elektrický, magnetický, akustický, optický, atď.

2.2.1 Ďalšie vlastnosti z oblasti mechaniky

Hustota ρ je daná pomerom hmotnosti m k objemu V homogénnej latky pri určitej teplote. Hustota látok rastie s rastúcim tlakom a klesá s rastúcou teplotou [1].

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}; \text{kg}, \text{m}^3] \quad (2.1)$$

Objemová stlačiteľnosť K je merná veličina objemovej poddajnosti látok charakterizujúci ich chovanie za pôsobenia všestranného tlaku [6].

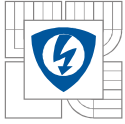
Vnútorne trenie ψ je pomerná strata mechanickej energie, ktorá sa spotrebuje na cyklickú deformáciu materiálu v jednom záťažnom cykle [6].

2.2.2 Tepelné vlastnosti

Teplota topenia, teplota tuhnutia a teplota tavenia ϑ sú teploty pri ktorých látka mení svoje skupenstvo. Vyjadruje sa v stupňoch Celzia ($^{\circ}\text{C}$). Tieto vlastnosti sú dôležité hlavne pre zlievarenstvo, pokovovanie, zváranie a pod [2].

Merná tepelná kapacita c je množstvo tepla, ktoré potrebujeme k ohriatiu 1 kg látky o 1 K. Jej jednotka je joule na kilogram a Kelvin ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}$) [2]. Rozlišujeme dva typy mernej tepelnej kapacity a to izobarická hmotnostná merná tepelná kapacita c_p [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$], ktorá je využívaná v technickej praxi pri tuhom a kvapalnom stave materiálu, a izochorická molárna veličina c_v ($\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$), s ktorou uvažuje fyzikálna teória [6].

Merná tepelná vodivosť λ je schopnosť prenášať tepelnú energiu. Keď sa ohrievajú atómy v jednom mieste, tak sa zväčšuje ich rozkmitanie, čo má za následok to, že sa začnú ohrievať atómy narážať do ďalších atómov čím sa zväčšuje ich rozkmitanie a toto sa prejavuje ako vedenie tepla. Jej jednotka je Watt na Kelvin ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) a vyjadruje, koľko tepla prejde stenou za jednotku času, ak rozdiel teplôt medzi vstupnou a výstupnou plochou je 1 K [2].



Teplotná dĺžková rozt'ažnosť α vyjadruje predĺženie dĺžky daného materiálu. Jej základnou jednotkou je kelvin na mínus prvú (K^{-1}). Je to vlastnosť závislá na teplote. S rastúcou teplotou sa kovy rozt'ahujú a naopak s klesajúcou teplotou sa kovy zmršťujú [2].

Teplotná objemová rozt'ažnosť γ vyjadruje zväčšenie objemu daného materiálu. Rovnako ako pri dĺžkovej rozt'ažnosti jej základnou jednotkou je kelvin na mínus prvú (K^{-1}) a je závislá na teplote. Tým, že napr. u oceli, je teplota tavenia okolo $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vychladený odliatok má teplotu okolo $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, čiže rozdiel týchto teplôt je vysoký, vzniká väčšia zmena aj odliatku po vychladení [2].

2.2.3 Elektrické vlastnosti

Merná elektrická vodivosť (konduktivita) γ_e vyjadruje schopnosť látky viesť elektrický prúd. Jej jednotkou je Siemens na meter ($S\cdot m^{-1}$) [2].

Merný elektrický odpor (rezistivita) ρ_e vyjadruje u vodivých materiáloch odpor vodiča o prierezu 1 mm^2 a dĺžke 1 m ($\Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$). Pre menej vodivé a nevodivé materiály sa merný elektrický odpor definuje ako odpor medzi protíľahlými stenami kocky o strane 1 cm ($\Omega\text{cm}^2\text{cm}^{-1}$) [1][2]. Všetky vonkajšie alebo vnútorné vplyvy, ktoré bránia pohybu voľných elektrónov, zvyšujú rezistivitu materiálu.

Supravodivosť je stav niektorých kovov, ktorých elektrický odpor sa pri teplotách blízko 0 K skokom zníži na nezistiteľnú hodnotu, čo znamená, že elektrický prúd prechádza cez daný vodič v podstave bez odporu. Prejavuje sa to hlavne pri jednosmernom prúde [1]. Do tohto stavu sa môže dostať materiál aj pôsobením intenzívneho magnetického pola.

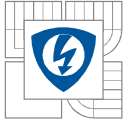
2.2.4 Magnetické vlastnosti

Hlavné magnetické vlastnosti prostredia sú charakterizované pomernou permeabilitou μ_r [-] a susceptibilitou κ_m [-], ktoré sú vzájomne viazané vzťahom:

$$\kappa_m = \mu_r - 1 \quad [-] \quad (2.2)$$

Tieto veličiny charakterizujú chovanie materiálu v magnetickom poli, ktorá má intenzitu H [$\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$] a vyvoláva v danom materiálu magnetickú indukciu B [T]. Celková permeabilita je daná rovnicou:

$$\mu = \frac{B}{H} = \mu_r \cdot \mu_0 \quad [\text{H}\cdot\text{m}^{-1}; \text{T}, \text{Am}^{-1}; -, \text{Hm}^{-1}] \quad (2.3)$$



kde μ_r (relatívna permeabilita) udáva koľko krát je permeabilita danej látky väčšia ako permeabilita vákua $\mu_0=4\pi 10^{-7}$ H.m⁻¹ [6].

Materiály môžeme podľa veľkosti relatívnej permeability μ_r zaradiť do troch skupín:

- Diamagnetické látky ($\mu_r < 1$) – tieto látky majú dovolené stavy na orbitách obsadené dvojicami elektrónov s opačnou rotáciou a tým pádom je výsledný moment nulový [5]. Preto tieto látky nezosilňujú účinok vonkajšieho magnetického pola (vodík a väčšina organických zlúčenín, potom z kovov meď, ortuť, cín, zlato, olovo a podobne) [1]. Susceptibilita týchto látok nezávisí na teplote a na intenzite magnetického pola, je záporná a má hodnotu menšiu ako 10^{-5} [5].
- Paramagnetické látky ($\mu_r > 1$ ale blízke jednej) – tieto látky nemajú vnútorné orbity plne obsadené, preto každý atóm má výsledný magnetický moment. Tieto momenty sú orientované všetkými možnými smermi a až po priložení vonkajšieho magnetického pola sa natáčajú do jeho smeru, čo sa prejavuje ako slabé zmagnetizovanie. Proti usmerňujúcemu vplyvu magnetického pola pôsobí vplyv tepelného pohybu, ktorú môžeme popísať nasledujúcou rovnicou:

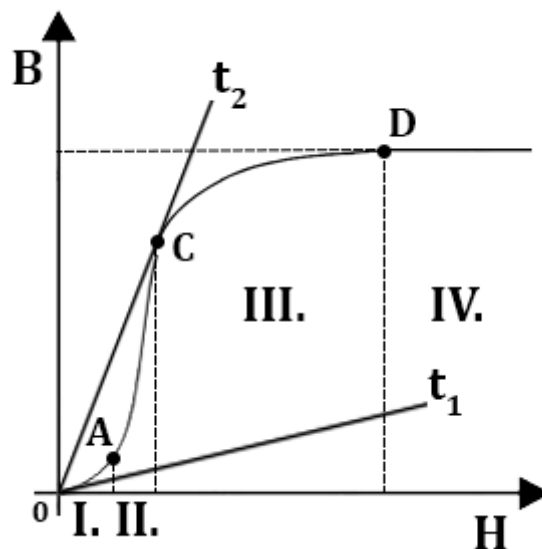
$$\kappa_m = \frac{T_C}{T} \quad [-; K, K] \quad (2.4)$$

kde T_C je Curieova teplota a T je termodynamická teplota. Susceptibilita paramagnetík je kladná a pohybuje sa v rozmedzí 10^{-5} až 10^{-2} . Patria sem alkalické kovy, hliník, platina a podobne [5].

- Feromagnetické látky (μ_r je veľmi vysoké) – tieto látky majú nenulový magnetický moment aj bez pôsobenia vonkajšieho magnetického pola. Tento moment je daný nevykompenzovanými rotujúcimi magnetickými momentmi na niektorých z vnútorných nie úplne obsadených dráh atómového obalu. Podľa Weissovej teórie feromagnetizmu sa každá feromagnetická látka pri teplote nižšej ako je Curieova teplota, rozpadá na malé oblasti, tzv. domény. Magnetické momenty týchto domén sú rozložené úplne náhodne. Až po priložení vonkajšieho magnetického pola sa tieto smery usporiadajú rovnako a takto dochádza k spontánnej magnetizácii [5]. Podľa obťažnosti magnetizácie ich môžeme rozdeliť na dve skupiny a to magneticky mäkké materiály (ľahko sa zmagnetizujú, ale po zániku vonkajšieho magnetického pola si svoje magnetické vlastnosti neudržia), ktoré sa používajú na stavbu obvodov u strojov a prístrojov, a na magneticky tvrdé materiály (ťažko sa zmagnetizujú, ale svoje vlastnosti si udržia aj po zániku vonkajšieho magnetického pola), ktoré sa používajú na výrobu permanentných magnetov [1][2].

Magnetizačná krivka a hysterézná slučka

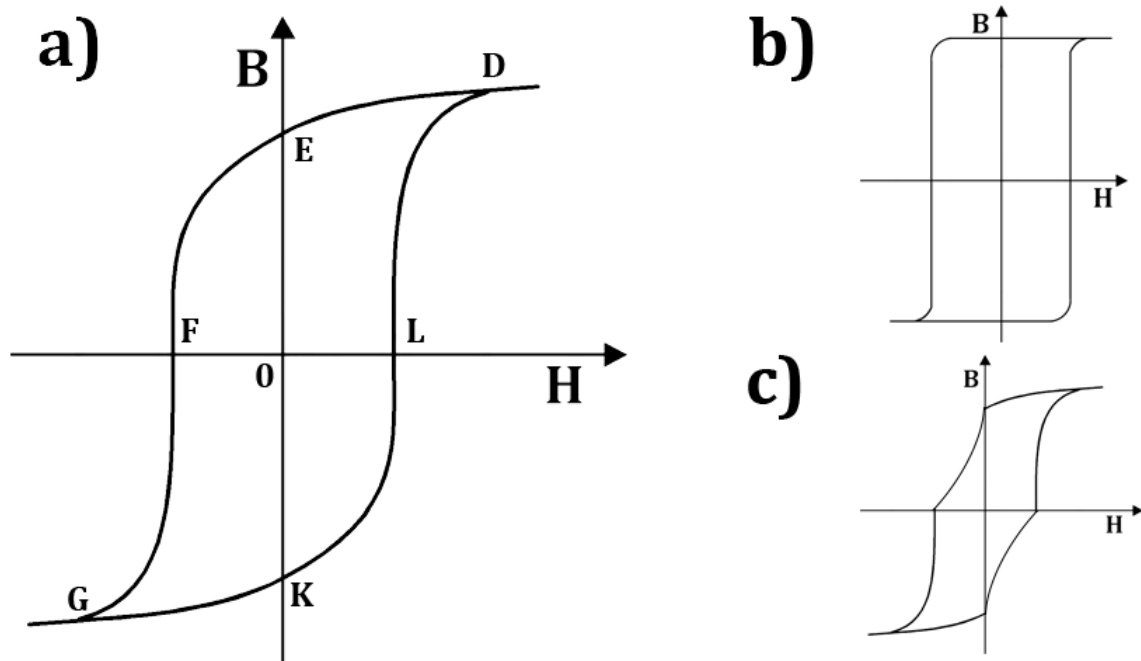
Pod magnetizačnou krivkou rozumieme grafické vyjadrenie vzťahu medzi vonkajším magnetickým polom a magnetizáciou danej látky. Vyznačuje závislosť magnetizácie I na intenzite magnetického pola H čiže $I = f(H)$ a veľmi tesne súvisí s doménovou štruktúrou. Dve susedné domény sa nedotýkajú, ale sú oddelené priestorom nazývaným Blochova stena. Veľkosť tejto steny je v rozmedzí 10^{-3} až 10^0 mm³. Magnetizačné deje môžu byť buď vratné alebo nevratné. Vratným dejom rozumieme taký dej, ktorý môže prebiehať aj v opačnom zmysle bez toho aby bol narušený stav z ktorého sa pôvodne vychádzalo. Magnetizačná krivka má niekoľko oblastí a každej z nich prevažuje určitý dej. V prvom oblasti ohraničeným bodmi 0 a A (počiatočný obor magnetizačnej krivky Obr. 2-2) je dej z veľkej časti vratný, prebieha v ňom vratný posun Blochových stien. V druhom oblasti A-C (Obr. 2-2) prechádza dej do nevratného. Tieto nevratné posuny neprebiehajú spojitě, ale po skokoch, nazývanými Barkhausenovými skokmi. V oblasti C-D (Obr. 2-2) sa mení smer spontánnej magnetizácie v doménach, deje sa stáčaním vektorov spontánnej magnetizácie. V poslednej oblasti IV. (Obr. 2-2) už nemení spontánna magnetizácia svoj smer, jej absolútna hodnota však mierne rastie. Tento dej sa nazýva paraprocesom [7].



Obr. 2-2: Krivka prvotnej magnetizácie

Ak začneme znižovať magnetické pole po dosiahnutí určitého stavu, tak magnetizácia začne klesať. Tento pokles je však pomalší, čo znamená, že magnetizácia zaostáva za intenzitou pola. Tento jav nazývame magnetickou hysteréziou [7].

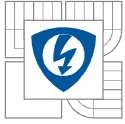
Pri dosiahnutí nulovej hodnoty intenzity $z H_s$ sa vektory magnetizácie vrátia do stavu daným bodom E (Obr. 2-3) a indukcia klesne na hodnotu magnetickej remanencie B_r (Obr. 2-3). Na rovnakom obrázku vidíme úsek E-F-G ktorý znázorňuje stav, keď sa obráti smer magnetizačného prúdu a zvyšuje sa tento prúd až kým intenzita pola neodpovedá intenzite H_s . Ďalší úsek D-E-F-G určuje jednu vetvu hysteréznej slučky. Jej druhá vetva je určená bodmi G-K-L-D a je súmerná počiatku. Odpovedá zmenšeniu magnetizačného prúdu na nulovú veľkosť, zmene jeho smeru a jeho zväčšeniu, až intenzita pola dosiahne hodnoty $+H_s$. Vzdialenosť 0-F sa nazýva koercitívna intenzita H_c [5].



Obr. 2-3: Hysterézne slučky

Plocha hysteréznej slučky je úmerná hysteréznym stratám. Podľa tvaru môžeme rozlišovať tieto typy hysteréznych slučiek:

- normálna – pomer B_r ku B_s má veľkosť 0,5 až 0,8 (Obr. 2-3:a)
- pravouhlá - pomer B_r ku B_s sa blíži 1 (Obr. 2-3:b)
- perminvarová – slučka je v strednej časti zúžená (Obr. 2-3:c) [5]



2.2.5 Chemické vlastnosti

Chemické účinky niektorých kvapalných alebo plynových látok alebo tiež niektoré prostredia spôsobia porušenie povrchu materiálu. Tento jav pri kovoch nazývame korózia. Koróziu musíme sledovať a skúmať lebo už iba hrdzavením oceli sa stráca 2% z jeho celkového množstva ročne. Korózia závisí na druhu látky, akosti povrchu, spracovaní látky a tiež na vnútorných vplyvoch ako sú napr. koncentrácia, teplota, pohyb korózneho činidla atď. Preto aby sme sa mohli proti nej brániť musíme predovšetkým vedieť ako jej daný materiál podlieha [1].

Skúšky korózií môžeme rozdeliť do dvoch skupín:

- Korózne skúšky v prírode (dlhodobé skúšky) – vzorky skúšaných materiálov sa umiestňujú priamo do prevádzkových podmienok, alebo do miest s najpriaznivejšími podmienkami. V ďalších prípadoch sa tieto vzorky ponárajú do rôznych kvapalín, alebo sa ukladajú do rôznych druhov pôdy [1].
- Korózne skúšky v laboratóriách (krátkodobé skúšky) – tieto skúšky prebiehajú pomocou chemicky pôsobiacimi plynmi a kvapalinami. Skúšajú sa vzorky v stojacej kvapaline (plyne), v prúdiacej kvapaline (plynu) alebo pri opakovanom ponore. V klimatizačných komorách je možné pripraviť nepriaznivé klimatické podmienky tzv. mikroklimu, čím je tiež možné vykonávať skúšky [1].

Chemické vlastnosti materiálov ktoré sa skúšajú týmito metódami sú:

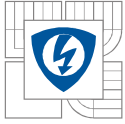
- Odolnosť proti korózií
- Žiaruvzdornosť – je to vlastne odolnosť proti oxidácií za vyšších teplôt [2].
- Žiarupevnosť – je schopnosť materiálu odolávať opálení pri zachovaní si určitých mechanických vlastností [2].

2.3 Technologické vlastnosti

Technologické vlastnosti určujú možnosti ďalšieho spracovania materiálu. Najdôležitejšie technologické vlastnosti môžeme rozdeliť nasledovne:

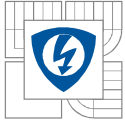
Tvárnosť je schopnosť materiálu zmeniť svoj tvar pôsobením vonkajšej sily bez porušenia súdržnosti a zotrvať v tomto tvare po ukončení pôsobenia sily [1] [2].

Zvárateľnosť je schopnosť materiálu vytvoriť celok z dvoch častí, spôsobom tavného, tlakového alebo iného typu zvárania [1].



Zlievateľnosť je súhrn vlastností, ktoré musí mať kov určený k liatiu. Umožňuje výrobu kvalitných odliatok. Dobré zlievateľný kov musí byť dobre tekutý, aby mohol rýchle vyplňať celú formu. Ďalej nesmie sa zmršťovať, nesmie tvoriť bubliny atď. [1].

Obrábatel'nosť je súhrn vlastností, ktoré charakterizujú daný materiál pri obrábaní reznými nástrojmi za rôznych rezných podmienok. Obrábatel'nosť posudzujeme podľa jednoduchosti oddeľovania triesku, podľa rezného odporu, podľa uchytávania triesky na nástroj a tiež podľa mechanických vlastností. Skúšame ju normalizovaným nástrojom na meracích suportoch pri rôznych rýchlostiach a konštantných rezných podmienkach [1] [2].



3 KONŠTRUKČNÉ MATERIÁLY POUŽÍVANÉ V ELEKTROTECHNIKE

Tieto materiály majú vysoké požiadavky čo sa týka mechanických vlastností (z hľadiska statických alebo dynamických namáhání), tepelných vlastností (vodivosť, tepelná kapacita, odolnosť proti vysokým teplotám), magnetických vlastností (dobré vedenie magnetického toku alebo antimagnetizmus) a samozrejme elektrických vlastností (elektrický odpor a dielektrické vlastnosti).

3.1 Oceľ a železo

Podiel týchto dvoch kovov vo výrobe elektrických strojov je 80 z 90 %. Železo podľa použitia môžeme rozdeliť nasledovne:

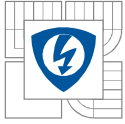
- Aktívne železo – tvorí cca. polovinu využívaného železa, používa sa na vedenie magnetického toku.
- Plné železo sa používa v masívnych častiach elektrických strojov.
- Lisované železo sa používa na vedenie striedavého magnetického toku a tiež tam kde nemajú vzniknúť vírivé prúdy [4].

V technickej praxi majú podstatne väčší význam skupiny ocelí a surových želez než železo čisté, lebo jeho výroba je veľmi nákladná. Vo všetkých druhoch technického železa je prítomný uhlík. Zliatiny s obsahom uhlíka do 1,7% sa nazývajú ocele, zliatiny s obsahom uhlíka nad 1,7% sú surové železo a liatiny. Surové železo sa vyrába zo základných veličín a používa sa prevažne na výrobu ocelí a liatin. Liatiny sa získavajú prevažne pretavovaním surového železa a kovového odpadu v zlievarenských peciach. Vyrábajú sa z nich tvarové odliatky [5].

Z hľadiska použitia sa oceľ delí na konštrukčnú oceľ, na oceľ zo zvláštnymi vlastnosťami a na nástrojovú oceľ [5]. Základné fyzikálne a mechanické vlastnosti niektorých typov ocelí môžeme nájsť v *Tab. 8-2*.

3.1.1 Surové železo a liatiny

Na rozdiel od surového železa, kde je najdôležitejšie chemické zloženie sú u liatin dôležitými vlastnosťami mechanické a technické. Ich prednosti spočívajú v priaznivých



technických vlastnostiach ako napr. dobrá zlievateľnosť. Mechanické vlastnosti závisia na chemickom zložení a na štruktúre materiálu. Surové železá a liatiny majú vyšší obsah uhlíka (nad 1,7%) a tiež väčšie množstvo prímiesí (Mn, Si, P, S) [5].

Biele liatiny sú krehké, tvrdé a ťažko obrábateľné. Ich použitie je preto obmedzené [5].

Grafitické liatiny obsahujú grafit a môžeme ich zoskupiť nasledovne:

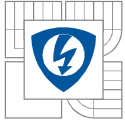
- Sivá liatina je najrozšírenejším zlievarenským materiálom lebo je veľmi dobre zlievateľný. Používa sa na ložiskové puzdrá, ako odporový článok k regulácií elektrických motorov, vložky valcov atď. Jeho zloženie je obvykle 2,8 až 3,6 % C, 1,4 až 2,8 % Si, 0,5 až 1,0 % Mn, 0,2 až 0,6 % P a maximálne 0,15 % S [5].
- Tvárna liatina tvorí akýsi prechod medzi šedou liatinou a oceľou, a to rovnako aj pri mechanických a technologických vlastností. Používa sa napr. na súčasti motorov, ložiskové puzdrá a na rôzne strojné odliatky [5].
- Temperovaná liatina má dobre mechanické vlastnosti, výbornú obrábateľnosť, vysokú odolnosť proti korózií a výhodnú cenu. Optimálnym zložením temperovanej liatiny je 2,2 až 3,2 % C, 0,6 až 1,6 % Si, 0,3 až 1,2 % Mn, 0,05 až 0,15 % S a maximálne 0,1 % P. Temperovanú liatinu ďalej môžeme deliť do dvoch skupín a to: temperovaná liatina s bielim lomom (dobrá zvarateľnosť a tvárnosť) a temperovanú liatinu s čiernym lomom (vzniká z bielej liatiny pomocou temperovania za teploty okolo 1000 °C v prostredí tuhom, kvapalnom alebo plynnom) [5].

Legované liatiny sú liatiny s lepšími mechanickými vlastnosťami, liatiny odolné proti opotrebeniu, žiaruvzdorné liatiny, liatiny odolné voči korózií a liatiny zo zvláštnymi fyzikálnymi vlastnosťami [5].

Nemagnetické liatiny sú liatiny austenické s prísadou Mn. Používajú sa ako náhrada za farebné kovy [5].

3.1.2 Konštrukčné ocele

Tieto ocele slúžia na výrobu súčastí strojov a zariadení ako napr. pre hriadele, pre telesá rotoru dvoj a štvorpólových alternátorov, na pomocné póly jednosmerných strojov, na dosky atď. Pri tomto type sú pre ne rozhodujúce mechanické vlastnosti ako vysoká medza pružnosti, niekedy žiaruvzdornosť, zvarateľnosť a korózia vzdornosť. Konštrukčné ocele môžeme ďalej deliť na: konštrukčné tvárnené a konštrukčné na odliatky [5].



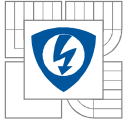
Konštrukčné tvárnené ocele môžu byť obvyklej akosti alebo ušľachtilé a to buď uhlíkové alebo zliatinové (legované – Mn, Cr, Ni, Al, Nb atď.). V konštrukčných oceliach uhlíkových býva obsah uhlíka maximálne 0,7% niekedy ale v ojedinelých prípadoch viac. Tento typ sa obvykle tepelne nespracováva. Konštrukčné ocele ušľachtilé sa práve naopak, tepelne spracovávajú. Vyznačujú sa výrazne väčšou čistotou oproti oceliam s obvyklou akosťou a preto majú lepšie homogénne vlastnosti. Zliatinové ocele sa súčtom legovaných prvkov do 2,5% nazývajú nízko legované, od 2,5 až 5% sú stredne legované a nad 10% sú vysoko legované. Tvárnené ocele sa používajú napr. na stožiare veľmi vysokého napätia (vvn), na hriadele, na plechy pre stator turbogenerátorov, na malé rotory atď. [5].

Konštrukčné ocele na odliatky sa často používajú na výrobu zložitých tvarov. Môžu byť uhlíkové (do 0,6% C) alebo zliatinové. Ak majú maximálny obsah uhlíka do 0,25% tak sú zvárateľné. Využívajú sa pri výrobe elektrických strojov a to napr. pre ložiskové stojany turbogenerátorov, pre kostry asynchrónnych motorov (max. 0,28% C, pevnosť v ťahu min. 450 MPa), pre rotory synchronných generátorov atď. [5].

3.1.3 Ocele zo zvláštnymi vlastnosťami

Môžeme ich zoskupiť nasledovne:

- Ocele zo zvláštnymi fyzikálnymi vlastnosťami – sú to ušľachtilé vysoko legované ocele [5].
- Ocele zo zvláštnymi tepelnými vlastnosťami – patria sem ocele s malou tepelnou rozťažnosťou, ocele s veľkou tepelnou rozťažnosťou, ocele s nízkou tepelnou vodivosťou, ocele a zliatiny pre zatavovanie do skla a porcelánu a oceli s modulom pružnosti nezávislé na teplote [5].
- Ocele s veľkým elektrickým odporom – majú vysoký merný elektrický odpor, malý teplotný súčiniteľ elektrického odporu, musia byť dostatočne žiaruvzdorné, žiarupevné, musia mať vysokú teplotu tavenia a musia sa jednoducho spracovať na tenké drôty. Sú to napr. ocele legované Cr a Cr-Ni, alebo zliatiny niklu [5].
- Ocele zo zvláštnymi magnetickými vlastnosťami – sú to ocele a zliatiny magneticky tvrdé a magneticky mäkké [5].
- Ocele nemagnetické – používajú sa na výrobu nemagnetických častí elektrických strojov (armovanie káblov, skrine citlivých magnetických prístrojov atď.), tam kde iné materiáli nevyhoveli z pevnostných dôvodov [5].



3.1.4 Nástrojové ocele

Táto skupina ocelí dosahuje optimálne vlastnosti tepelným spracovaním. Vyrábajú sa z nich rezné nástroje (sú tvrdé a odolné proti opotrebeniu), nástroje na tvárnenie (húževnaté, na povrchu tvrdé), meracie nástroje (odolné proti opotrebeniu) a pomocné nástroje či prípravky [5].

3.1.5 Oceľové plechy

Oceľové plechy sa využívajú na výrobu kotlových plechov, na výrobu krytov nevýbušných strojov a jeho častí, u ktorých požadujeme zvláštne dobrú zvárateľnosť. Valcované plechy bez zvláštnych mechanických vlastností sa používajú pre zvárané konštrukcie (pováčšine na kostry), na pólové nadstavce, na listené póly, na listené kostry jednosmerných strojov a na skladané (reťazové) rotory. Hrúbka plechu pre listené póly je 1 až 2 mm a pre skladané rotory 2 až 4 mm [4].

3.2 Neželezné kovy

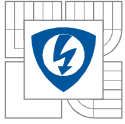
Neželezné kovy sa používajú vo stavbe elektrických strojov ako elektrické vodiče, ako permanentný magnetický materiál, ako materiál ku tieneniu magnetických polí, ako nemagnetický materiál a v istom rozsahu tiež ako čisté konštrukčné materiály (pre výrobky z mosadze, bronzu, ľahkých kovov, ložiskových atď.) [4].

3.2.1 Permanentné magnety

Permanentné magnetické materiály sa používajú v stavbe elektrických strojov pre motory a generátory s permanentnými magnetmi, a to rovnako ako u menších strojov napr. u dynam bicyklov apod., tak aj pre striedavé stroje v súvislosti s reguláciou magnetickými zosilňovačmi, pre rotory tzv. zubových alternátorov apod. Používajú sa najmä magnetické nikelové zliatiny a železo (kobaltové zliatiny) [4].

3.2.2 Med'

Med' je významná predovšetkým vynikajúcou elektrickou i tepelnou vodivosťou. Elektrická vodivosť medi klesá s množstvom nečistôt, s rastom teploty a tiež tvárnením za



studená. V oxidačnom prostredí sa meď pokrýva slabou vrstvou zlúčenín (oxidu, uhličitanu, sulfidu, síranu, chloridu), ktorá ju chráni pred ďalšou koróziou a sfarbuje jej povrch (patina, medenky - v bežnej atmosfére je zelená). Síra vyvoláva u medi koróziu, preto je nutné medený vodič chrániť, napr. pocínovaním. Pri žíhaní medi pri teplotách nad 400 ° C preniká do medi ľahko vodík, ten potom reaguje s oxidmi za vzniku vodnej pary, ktorá nie je schopná difúzie a svojím veľkým tlakom zapríčiňuje popraskanie medi. Tento jav sa nazýva vodíková choroba. Objavuje sa pri obsahu vodíka väčším ako 0,003 %, preto obsah vodíka nemôže prekročiť 0,003% - u bez kyslíkovej medi 0,002% [5].

Z celkovej svetovej výroby medi sa približne polovina spotrebuje na medené výrobky a zvyšok na prípravu rôznych zliatin. Najviac čistá meď sa spotrebuje na elektrotechnické účely, napr. na výrobu drôtov, lán, silnoprúdových kábla, oznamovacích vodičov všetkého druhu, vinutia a iných častí transformátora a elektrických strojov točivých (napr. komutátor) a súčasťou elektrických prístrojov [5].

Na klzné kontakty (hlavne u silnoprúdových prístrojov) je meď najlacnejším materiálom a vyhovie tam, kde nie sú veľké požiadavky na prúdovú zaťažiteľnosť a životnosť kontaktu. Menej výhodné mechanické vlastnosti u medi môžeme vylepšiť napr. legovaním, čím vznikajú rôzne zliatiny medi. Významné Prísady: Cd (do 1% - diaľkové vodiče, telefónne vodiče), Cr (do 0,8% - elektródy na odporové zvarané), Ag (do 0,1% - zvyšuje teplotný rozsah použitia spevnením medi - komutátory, súčasti elektrických strojov) [5].

Základné fyzikálne a mechanické vlastnosti medi a jej zliatin môžeme nájsť v tabuľkách *Tab. 8-5* a *Tab. 8-6*.

Zliatiny medi

Mosadze (technické označenie Cu - Zn) značíme Ms a doplníme číslicu, ktorá udáva obsah medi v zliatine (napr. Ms 70). S rastom obsahu zinku vzrastie pevnosť v ťahu a dosahuje maximum až pri obsahu cca 45% zinku. Pri vyšších koncentráciách pevnosť prudko klesá. Ťažnosť dosahuje maximum pri 32% zinku [5].

Bronzy je označenie pre všetky zliatiny medi s výnimkou mosadze. Preto je správne druh bronzu určovať podľa hlavného prísadového prvku (napr. Bronz cínový, hliníkový, kremíkový, niklový). Používa sa označenie zostavené z chemických symbolov hlavných prvkov a doplnené číselným údajom % obsah prísad, napr. CuSn3, CuAl9 [5].



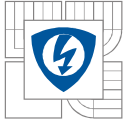
Najviac používanými druhmi bronzu sú cínové bronzy, ktoré sú pevné, húževnaté, nehrdzavejúce a majú výborné klzné vlastnosti. S obsahom cínu rastie pevnosť (max. pri 20% cínu) a ťažnosť (max. pri asi 5% cínu), potom prudko klesá. Tento druh bronzu je však drahý [5].

Tab. 3-1: Základné typy zliatin medi využívané v elektrotechnike [5]

Zliatina		Vlastnosti
mosadze	tvárnené	Ms 96, Ms 90, Ms 85, Ms 80 – chemicky stále, tvárnené, dobre elektricky vodivé
		Ms 70, Ms 68 – tvárny a pevný materiál, vhodný pre ťahané a lisované komponenty v elektrotechnike
	zlievarenské	58 až 63% Cu – vhodné napr. na výrobu držiakov
	zvlášťne	zlepšené mechanické vlastnosti prímiesami ako napr. Ni, Sn alebo iných kovov
spájky	strieborné	30 až 50% Cu, 25 až 52% Zn, 4 až 45% Ag – teplota tavenia až 720 °C, výborné zatekanie, dobré spájanie
	niklové	38% Cu, 50% Zn, 12% Ni – teplota tavenia okolo 900 °C, vhodné pre spájanie ocelí, niklu a jeho zliatin
bronzy	cínové tvárnené	max. 20% Sn – dobre elektricky vodivé, dobré mechanické vlastnosti
	cínové zlievarenské	napr. Cu12Sn na ložiskové puzdrá, pridaním zinku a olova sa zlepšuje zlievateľnosť
	hliníkové	max. 10% Al – odolné vyšším teplotám a korózií
	kremíkové	max. 5% Si – pevný, odolný voči korózií
	berýliové	max. 2,5% Be – výroba pružín i pre veľké prúdové zaťaženie
	niklové	obsah niklu mení vlastnosti, používajú sa ako odporové vodiče, termoelektrické články apod.

3.2.3 Hliník

Čistý hliník je mäkký, málo pevný a dobre tvárny, tvárnením za studená sa spevňuje. Odolnosť hliníka proti korózii stúpa s jeho čistotou. Hliník na elektrotechnické účely má čistotu až 99,99%. Čistý hliník sa používa najmä ako elektrovodný materiál - jeho elektrická vodivosť je asi 60% elektrickej vodivosti medi, je však asi trikrát ľahší ako meď. Hliníkový vodič o rovnakom elektrickom odporu ako vodič medený má s 1,3krát väčším priemerom len polovičnú hmotnosť [5].



Hliník (99,5%) a jeho zliatiny sa používa pre výrobu holých vodičov rozvodných zariadení vnútorných a vonkajších, elektrovodných hliníkových lán (AlFe), silnoprúdových pevne uložených káblov do 35 kV, ochranných vodičov, klietkových vinutí s kotvou nakrátko, tienené oznamovacie káble apod. anodicky izoláciou hliníka možno získať izolačnej vrstvy, izolujúci až do 500 V [5].

Väčšia časť vyrobeného hliníka sa používa na výrobu zliatin (15% pre zliatiny tvárnené, 47% pre zlievarenské), ktoré majú podstatne lepšie mechanické vlastnosti a sú nepostrádateľným konštrukčným materiálom, najmä v leteckom priemysle. Ide vždy o komplexné zliatiny týchto základných typov [5].

Základné fyzikálne a mechanické vlastnosti niektorých typov hliníku môžeme nájsť v tabuľkách *Tab. 8-3 a Tab. 8-4*.

Tvárnené zliatiny hliníka

S väčšou pevnosťou:

- Al-Cu-Mg: menšia chemická odolnosť, po žíhaní možno tvárniť za studena
- Al-Cu-Ni: vysoká pevnosť za zvýšených teplôt
- Al-Zn-Mg: vysoká pevnosť, malá odolnosť proti korózii

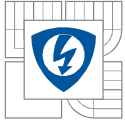
S väčšou odolnosťou proti korózii:

- Al-Mg: odolné proti atmosfére, morskej vode
- Al-Mg-Si: húževnaté, odolné proti korózii
- Al-Mn: nevytvrditeľné, tvárne za studena [5]

Zlievarenské zliatiny hliníka majú vyšší obsah prísad aj nečistoty ako tvárnenie zliatiny, sú ale dobre zlievateľné. Ich mechanické vlastnosti však nedosahujú hodnoty špičkových zliatin tvárnených. Patria sem zliatiny ako Al-Si, Al-Mg, Al-Cu, Al-Zn [5].

3.3 Izolanty

Izolačné materiály v stavbe elektrických strojov bývajú väčšinou kombinované z rôznych materiálov, ako napr. sľudy, nosného materiálu (papier alebo sklená tkanina) a spojivá (lak, živica). Na izolačné materiály sú kladené požiadavky výrobné, mechanické a elektrické, napr. priaznajú pevnosť, bezpečnosť proti plazivým prúdom, ďalej potom požiadavky na tepelnú

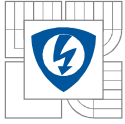


vodivosť, tepelnú stálosť a požiadavky na správanie vo vlhku alebo pri prítomnosti určitého plynu atď., a v neposlednom rade aj požiadavky hospodárnosti [4].

Izolanty sa zaraďujú do teplotných tried podľa odporúčania IEC. V týchto triedach sú zoskupené podľa najvyššej dovolenej trvalej teploty. Ďalšie kritérium zoskupenia môže byť tiež tepelná vodivosť. Všetky izolačné materiály použité v elektrickom stroji tvoria izolačný systém. Kombinácie jednotlivých izolačných materiálov, ich upevnenie a stlačenie pri impregnovaní živicami a lakmi, vzájomné ovplyvňovanie rôznych materiálov, spracovanie a spôsob použitia, pričom je dôležité, či impregnačný proces prebiehal bez alebo za prístupu vzduchu, to všetko určuje elektrické, tepelné a mechanické správanie izolačného systému. Vlastnosti izolačného systému sa nedajú vyjadriť ako jednoduchý súhrn vlastností jednotlivých izolantov [4].

Izolanty môžeme tiež rozdeliť do týchto skupín:

- Plyné izolanty – patrí sem vzduch, vodík, dusík, oxid uhličitý, fluorid sírový a Freóny [5].
- Kvapalné izolanty – z hľadiska životného prostredia by boli najmenej škodlivé rastlinné oleje, ale tie nedokážu splňať náročné podmienky kvapalných izolantov v elektrotechnických zariadeniach. Preto sa začali vyrábať syntetické kvapaliny, ako náhrada olejov. V niektorých dielektrických vlastnostiach dokonca predbehli minerálne oleje, ale niektoré syntetické kvapaliny môžu vyvolať kožné ochorenia a tiež ďalšie zdravotné problémy [5].
- Pevné anorganické izolanty – z nebezpečných anorganických minerálnych materiálov sem môžeme zaradiť azbest a kremenný prach. Ďalej medzi bezpečné látky patria sklo a keramika. Komplikácie môžu nastať pri obrábaní skla, totiž sa rezaním skla dostáva do ovzdušia sklenený prach, ktorý sa dostáva do pokožky a do dýchacej sústavy. Jediným závadným faktorom u keramik je tiež prach vznikajúci ich brúsením [5].
- Pevné organické izolanty – patrí sem rada prírodných látok ako je napr. drevo, jantár, šelak, živica atď. Ďalej zo syntetických materiálov sem môžeme zaradiť plasty, napr. PVC, PTFE atď. [5].



3.4 Chladivo

3.4.1 Plynové chladivo

Ako chladivo sa v elektrických strojoch používa predovšetkým vzduch. Chladiaci vzduch musí byť bez prachu, predovšetkým bez vodivého prachu. Veľké stroje sú preto často navrhnuté s obehovým chladením. Ak sú krúžky či komutátor v chladiacom obvode stroja, je ťažké odfiltrovať z chladiaceho vzduchu prach z kief. Preto bývajú krúžky a komutátory usporiadané mimo obeh chladiaceho vzduchu. Pre otvorené stroje v prostredí obsahujúcom rudný prach sa odporúča filtrovať vzduch pred vstupom do stroja. Pre niektoré stroje je obvyklé chladenie plynom (obzvlášť vodíkom) o rôznom tlaku. Čiastočne sa používajú tiež iné plyny ako napr. dusík [4].

3.4.2 Kvapalné chladivo

Kvapalné chladenie sa používa zvyčajne pre jednotlivé časti strojov, najmä pre satorové vinutia, a to ako vodné, tak olejové [4].

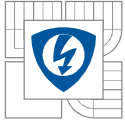
Základné fyzikálne vlastnosti kvapalných chladív môžeme nájsť v tabuľke *Tab. 8-1*.

3.5 Kefy

Názov uhlíkové kefy pokrýva všetky druhy kief a neoznačujú sa ním len výhradne uhlíkové kefy, ale tiež kefy obsahujúce viac či menej kovu [4].

Podľa základných materiálov a spôsobu výroby rozoznávame štyri druhy uhlíkových kief:

- Tvrdé uhlíkové kefy - ako surovina sa používa amorfný uhlík, sadze, ropný koks, dechtový koks, ako aj na tejto báze získaný umelý grafit (elektrografit) [4].
- Kefy z prírodného grafitu - sú vyrábané predovšetkým z vločkového prírodného grafitu, dovážaného hlavne z Cejlónu a Madagaskaru [4].
- Kovové kefy – k veľmi kvalitnému prírodnému vločkovému grafitu je primiešano veľké percento (80%) kovového prášku (najmä medeného) [4].
- Elektrografitické uhlíkové kefy - koncový materiál sa vyrába rovnako ako uhlík pre tvrdé kefy, je však dodatočne podrobený elektrografitickému procesu. Ich vlastnosti sú však podstatne iné, a preto sa označujú ako jeden zo štyroch základných druhov kief [4].



Všetky čtyři druhy kief sa vyrábajú v rôznych akostiach, na ktoré má značný vplyv veľkosť zrn, dosiahnutá mletím jednotlivých surovín, impregnácia mazadlami, látkami zlepšujúcimi klznú vlastnosť, spojivo s prchavými zložkami a ďalšími prísadami, ktoré sa pridávajú, aby sa dosiahli požadované výsledky. Jednotlivé druhy a akosti sa rozlišujú podľa elektrickej vodivosti, mernej hmotnosti, tvrdosti, pevnosti v lome, súčiniteľa trenia, závislosti úbytku napätia na prúdovej hustote a vlastností, ktoré možno len čiastočne fyzikálne vysvetliť, ako je napr. rozdielne správanie voči polarite napätia (anóda, katóda) [4].

Je potrebné upozorniť na to, že uhlíkové kefy, resp. uhlík má záporný teplotný súčiniteľ odporu, tzn. že elektrická vodivosť s teplotou stúpa. Preto je nutné, aby sa na stroji používali kefy s rovnakou elektrickou vodivosťou, lebo inak napr. horúca kefa odoberá ešte väčší prúd, a preto bude ešte teplejší - dochádza tak k nerovnomernému rozdeleniu prúdu [4].

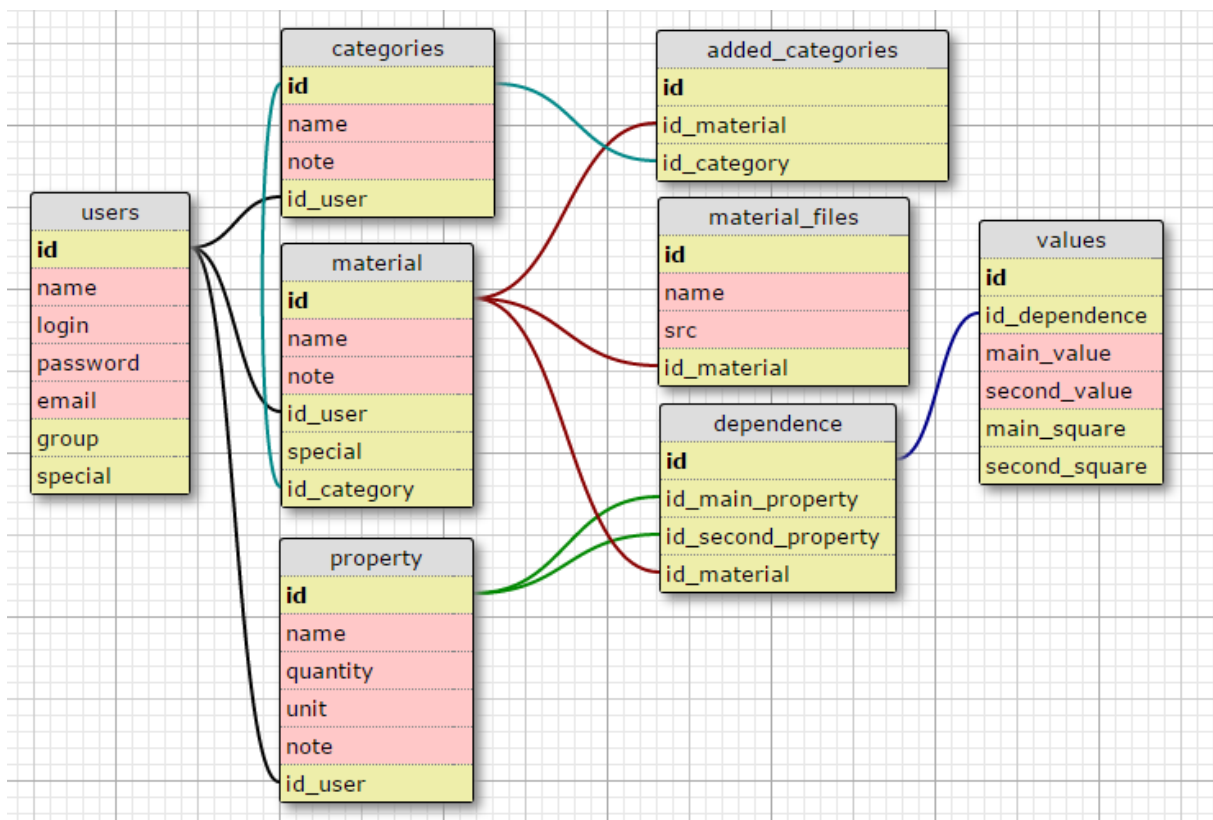
3.6 Tesniace materiály

Používajú sa napr. pri pripevnení chladiacich puzdier, uzáveroch vetracích šácht atď. K nim patrí predovšetkým: konopné povrazy, kombinácia gúmy a azbestu, gúmy rôznych akostí a s rôznymi požiadavkami (najmä na teplotu) a pre vodíkové alternátory a nevýbušné motory sú to zvlášť termoplastické hadice z gúmy o najrôznejších akostiach. Ako tepelné izolačné materiály, sa používa sklo a najrôznejšie druhy minerálnej vlny. Podobné látky sa používajú aj na odhlučnenie [4].

4 NÁVRH DATABÁZE

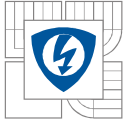
Databáza bude slúžiť na ukladanie údajov o materiáloch a ich vlastnostiach. Každú vlastnosť bude možné priradiť k ľubovoľnému počtu materiálov, a tiež bude možné všetky údaje spravovať. Tieto možnosti nám zaisťujú neskôr vytvorené užívateľské rozhranie, ktoré bude spracované ako webová stránka, tým pádom bude voľne dostupná pre každého.

Samotnú databázu spracujeme pomocou databázového systému MySQL, ktorý je „open source“ čo znamená, že je voľne dostupný pre každého. Štruktúra databázy je navrhnutá podľa obrázku *Obr. 4-1*. Tento obrázok bol vytvorený pomocou webovej stránky <http://ondras.zarovi.cz/sql/demo/>.



Obr. 4-1: Štruktúra databázy

Táto databáza sa delí na osem tabuliek kde môžeme rozlišovať relačné tabuľky a hlavné tabuľky. Relačné tabuľky sú *added_categories* a *dependence*. Tieto tabuľky slúžia na prepojenie tabuliek s hodnotami a obsahom. Tabuľky ako *users*, *categories*, *material*, *property*, *material_files* a *values* sú tabuľky slúžiace na ukladanie hodnôt. V ďalších kapitolách sa môžeme dočítať o vlastnostiach jednotlivých tabuliek. Každá tabuľka obsahuje stĺpec *id*, ktorý slúži ako identifikátor každého riadku v danej tabuľke.



4.1 Tabuľka *users*

Táto tabuľka slúži na ukladanie a spravovanie užívateľov. Nachádzajú sa v nej tieto stĺpce:

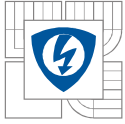
- *id*
- *name* – meno užívateľa
- *login* – prihlasovacie meno užívateľa
- *password* – heslo užívateľa v kódovaní md5
- *email* – email užívateľa
- *group* – skupina do ktorej užívateľ zapadá
- *special* – tento stĺpec určuje či užívateľ má možnosť prezerat' špeciálne materiály

Podrobnejšie môžeme rozobrať hodnoty stĺpca *group*. Môže nadobudnúť hodnoty 1 až 4, preto sa volia číselné hodnoty lebo s číslicami sa ľahšie pracuje v programovej časti. Tieto hodnoty určujú skupinu do ktorej užívateľ zapadá, čiže aké práva daný užívateľ má. Môžeme ich podľa číselného rozdelenia určiť nasledovne:

- číslo 1 – tzv. *user*, je užívateľ ktorý má právo iba čítať obsah stránky, čiže prezerat' materiály ich vlastnosti a hodnoty. Nemá žiadne právo editovať materiály.
- číslo 2 – tzv. *special user*, ktorý na rozdiel od *user-u* má právo pridávať nové materiály, vlastnosti k materiálom a tiež môže pridávať hodnoty k vlastnostiam materiálov. Editovať môže iba materiály pridané sebou.
- číslo 3 – tzv. *admin*, má právo editovať materiály a celý obsah spájajúci sa s nimi, okrem špeciálnych materiálov.
- číslo 4 – tzv. *superadmin*, tento užívateľ ma rovnaké práva ako *admin*, ale má tiež možnosť spravovať všetkých užívateľov, tzn. meniť ich práva, meniť ich typ a všetky údaje, potom tiež môže pridávať špeciálne materiály, a priraďovať ostatným užívateľom právo na prezeranie špeciálnych materiálov.

4.2 Tabuľka *material*

Hlavnou tabuľkou je práve táto, tabuľka *material*. Slúži na ukladanie a spravovanie pridaných materiálov. Na základe užívateľských práv ktoré sú popísane v predošlej kapitole, sem môžu jednotliví užívatelia pridávať materiály.



Táto tabuľka obsahuje nasledujúce stĺpce:

- *id*
- *name* – meno materiálu
- *note* – poznámka k materiálu
- *id_user* – identifikátor užívateľa, ktorý daný materiál pridal
- *special* – tento stĺpec slúži na kontrolu či daný materiál patrí do skupiny špeciálnych materiálov
- *id_category* – identifikátor kategórie do ktorej je daný materiál zaradený

Aby sme získali väčšiu prehľadnosť v materiáloch tak ich môžeme zoskupovať do určitých kategórií. Nato nám slúžia tabuľky *added_categories* a *categories*.

4.3 Tabuľky *added_categories* a *categories*

Ako už bolo spomenuté v predošlej kapitole, tieto tabuľky nám slúžia na zoskupovanie materiálov do kategórií. Danú kategóriu môže editovať iba užívateľ, ktorý danú kategóriu pridal, neplatí to pre užívateľa *superadmin*, ktorý má právo na editáciu všetkých údajov na stránke, čiže môže editovať i kategórie ostatných užívateľov. Popis stĺpcov týchto kategórií je nasledovný:

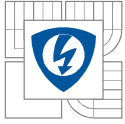
Tabuľka *categories*

- *id*
- *name* – názov kategórie
- *note* – poznámka k danej kategórie
- *id_user* – identifikátor užívateľa ktorý danú kategóriu vytvoril

Tabuľka *added_categories*

- *id*
- *id_material* – identifikátor daného materiálu
- *id_category* – identifikátor danej kategórie

Ako bolo spomenuté v hlavnej kapitole 4, tabuľka *added_categories* je tabuľkou relačnou, ktorá spája materiály a kategórie. Pre užívateľa to znamená, že touto tabuľkou je zaistené to aby sa materiály mohli zoskupovať do kategórií a práve nato slúžia jeho stĺpce *id_material* a *id_category* kde sú uložené identifikátory materiálu a kategórie. Tieto identifikátory následne bude spojovať program a tým sa zaistí ich kategorizácia.



4.4 Tabuľka *property*

V preklade názov tabuľky *property* vyjadruje vlastnosť. Slúži na ukladanie a spravovanie rôznych vlastností elektrotechnických materiálov, ktoré pridáva užívateľ, ktorý podľa systému má nato právo. Štruktúra tejto tabuľky je nasledovná:

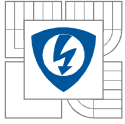
- *id*
- *name* – názov vlastnosti
- *quantity* – veličina danej vlastnosti
- *unit* – základná jednotka danej vlastnosti
- *note* – poznámka k danej vlastnosti
- *id_user* – identifikátor užívateľa, ktorý danú vlastnosť pridal

4.5 Tabuľky *dependence* a *values*

Tieto tabuľky budú obsahovať najdôležitejšie informácie. Tabuľka *dependence* obsahuje závislosť medzi jednotlivými vlastnosťami, čiže je relačnou tabuľkou. Túto závislosť si vždy určuje užívateľ, ktorý daný materiál spravuje. Môže si napríklad pridať vlastnosť odpor k danému materiálu a nastaviť, že bude závislá od teploty. Týmto sa tieto údaje uložia do tejto tabuľky. Štruktúra je nasledovná:

- *id*
- *id_main_property* – identifikátor nadradenej vlastnosti
- *id_second_property* – identifikátor podradenej vlastnosti
- *id_material* – identifikátor daného materiálu ku ktorému sa priraduje daná závislosť

Po nastavení všetkých potrebných závislostí nasleduje tabuľka *values* ktorá obsahuje všetky hodnoty pridané užívateľom. Užívateľ, ktorý si nastavil danú závislosť, bude môcť pridať k tejto závislosti hodnoty jednotlivých vlastností. Práve tieto hodnoty sa budú ukladať do tejto tabuľky. Tieto hodnoty následne budú vypísané k daným materiálom aby každý užívateľ mal prehľad o závislostiach vlastností materiálov. Ďalej budú tieto hodnoty použité na vytvorenie rôznych charakteristík.



Štruktúra tejto tabuľky je nasledovná:

- *id*
- *id_dependence* – identifikátor danej závislosti
- *main_value* – hodnota nadradenej vlastnosti
- *second_value* – hodnota podradenej vlastnosti

4.6 Tabuľka *material_files*

Táto tabuľka slúži na ukladanie informácií o nahratých súborov k materiálom. Má nasledujúcu štruktúru:

- *id*
- *name* – názov daného súboru, pod akým sa zobrazuje v systéme
- *src* – miesto uloženia súboru (cesta k nej)
- *id_material* – identifikátor materiálu ku ktorému je súbor priradený

5 SAMOTNÁ APLIKÁCIA

Aplikáciu tvorí webové rozhranie. Toto rozhranie bolo vybraté z dôvodu že je dostupné na všetkých platformách a zariadeniach, stačí iba internetové pripojenie a webový prehliadač.

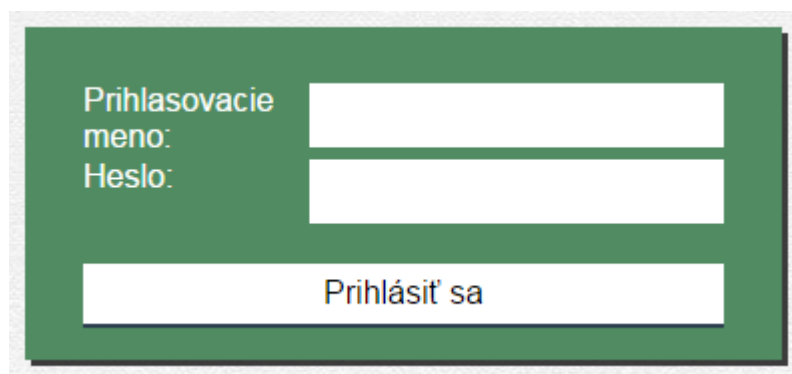
5.1 Použité technológie

Pri vývoji boli použité rôzne technológie v závislosti od ich funkčnosti. Pre vývoj pozadia, čiže celého motoru aplikácie sa použili programovacie jazyky PHP, JavaScript, jQuery a Ajax. Pre vývoj užívateľského rozhrania, tj. samotného vzhľadu aplikácie, boli použité jazyky HTML a CSS. Pre prácu s databázou sa použil jazyk SQL s rozhraním MySQL.

Samotná aplikácia nám umožňuje vykresľovať grafy, a generovať zadané hodnoty závislostí do PDF súborov. Na tieto špeciálne funkcie sa použili externé knihovne a to „CanvasJS“ na generovanie grafov a „TCPDF“ na generovanie PDF súborov. Tieto knihovne sú voľne dostupné na adresách <http://canvasjs.com/> a <http://www.tcpdf.org/> spolu s dokumentáciou. Podľa licenčných podmienok je „CanvasJS“ voľne použiteľný na školské projekty bez komerčného účelu, ďalej „TCPDF“ je možné použiť z cela zdarma.

5.2 Fungovanie aplikácie

Po otvorení aplikácie uvidíme prihlasovacie okienko, ktoré môžeme vidieť na obrázku *Obr. 5-1*. Táto aplikácia umožňuje prístup k údajom iba užívateľom ktorý majú založený užívateľský účet.



Prihlasovacie
meno:
Heslo:

Obr. 5-1 Prihlasovacie okienko

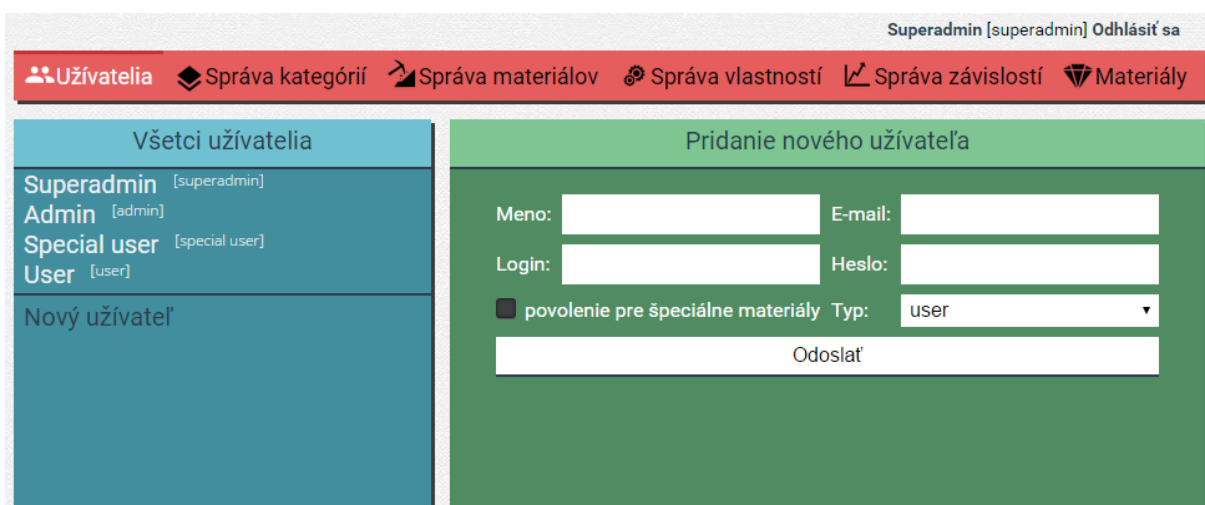
Užívateľské účty sa delia do štyroch skupín. Každá táto skupina má určité práva, ktoré sú popísané v sekcii 4.1. Z týchto právomocí nám vyplýva, že po prihlásení daný užívateľ vidí

iba určitú časť položiek menu, a tiež iba určitú časť obsahu stránky, podľa toho ku ktorej skupine patrí.

Užívatelia typu *superadmin* majú k dispozícii všetky položky menu a to *Užívatelia*, *Správa kategórií*, *Správa materiálov*, *Správa vlastností*, *Správa závislostí* a *Materiály* (Obr. 5-2). Užívatelia typu *admin* nemôžu spravovať ďalších užívateľov čiže položku *Užívatelia* nemajú k dispozícii, a tiež nemôžu spravovať špeciálne materiály. Užívatelia typu *special user* majú k dispozícii rovnaké položky ako užívatelia typu *admin*, ale v ďalších častiach aplikácie môžu upravovať a mazať obsah spájajúci sa s materiálmi a samotné materiály pridané sebou. Najmenej práva majú užívatelia typu *user*, ktorý majú k dispozícii iba položku *Materiály*, čiže nemajú žiadne právo pridávať a editovať žiadny obsah spájajúci sa s materiálmi. Jediné čo môžu meniť sú ich vlastné osobné údaje. Táto funkcia je samozrejme prístupná i ostatným typom užívateľov.



Obr. 5-2 Položky menu

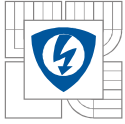


The screenshot shows the 'Užívatelia' menu item selected. The left sidebar lists user types: Superadmin [superadmin], Admin [admin], Special user [special user], User [user], and Nový užívateľ. The main content area is titled 'Pridanie nového užívateľa' and contains a form with the following fields: 'Meno:' (Name), 'E-mail:', 'Login:', 'Heslo:' (Password), a checkbox for 'povolenie pre špeciálne materiály' (permission for special materials), and a 'Typ:' dropdown menu currently set to 'user'. An 'Odoslať' (Send) button is at the bottom of the form. The top navigation bar is visible, showing the user is logged in as 'Superadmin [superadmin]' with an 'Odhlásiť sa' (Logout) link.

Obr. 5-3 Otvorená položka Užívatelia

Samotná stránka sa po prihlásení delí na štyri časti a to:

- Informácie o užívateľovi a odkaz na odhlásenie – nachádza sa v hornom pravom rohu aplikácie a je vo formáte „prihlasovacie meno užívateľa [typ užívateľa] Odhlásiť sa“
- Položky menu – všetky položky môžeme nájsť na Obr. 5-2 Položky menu
- Ľavá časť tela aplikácie – v tejto časti sa vždy nachádzajú ďalšie odkazy, ktoré smerujú na určité pod sekcie v závislosti od hlavnej sekcii



- Pravá časť tela aplikácie – táto časť tvorí najväčšiu časť aplikácie a vždy sa tu vypisujú hlavné informácie alebo formuláre v závislosti od otvorenej položky

Všetky tieto časti môžeme vidieť na *Obr. 5-3* Otvorená položka Užívateľa s otvorenou položkou *Užívateľa*.

5.2.1 Položka *Užívateľa*

Táto časť aplikácie je dostupná iba pre užívateľov typu *superadmin*. V tejto položke môže *superadmin* pridávať a mazať užívateľov, alebo editovať osobné údaje už pridaných užívateľov. Užívateľské rozhranie sa tu delí na ľavú a pravú časť (ako aj každá ďalšia položka), pričom ľavá časť obsahuje výpis všetkých užívateľov (meno a typ užívateľa) a tiež odkaz pre pridanie nového užívateľa (ľavá časť obrázka *Obr. 5-3*), ďalej pravá časť obsahuje vždy určitý formulár. Pri otvorení tejto sekcie sa predvolene objaví v pravej časti formulár pre pridanie nového užívateľa (pravá časť obrázka *Obr. 5-3*). Po kliknutí na niektorého užívateľa sa v pravej časti objaví formulár pomocou ktorého je možné zmeniť údaje o užívateľovi (*Obr. 5-4*).

Rovnaký obsah sa objaví aj pri kliknutí na prihlasovacie meno v pravom hornom rohu aplikácie, s tým rozdielom, že túto funkcionality majú k dispozícii užívatelia každého typu. Tu si však môžu editovať iba vlastné osobné údaje a bez možnosti zmeny typu a pridelenia povolenia pre špeciálne materiály.

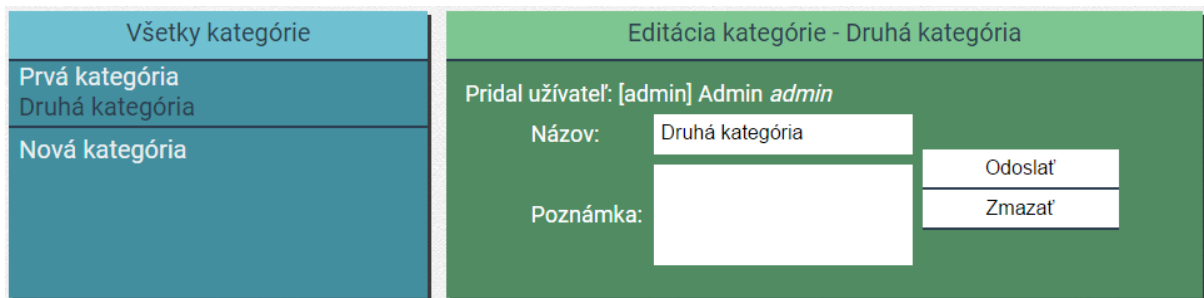
Povolenie pre špeciálne materiály môže priradovať iba užívateľ typu *superadmin*. Bližšie informácie o špeciálnych materiáloch sú rozpísané v sekcii 5.2.3 Položka *Správa materiálov*.

Editácia osobných údajov - superadmin			
Meno:	<input type="text" value="Superadmin"/>	E-mail:	<input type="text" value="email@gmail.com"/>
Staré heslo:	<input type="text"/>	Nové heslo:	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	povolenie pre špeciálne materiály	Typ:	<input type="text" value="superadmin"/>
<input type="button" value="Odoslať"/>			
<input type="button" value="Zmazať"/>			

Obr. 5-4 Editácia údajov užívateľa

5.2.2 Položka *Správa kategórií*

Ako aj z názvu vyplýva pod touto položkou môžeme spravovať kategórie. V závislosti od typu užívateľa sa v ľavej časti vypisujú buď všetky kategórie alebo iba niektoré. Užívatelia typu *superadmin* a *admin* majú k dispozícii všetky kategórie, užívatelia typu *special user* vidia iba kategórie pridané sebou. V tejto stránke sa nám po kliknutí na položku *Správa kategórií* objaví formulár na pridanie novej kategórie, kde si môžeme zadať názov kategórie a popis k nej.



Obr. 5-5 Editácia kategórie

Pri klikaní na samotné kategórie v ľavom menu, sa nám obsah tela stránky mení natoľko, že do formulára už budú načítané údaje o danej kategórie. Užívatelia typu *admin* a *superadmin* majú ešte k dispozícii aj informáciu nad formulárom o tom, že ktorý užívateľ danú kategóriu pridal (Obr. 5-5). Pri užívateľoch typu *superadmin* je meno užívateľa, ktorý pridal danú kategóriu, odkazom, ktorý vedie priamo na stránku editácie užívateľa.

5.2.3 Položka *Správa materiálov*

Každý užívateľ, okrem užívateľov typu *user*, môže v tejto časti aplikácie pridávať a editovať materiály. Výpis materiálov v ľavom menu funguje na rovnakom princípe ako výpis kategórií v položke *Správa kategórií*. Jediným rozdielom je to, že pre užívateľov typu *superadmin* sa tu objavuje aj informácia o tom, či je daný materiál špeciálny alebo jednoduchý (*special* alebo *single* Obr. 5-6).

V tejto stránke sa nám vždy objavuje formulár, ktorý slúži na editáciu alebo pridávanie materiálov. Okrem názvu materiálu a popisu k nej sa už objavuje aj možnosť priradiť daný materiál do určitej kategórie (Obr. 5-6).

Pre užívateľov typu *superadmin* sa však objaví aj ďalšia kolónka, ktorá slúži pre zaradenie materiálu medzi špeciálne materiály. Táto funkcionálnosť slúži na to, aby užívatelia typu *superadmin*, mohli určovať, kto z ďalších užívateľov môže mať prístup k týmto špeciálnym

materiálom. Toto právo sa pridružuje v sekcii *Správa užívateľov*. Rovnako ako v sekcii *Správa kategórií* sa pre užívateľov typu *superadmin* a *admin* vypisuje informácia o užívateľovi, ktorý daný materiál pridal.

Obr. 5-6 Pridanie nového materiálu

5.2.4 Položka *Správa vlastností*

Z popisu práv jednotlivých užívateľov nám vyplýva, že užívatelia typu *user* nemajú prístup k tejto položke. Ľavé menu sa nám generuje aj pri tejto položke rovnakým princípom ako pri ostatných položkách, ale samozrejme s tým rozdielom, že tu sa vypisujú vlastnosti materiálov.

V tele stránky máme rozsiahlejší formulár, ktorý zahŕňa názov, veličinu, jednotku a popis k danej vlastnosti. Nad formulárom sa aj tu objavuje informácia o užívateľovi, ktorý pridal danú vlastnosť, tiež je to však obmedzené na užívateľov typu *superadmin* a *admin*. Kolónky veličina a jednotka umožňujú písanie horného a dolného indexu. Celý obsah tejto stránky môžeme vidieť na obrázku Obr. 5-7.

Obr. 5-7 Telo stránky Editácia vlastností

5.2.5 Položka *Správa závislostí*

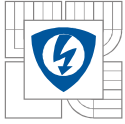
Táto položka je najdôležitejšia z hľadiska editácií, lebo v tejto časti aplikácie sa priradujú závislosti k jednotlivým materiálom. Tieto závislosti a ich hodnoty tvoria celý informatívny obsah aplikácie.

Pri otvorení tejto položky sa nám zobrazí informácia o tom, že si máme vybrať materiál z ľavého menu. Ako aj v sekcii *Správa materiálov*, tak aj tu sa do ľavého menu vypisujú materiály. Samozrejme tento výpis funguje na rovnakom princípe ako pri materiáloch, čo znamená, že sa materiály vypisujú podľa typu užívateľa.

Ak klikneme na jeden materiál z ľavého menu, tak sa nám načítajú v tele stránky dve formuláre a výpis už priradených závislostí a súborov. Prvý formulár slúži na priradenie závislostí k danému materiálu a druhý slúži na nahranie CSV súboru s tabuľkou, ktorá obsahuje hodnoty pre vykreslenie charakteristiky (Obr. 5-8). Rozloženie tabuľky musí byť podľa tabuľky Tab. 8-7. Aby užívatelia vedeli, že ako má táto tabuľka vyzerat' tak ich upozorňuje text pod týmto formulárom v znení „Súbor CSV musí mať nasledujúce rozloženie:“, za ktorým sa nachádza obrázok, na ktorý ak klikneme tak sa stiahne vopred nadefinovaný CSV súbor s tabuľkou. Nachádza sa tu aj ďalší text ktorý znie „Ak nedodržíte rozloženie, tak sa graf nebude zobrazovať správne.“. Tieto informácie slúžia na to aby užívateľ vedel čo smie a čo nie.

Obr. 5-8 Pridanie závislosti a nahrávanie súboru

Obr. 5-9 Pridané závislosti a nahraté súbory



Pod formulármí a textom sa nachádza výpis priradených závislostí a súborov (Obr. 5-9). Pri kliknutí na jednu z priradených závislostí sa vedľa tohto výpisu objaví ďalší formulár a tabuľka. Pomocou formulára môže užívateľ priradiť hodnoty k jednotlivým vlastnostiam ktoré tvoria túto závislosť. Tiež má užívateľ možnosť nastaviť pri každej jednej hodnote mocninu desiatky s ktorou sa daná hodnota vynásobí. V tabuľke pod týmto formulárom sa nachádzajú už priradené hodnoty k jednotlivým vlastnostiam (Obr. 5-10). Červené krížiky slúžia na mazanie jednotlivých hodnôt. Tieto hodnoty sa automaticky zoradia od najmenšieho až po najväčší.

Priradiť novú hodnotu:

x 10^{EC} ▾ x 10^{EC} ▾

Priradené hodnoty *celkom:8

Teplota [°C]	Hustota [kg.m ⁻³]	
-150 x 10 ⁰	2.793 x 10 ⁰	×
-100 x 10 ⁰	1.98 x 10 ⁰	×
-50 x 10 ⁰	1.534 x 10 ⁰	×
0 x 10 ⁰	1.293 x 10 ⁰	×
20 x 10 ⁰	1.205 x 10 ⁰	×
40 x 10 ⁰	1.127 x 10 ⁰	×
60 x 10 ⁰	1.067 x 10 ⁰	×
80 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰	×

Obr. 5-10 Priradené hodnoty k danej závislosti

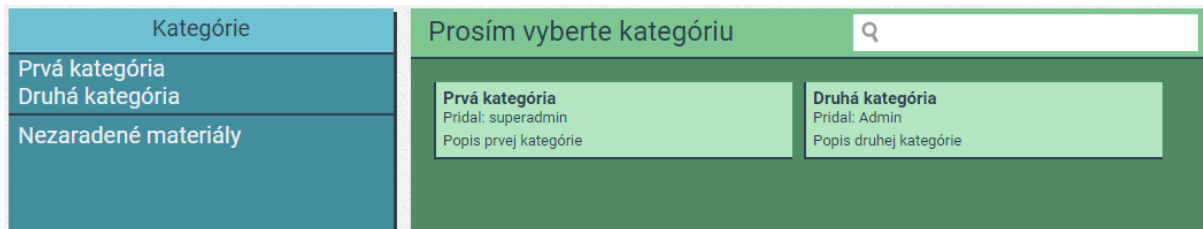
Vedľa názvu nahratých súborov sa nachádzajú dve malé ikony. Jedna slúži na vygenerovanie PDF súboru a druhá na vygenerovanie CSV súboru (Obr. 5-9).

Nahrávanie súborov je preto užitočné, lebo užívateľ pri väčšom rozsahu hodnôt nemusí každú jednu hodnotu ručne definovať, ale stačí vytvoriť CSV súbor a jednoducho ho nahráť. Ďalšia výhoda nahrávania je to, že užívateľ si môže zdefinovať v danom súbore viac charakteristík, a v ďalšej časti aplikácie tieto charakteristiky porovnávať na jednom grafe. Tento súbor musí mať rozloženie ktoré môžeme nájsť v tabuľke Tab. 8-7.

5.2.6 Položka *Materiály*

Na záver sme sa dostali k položke *Materiály*. Táto časť aplikácie je dostupná pre každého užívateľa a práve v tejto časti sa zoskupujú všetky informácie ktoré sme v ostatných častiach nastavovali.

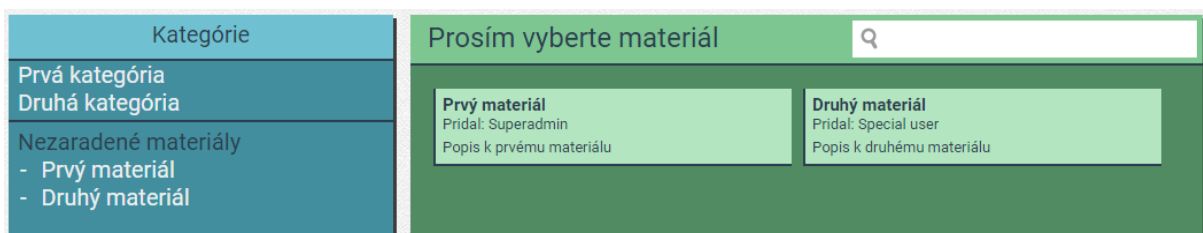
Po otvorení tejto položky sa nám do ľavého menu vypíšu všetky kategórie, plus pod nimi sa objaví odkaz na nezaradené materiály (ľavá časť obrázka *Obr. 5-11*). Táto možnosť je tu preto, aby sme mali prístup ku každému materiálu v systéme, lebo sa môže stať, že niekto si pri pridávaní daného materiálu nechce daný materiál zaradiť do žiadnej kategórie. Ďalej ak sa niektorý z užívateľov rozhodne, že jednu z kategórií vymaže, a už do tej kategórie boli zaradené nejaké materiály, tak sa tieto materiály nevymažú, aby sa nestratili údaje, len sa presunú práve do tejto kategórie.



Obr. 5-11 Otvorená položka Materiály

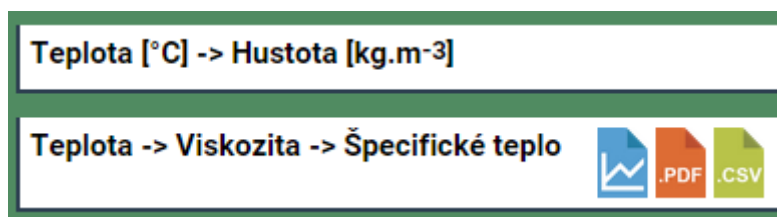
Do tela stránka sa nám po otvorení tejto položky, podobne ako v ľavom menu, načítajú kategórie. Rozdiel je však taký, že tu sa to zobrazuje v malých boxoch spolu aj s informáciami ako je meno užívateľa ktorý danú kategóriu pridal a tiež popis danej kategórie (pravá časť obrázka *Obr. 5-11*).

Po kliknutí na niektorú z možností, v tomto prípade na niektorú kategóriu, sa nám načítajú materiály v danej kategórie. Ľavé menu sa zmení iba tým, že sa vytvorí stromové menu na otvorenú kategóriu s priradenými materiálmi (*Obr. 5-12*). V tele stránky sa nám načítajú tiež rovnaké materiály ktoré tvoria stromové menu v ľavej časti. Podobne ako pri výpise kategórií aj materiály sa zobrazujú v boxoch spolu s informáciami o danom materiáli (užívateľ, popis - *Obr. 5-12*).

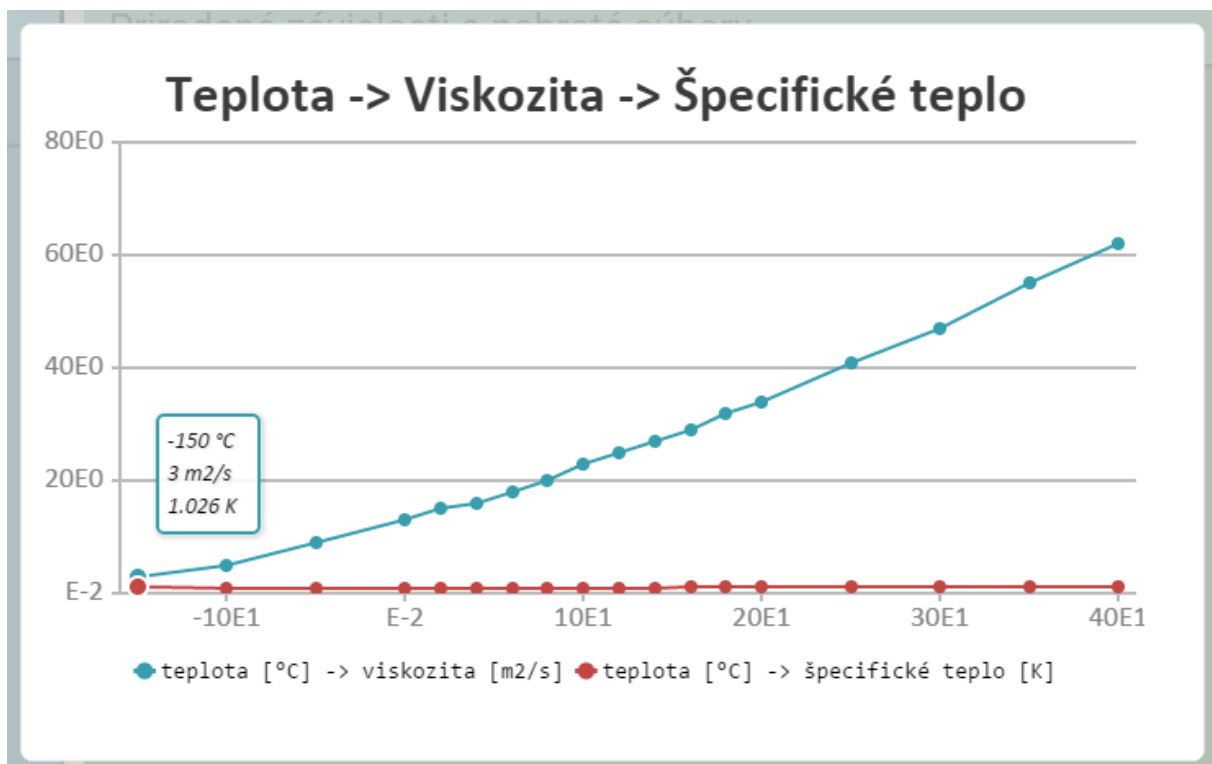


Obr. 5-12 Otvorená kategória Nezaradené materiály

Ak užívateľ otvorí daný materiál tak sa mu v tele stránky načítajú priradené závislosti a nahraté súbory rovnako ako pri položke *Správa závislostí* (Obr. 5-13). Pri nahratých súboroch nám ale pribudla ďalšia ikona ktorá znázorňuje graf. Ďalšie dve ikony majú rovnakú funkčnosť ako bolo popísané v sekcii 5.2.4 Položka *Správa vlastností*. Po kliknutí na ikonu grafu sa nám načítajú údaje z nahratého súboru, v našom prípade je to závislosť viskozity a špecifického tepla od teploty, a následne sa v novom okne vykreslí graf (Obr. 5-14). Pri prechádzaní myškou nad bodmi charakteristik sa nám zobrazuje malé okienko s hodnotami týchto bodov.

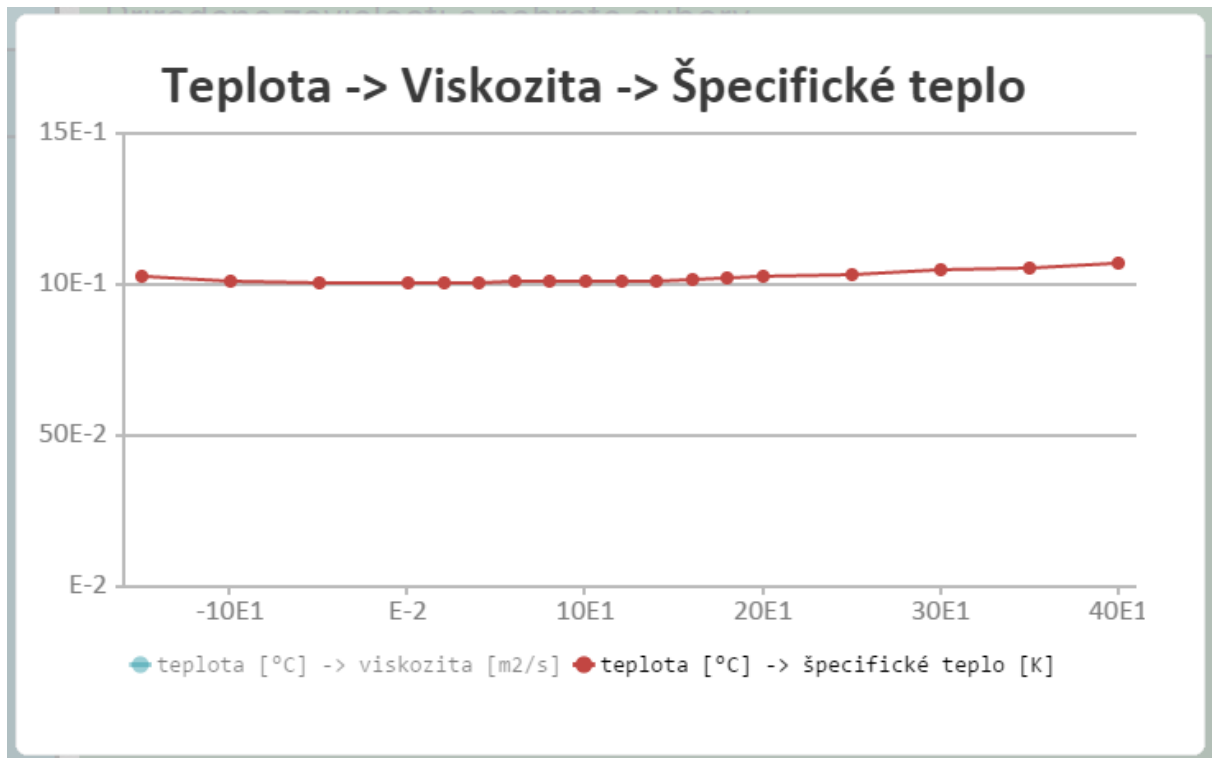


Obr. 5-13 Priradené závislosti a nahraté súbory (pri položke *Materiály*)



Obr. 5-14 Vykreslený graf s dvoma charakteristikami

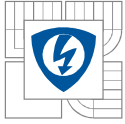
Aby sme mohli bližšie rozoberať jednu danú charakteristiku z daného súboru, tak nám aplikácia umožňuje skryť nepotrebnú charakteristiku. Toto môžeme docieľiť tak, že klikneme na agendu jednej charakteristiky a tá sa automaticky skryje. Graf zo skrytou charakteristikou môžeme vidieť na obrázku *Obr. 5-15*.



Obr. 5-15 Skrytá charakteristika

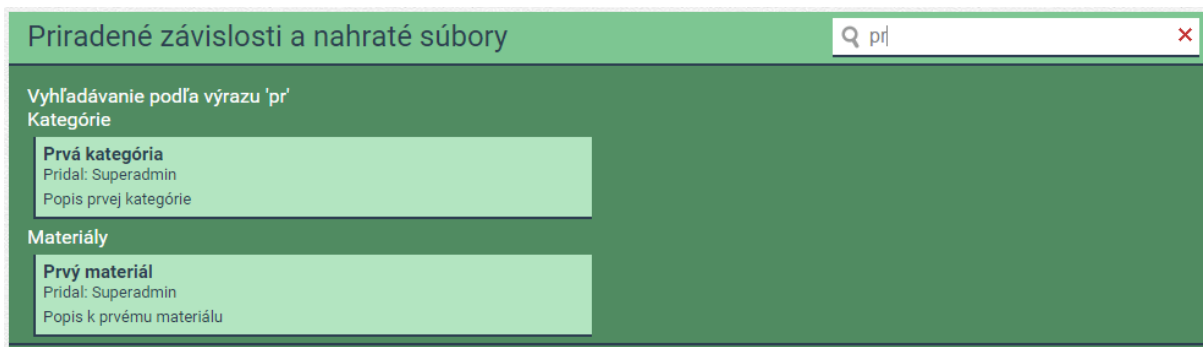
Priradené hodnoty *celkom:8	
Teplota [°C]	Hustota [kg.m ⁻³]
-150 x 10 ⁰	2.793 x 10 ⁰
-100 x 10 ⁰	1.98 x 10 ⁰
-50 x 10 ⁰	1.534 x 10 ⁰
0 x 10 ⁰	1.293 x 10 ⁰
20 x 10 ⁰	1.205 x 10 ⁰
40 x 10 ⁰	1.127 x 10 ⁰
60 x 10 ⁰	1.067 x 10 ⁰
80 x 10 ⁰	1 x 10 ⁰

Obr. 5-16 Tabuľka priradených hodnôt v sekcii Materiály

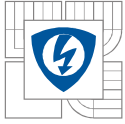


Ako nám z popísaného textu vyplýva celý výpis súvisí s položkou *Správa Závislostí*, preto aj pri kliknutí na pridanú charakteristiku sa nám zobrazí tabuľka s hodnotami priradenými k jednotlivým vlastnostiam tejto závislosti. Je tu však rozdiel v tom, že sa pod tabuľkou zobrazujú rovnaké tri ikony ako vedľa názvu nahratých súborov (*Obr. 5-16*). Tieto ikony majú úplne rovnakú funkciu ako tie vedľa názvu nahratých súborov, lenže v tomto prípade sa hodnoty vlastností načítavajú z databáze (tieto hodnoty sú vypísane do tabuľky) a nie zo súboru.

Vedľa nadpisu tela stránky sa nachádza kolónka na vyhľadávanie. Bez ohľadu na to, ktorú sekciu máme otvorenú pri písaní do tejto kolónky sa automaticky po napísaní minimálne dvoch písmen zobrazia nájdené kategórie a materiály (*Obr. 5-17*). Tieto zobrazené boxy majú rovnakú funkcionálnosť ako pri jednoduchom výpise.



Obr. 5-17 Výsledok vyhľadávania

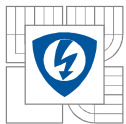


6 ZÁVER

V dnešnej dobe je dôležité poznať vlastnosti materiálov, ktoré sa používajú na výrobu elektrotechnických strojov a prístrojov. V prvých kapitolách sú popísané základné vlastnosti elektrotechnických materiálov a samotne materiály používané v elektrotechnike aby sme mohli mať základný prehľad. Ďalej nasleduje návrh databáze, ktorá obsahuje vlastnosti materiálov a rôzne závislosti. Táto databáza zahŕňa do seba tabuľky relačné a tabuľky hlavné. Hlavné tabuľky slúžia na uchovávanie informácií a relačné tabuľky slúžia na spojenie tabuliek hlavných navzájom, aby sa jednotlivé údaje mohli zoskupovať. Skupina hlavných tabuliek je nasledovná: *users*, *categories*, *material*, *values*, *material_files* a *property*. Skupina relačných tabuliek: *added_categories* a *dependence*. V hlavných tabuľkách budú uložené materiály, vlastnosti materiálov, kategórie, hodnoty jednotlivých vlastností, súbory k jednotlivým materiálom a užívatelia.

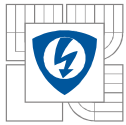
Užívatelia pomocou webového rozhrania môžu prezerať a editovať obsah stránky v závislosti od ich práv. Rozdeľujeme štyri typy užívateľov a to *user*, *special user*, *admin* a *superadmin*. Práva užívateľov, čiže ich typ vždy nastavujú užívatelia typu *superadmin*. Pod editáciou stránky rozumieme pridávanie materiálov a ich vlastností alebo už editáciu pridaných informácií. Z návrhu databáze vyplýva, že materiály môžu mať zadané nasledujúce veci: názov, poznámku a hodnotu či je daný materiál špeciálny alebo nie. Špeciálne materiáli sú preto špeciálnymi lebo sú dostupné iba pre určitých užívateľov, ktorý majú právo tieto materiály prezerať poprípade editovať.

Všetky materiály je možné zoskupovať do kategórií pre jednoduchší prehľad. Toto nám zaisťujú tabuľky *categories* a *added_categories*. Pridávanie samotných materiálov a vlastností nám zisťujú tabuľky *material* a *property*. Pri každom materiáli je možné pridať ľubovoľný počet závislostí, ktoré sa vytvoria z nastavených vlastností. Ku každej závislosti bude možné pridať hodnoty jednotlivých vlastností, tým pádom budeme môcť vytvárať rôzne charakteristiky na základe vlastností a ich hodnôt. Tieto údaje budú uložené v tabuľkách *values*, *dependence* a tiež budú súvisieť s tabuľkami *material*, *property* a *added_properties*. Aby sme mohli porovnávať viac charakteristík navzájom, tak nám aplikácia umožňuje aj nahrávanie CSV súborov k jednotlivým materiálom s určitými hodnotami z ktorých sa vytvorí následne charakteristika. Toto nahrávanie nám zabezpečuje tabuľka *material_files*. Tieto súbory alebo pridané hodnoty charakteristík si môžeme tiež stiahnuť vo forme PDF súborov.



7 POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] ISŠT Mělník - Technologie netřísková. DRIML, B. *Integrovaná Střední Škola Technická, Mělník* [online]. 2007 [cit. 2014-11-11].
Dostupné z: <http://www.isstechn.cz/cz/technologie--netriskova/>
- [2] Dokumenty, odkazy. *VOŠ a SPŠ Žďár nad Sázavou* [online]. © 2006 - 2014 [cit. 2014-11-11].
Dostupné z: <http://sstzr.cz/download/index.php>
- [3] Jiráček, J., Autrata, R., Liedermann, K., a spol. Materiály a technická dokumentace: Přednáškové texty: Interní texty UETE Vysokého učení technického v Brně.
- [4] WIEDEMANN, E. a W. KELLENBERGER. *Konstrukce elektrických strojů*. 1. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1973, 650 s. ISBN 04-539-73.
- [5] KUČEROVÁ, Eva. *Elektrotechnické materiály*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2002, 174 s. ISBN 80-7082-940-0.
- [6] SOBOTOVÁ, J. a kolektiv. *Nauka o materiálu I. a II. Cvičení*. 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05550-2.
Dostupné z <http://umi.fs.cvut.cz/cs/studium/bakalarske-studium-zs/nauka-o-materialu-ii>
- [7] HASSDENTEUFEL, J. *Elektrotechnické materiály: vysokoškolská učebnice pro potreby posluchačův elektrotechnických fakúlt vysokých škól v ČSSR*. 2. preprac. vyd. Bratislava: Alfa, 1978, 607 s. ISBN 63-555-78.
- [8] Materiály podľa druhu. JERZ, J., P. SEJČ a V. HRNČIAR. *Výskumno-vývojová a inovačná sieť pre oblasť materiálov a technológií* [online]. © 2006 [cit. 2014-12-14].
Dostupné z: <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=9>
- [9] Laboratorne praktiká: Laboratorne cvičenia z fyziky. BELLAN, Ivan. *Katedra fyziky* [online]. 2008 [cit. 2015-05-22].
Dostupné z: <http://fyzika.uniza.sk/praktika/>



8 PŘÍLOHY

Tab. 8-1: Fyzikální vlastnosti kvapalných chladiv [4]

Kvapalina	Teplota	Hustota	Tepelná vodivost'	Merné teplo	Merný elektrický odpor
	°C	kg/dm ³	W/m°C	J/kg°C	Ω.cm
Voda	20	0,998	0,598	4181	2.10 ⁵ – 5.10 ⁵
	40	0,992	0,627	4177	
Ľahký vretenový olej	20	0,87	-	1825	10 ¹⁰ - 10 ¹⁶
	50	0,85	-	1940	
Normálny vretenový olej	20	0,87	0,144	1850	
	40	0,86	0,143	1930	
Transformátorový olej	20	0,87	0,124	1890	
	40	0,85	0,123	1990	

Tab. 8-2: Mechanické a fyzikálne vlastnosti niektorých typov ocelí [8]

Ocele podľa STN 42 0074 a 42 0075	Mechanické vlastnosti			Fyzikálne vlastnosti			
	Medza sklzu	Medza pevnosti	Tvrdosť	Hustota	Merná tepelná kapacita	Tepelný súčiniteľ rozt'ažnosti	Tepelná vodivost'
	Mpa	MPa	-	kg/m ³	J/kg.K	10 ⁻⁶ .K ⁻¹	W/m.K
Konštrukčné ocele (triedy 10 a 11)	195 - 637	373 - 980	113 - 290 HB _{max}	7850	460 - 510	11,1 - 11,7	46,0 - 54,5
Ušľachtilé ocele (triedy 12 až 16)	235 - 1570	441 - 2060	129 - 359 HB 53 - 59 HRC	7850	460	11,1 - 14,7	35,0 - 54,5
Korozi-vzdorné ocele (trieda 17)	170 - 1000	480 - 2240	130 - 570 HV	7850	450 - 530	13 - 20	12 - 24



Tab. 8-3: Mechanické vlastnosti a hustota niektorých typov hliníku [8]

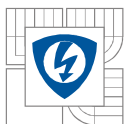
Hliník	Hustota	Youngov modul pružnosti	Pevnosť v ťahu	Medza sklzu	Tvrdosť Vickers	Lomová húževnosť
	kg/m ³	GPa	MPa	MPa	HV	MPa.m ^{1/2}
Al zliatiny pre tvárnenie (vytvrditeľné)	2500 - 2900	68 - 80	180 - 620	25 - 28	60 - 160	21 - 35
Al zliatiny pre tvárnenie (nevytvrditeľné)	2500 - 2900	68 - 72	70 - 360	25 - 28	30 - 100	26 - 42
Zlievarenské Al zliatiny	2500 - 2900	72 - 89	65 - 386	25 - 34	60 - 150	18 - 35

Tab. 8-4: Fyzikálne vlastnosti niektorých typov hliníku [8]

Hliník	Tepelná vodivosť	Merné teplo	Teplotný súčiniteľ rozťažnosti	Teplota tavenia	Max. prevádzková teplota	Elektrický odpor
	W/m.K	J/kg.K	10 ⁻⁶ . K ⁻¹	°C	°C	μΩ.cm
Al zliatiny pre tvárnenie (vytvrditeľné)	118 - 174	890 - 1 020	20 - 24	495 - 640	120 - 200	3,8 v 6
Al zliatiny pre tvárnenie (nevytvrditeľné)	119 - 240	886 - 995	22 - 25	570 - 670	130 - 200	2,5 - 6
Zlievarenské Al zliatiny	80 - 160	900 - 995	16,5 - 24	475 - 677	130 - 220	2,5 - 8

Tab. 8-5: Mechanické vlastnosti a hustota medi a jej zliatin [8]

Med' a jej zliatiny	Hustota	Youngov modul pružnosti	Pevnosť v ťahu	Medza sklzu	Tvrdosť	Lomová húževnosť
	kg/m ³	GPa	MPa	MPa	-	MPa.m ^{1/2}
Med' (čistota 99,9 %)	8920	112 - 148	200 / 300	60 / 200	45 - 70 / 80 - 95 HB _{max}	30 - 90
Bronz	8920	70 - 105	210 - 730	100 - 500	60 - 240 HV	24 - 60
Mosadz	7900 - 8550	90 - 110	310 - 550	95 - 500	65 - 200 HV	30 - 60

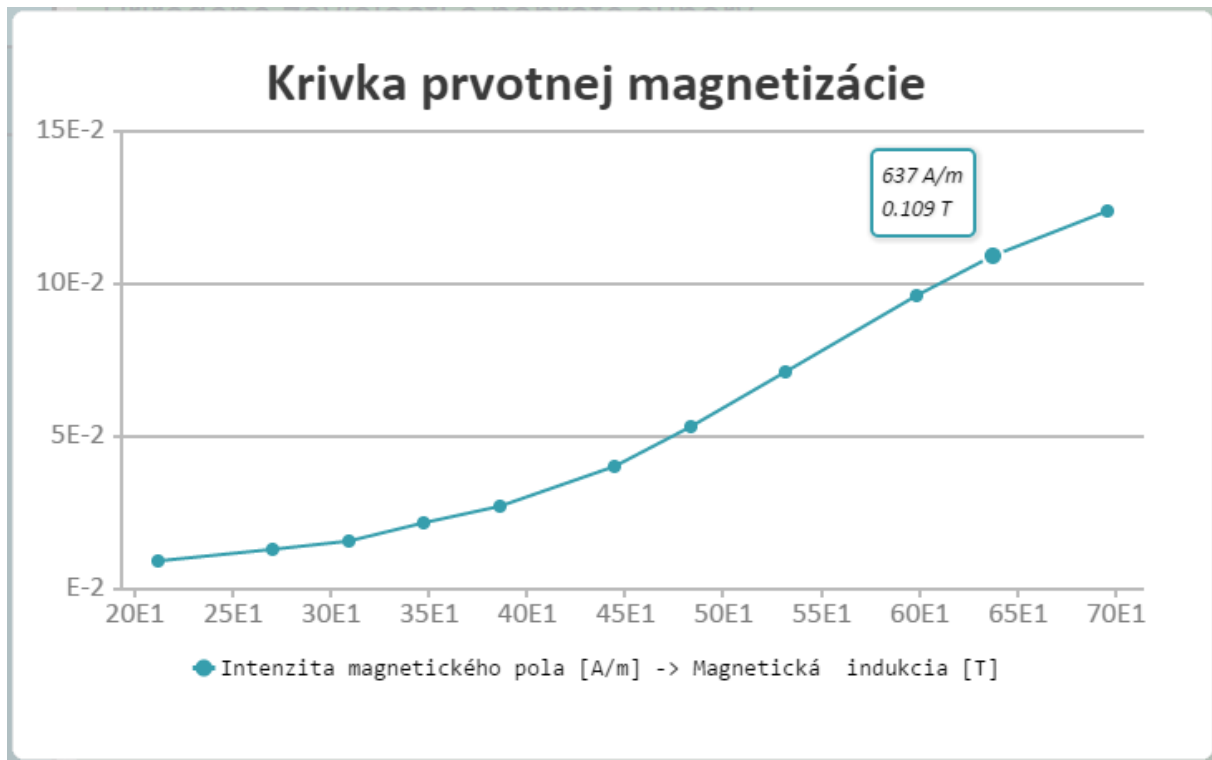


Tab. 8-6: Fyzikálne vlastnosti medi a jej zliatin [8]

Med' a jej zliatiny	Tepelná vodivosť	Merné teplo	Teplotný súčiniteľ rozťažnosti	Teplota tavenia	Max. prevádzková teplota	Elektrický odpor
	W/m.K	J/kg.K	$10^{-6} \cdot K^{-1}$	°C	°C	$\mu\Omega \cdot cm$
Med' (čistota 99,9 %)	$4,14 \cdot 10^3$ pri 25°C	372 - 388	16,42	919 - 1082	180 - 300	1,74 - 5,01
Bronz	50 - 63	382 - 392	17 - 19	887 - 1039	170 - 200	15 - 24
Mosadz	100 - 130	372 - 383	17 - 20,7	882 - 967	210	8 - 10

Tab. 8-7 Vopred nadeľinované rozloženie súboru CSV

Veličina osy x	Veličina osy y	Veličina osy y	Veličina osy y
Jednotka osy x	Jednotka osy y	Jednotka osy y	Jednotka osy y
15	15	14	13
16	16	15	14
17	17	16	15
18	18	17	16
19	19	18	17
20	20	19	18
21	21	20	19
22	22	21	20
23	23	22	21



Obr. 8-1 Krivka prvotnej magnetizácie podľa hodnôt zo zdroja [9]