

## **Učební osnova předmětu**

### **ELEKTROENERGETIKA**

#### **studijního oboru**

#### **26-41-M/01 ELEKTROTECHNIKA**

(zaměření pro elektroenergetiku)

Platnost: od 1.9.2010

### **Pojetí vyučovacího předmětu**

Předmět elektroenergetika je specializovaným předmětem, který navazuje na poznatky, které žáci získali v ostatních odborných předmětech, zejména v základech elektrotechniky, elektronice, automatizaci, technickém kreslení, strojnictví a elektrických strojích a přístrojích, dále pak v matematice a fyzice.

Cílem předmětu je seznámit žáky se základy navrhování, provádění a údržby zařízení výroby a rozvodu elektrické energie včetně výroby na JE. Těžiště předmětu je položeno do rozvodu elektrické energie, zatímco výroba je probírána encyklopedicky s ohledem na potřeby našeho průmyslu.

Žáci se seznamují s otázkami elektrických instalací nn v obytných a průmyslových objektech, v rozvodných sítích nn, vn, vvn a zajišťováním provozu v těchto zařízeních. Dále pak s postupem při navrhování uvedených zařízení. Jsou vybaveni znalostmi práce s počítačem, které využijí při návrhu těchto zařízení. V předmětu jsou probrány i otázky technologické a vytvořeny základy znalostí potřebných pro montáž, údržbu a provoz. Důraz je kladen na základní orientaci v používání předpisů a norem.

Předmět poskytuje žákům ucelený přehled o vývoji, současném stavu i perspektivách rozvoje v oblasti elektroenergetiky. Obsahuje velmi široké spektrum informací a díky zavedení cvičení i praktických dovedností v základních činnostech, týkajících se návrhu elektrických vedení, sítí a zařízení. Náplň předmětu je koncipována tak, že rovněž plně využívá učebnici elektroenergetiky, vybrané kapitoly ze skript Západočeské univerzity v Plzni a dokumenty připravené JE Temelín (včetně přednášek). Kromě toho mají všichni žáci možnost využívat veškerou dostupnou literaturu z oboru včetně odborných časopisů a informace získané na internetu.

## **Cílové vědomosti**

- řízení a ekonomika energetiky
- osvojení principů přenosové soustavy nn, vn, vvn
- normalizovaná napětí využívaná v JE
- vodiče, elektroinstalační materiál, zapojení spínačů, jističů a ochranné přístroje na JE
- předpisy pro elektrická zařízení do 1000 V
- zapojení elektroměrového rozváděče na JE
- základní typy energetických jaderných reaktorů
- reaktor, parogenerátor, HCČ, turbogenerátor
- tepelné cykly v jaderné elektrárně
- jaderná bezpečnost a význam jaderné energetiky
- aplikace návrhu elektroinstalace v rodinném objektu
- návrh vedení nn (kontrola průřezu vedení s ohledem na úbytky napětí)
- osvojení principu kompenzace účinníku
- získání poznatků o poruchových stavech na vedení
- výpočet zkratových proudů na vedení
- mechanika vedení a návrh průhybu vodičů na stožárech
- pracovní a provozní předpisy
- orientace a získání základních informací o elektrických rozvodnách
- znalost problematiky tepelných, vodních a jaderných elektráren
- osvojení základních poznatků o ovládacích, regulačních a ochranných přístrojích v elektroenergetice jako jsou ochrany transformátorů, generátorů a vedení

## **Obecné dovednosti**

Výuka směřuje k tomu, aby po jejím skončení žák:

- znal vybrané kapitoly z normy ČSN 33 2000-4-41 a uměl je použít při návrhu bytové instalace
- orientoval se v katastrální mapě a uměl navrhnout síť nn s ohledem na tepelné účinky zkratových proudů a úbytky napětí
- orientoval se v projektech venkovního vedení a uměl navrhnout toto vedení
- dovedl provést kontrolu sběrnic v rozvodně s ohledem na tepelné a dynamické účinky zkratových proudů
- získal přehled o elektrických rozvodnách (součástí výuky je i exkurze v několika rozvodnách)
- pochopil principy všech u nás používaných typů elektráren a získal o nich základní přehled (součástí výuky je exkurze v JE Temelín a VE Lipno I.)
- měl základní znalosti z oblasti obnovitelných zdrojů energie a ochrany životního prostředí
- znal základní principy bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

## **Obsah a charakteristika pojetí výuky**

Předmět zahrnuje několik okruhů učiva. Ve 3. ročníku jsou žáci seznámeni se základními pojmy používanými v elektroenergetice, s rozdělením energetické soustavy a propojením energetických soustav. Další část je věnována předpisům pro elektrická zařízení do 1000 V. Ve druhém pololetí 3. ročníku žáci navrhují vedení nn a zabývají se dimenzováním vedení nn.

Ve 4. ročníku se řeší vedení vn a vvn pomocí T a Pí článků. Provádí se návrh kondenzátorové baterie pro kompenzaci účinníku. V další části se řeší poruchové stavy na vedení – přepětí a zkrat. Podrobně se probírá výpočet zkratových proudů metodou náhradního zdroje a separace elektráren. Žáci jsou seznámeni s jednotlivými typy rozvodů (včetně JE) s technickou dokumentací, týkající se mechaniky vedení, kde samostatně dané vedení navrhují, znají problematiku základních druhů elektráren, ochran vedení a transformátorů.

Mezipředmětové vztahy jsou s předmětem matematika, chemie, fyziky, strojnictví, technické kreslení a elektrické stroje a přístroje. Velmi úzká mezipředmětová vazba je s předmětem praxe, kde dochází k aplikaci učiva formou cvičení.

## **Hodnocení žáků**

Ke každému tématu budou zařazovány ověřovací praktické úkoly, které budou všichni žáci řešit souběžně. Znalost některých témat bude ověřována ústním či písemným zkoušením nebo formou vytvořené a obhájené prezentace. Klasifikace bude vycházet nejen z výsledků zkoušení žáka, ale bude zohledněn i přístup žáka k řešení jednotlivých úloh při procvičování učiva.

Hodnocení se bude řídit klasifikačním řádem, který je součástí školního řádu. Hodnocení bude mít motivační charakter, žáci budou vedeni tak, aby cítili potřebu vzdělávat se s ohledem na využitelnost získaných znalostí a dovedností v dalším studiu i v praktickém životě.

## **Přínos předmětu k rozvoji klíčových kompetencí a průřezových témat**

V předmětu elektroenergetika žáci získají znalosti a představy o řízení a ekonomice energetiky. Osvojí si základní principy přenosových soustav nn, vn a vvn.

Budou znát předpisy pro elektrická zařízení do 1000 V, hlavně vybrané kapitoly z normy ČSN 33 2000-4-41 a získané znalosti budou umět použít při návrhu bytové instalace. Budou se umět orientovat v katastrální mapě, do které zakreslí a navrhnu rozvětvenou nezálohovanou síť nn, v projektech venkovního vedení vn a vvn a toto vedení budou umět navrhnout. Dokážou provést kontrolu sběrnic v rozvodně s ohledem na tepelné a dynamické účinky zkratových proudů. Žáci získají znalosti o všech u nás používaných typech elektráren, které budou spíše encyklopedického charakteru. Budou mít přehled o obnovitelných zdrojích energie a ochraně životního prostředí. Žáci budou seznámeni se základními principy bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Mezi nejdůležitější kompetence, které budou rozvíjeny v předmětu elektroenergetika patří kompetence komunikativní, schopnost uplatnit při řešení problémů základní poznatky, aplikovat matematické postupy při řešení praktických úkolů a zejména využívat základní pojmy v elektrotechnice tak, aby žák:

- srozumitelně a souvisle formuloval své myšlenky
- vyjadřoval se přiměřeně účelu jednání, vhodně se prezentoval
- přistupoval aktivně k získávání nových znalostí a dovedností
- učil se efektivně, kriticky posuzoval dosažené výsledky, přijímal kritiku jiných
- využíval k učení zkušenosti jiných studentů a učitelů
- byl připraven dále se vzdělávat, dbát na své duševní a fyzické zdraví
- byl schopen pracovat v týmu, odpovědně plnil zadané úkoly, byl ochoten zvažovat návrhy jiných a zodpovídal za výsledky své práce
- uplatňoval při řešení problémů vhodné logické a matematické postupy, používal vhodné algoritmy
- využíval a vytvářel různé formy grafického znázornění (tabulky, diagramy, schémata a grafy) při řešení zadaných problémů
- volil prostředky potřebné pro splnění daného úkolu (vhodnou aplikaci, literaturu, vhodnou metodu)
- sestavil ucelené řešení praktického úkolu na základě dílčích výsledků
- získával informace z otevřených zdrojů, posuzoval jejich věrohodnost a využíval je k řešení problému.

Při realizaci průřezového tématu Přenosová soustava budou žáci znát vlastnosti používaných energetických soustav.

V dalším průřezovém tématu Energetická zařízení v průmyslových a obytných objektech budou žáci vedeni k pochopení ČSN 33 2000-4-41 a schopni provést vlastní návrh bytové instalace. Budou znát základní druhy ochran v síti nn.

Při realizaci průřezového tématu Elektrické sítě žáci získají základní představy o jednotlivých druzích sítí nízkého napětí a tyto sítě dokáží samostatně navrhnout.

Látka 4. ročníku začíná průřezovým modulem Vedení vn a vvn. Žáci budou umět formulovat jednotlivé parametry vedení a budou znát odvození výpočtových rovnic a přenosových konstant, které použijí při praktickém výpočtu vedení vn a vvn pomocí článků T a Pí početně a graficky.

V průřezovém modulu Kompenzace účinníku bude realizován návrh kompenzačních zařízení pro výpočet kompenzačního výkonu, druhy kompenzace.

Průřezové téma Poruchové stavy v elektrických sítích a zařízeních bude realizováno zejména výpočtem zkratových proudů na vedení, návrhem el. zařízení s ohledem na tepelné a dynamické účinky zkratových proudů a omezení zkratových proudů.

Průřezové téma Rozvodny a transformovny klade důraz na rozdělení a typy jednotlivých rozvodů a transformoven. Žák bude seznámen s elektrickou výzbrojí rozvodů a transformoven, bude znát schémata a stavební provedení rozvodů, seznámí se s pomocnými provozy rozvodů, revizí a údržbou a bezpečností při práci na elektrickém zařízení.

Průřezové téma Mechanika a stavba vedení se zabývá stavbou kabelových sítí a venkovního vedení vn a vvn. Žák umí odvodit rovnici řetězovky, kterou po rozvinutí do nekonečné McLaurenovy řady nahradí rovnicí paraboly. Získané rovnice pak použije pro výpočet průhybů vodičů na vedení. Toto vedení pak v předmětu praxe bude umět nakreslit v AutoCadu a výpočty provést v Excelu. Dále se žáci budou zabývat dimenzováním stožárů, kde uplatní znalosti z předmětu strojnictví.

V průřezovém modulu Výroba elektrické energie budou žáci vedeni k pochopení základních principů výroby elektrické energie ve vodních, tepelných a jaderných elektrárnách.

Po probrání tohoto tématického celku se žáci mohou zúčastnit projektu JE Temelín „Jaderná maturita“, kde budou absolvovat řadu přednášek a po exkurzi v JE Temelín, která je součástí „Jaderné maturity“ žáci vyplní test, týkající se problematiky jaderné elektrárny.

Průřezové téma Relé a ochrany bude realizováno použitím ochran v elektrárnách a rozvodnách a v návaznosti na předmět elektrické stroje a přístroje budou žáci schopni popsat problematiku týkající se fázování, regulace výkonu a napětí.

## **Rámcový rozpis učiva**

### **3. ročník**

**(2 hodiny týdně, celkem 64 hodin)**

- |   |           |
|---|-----------|
| <b>1. <u>Úvod do předmětu</u></b>   | <b>2</b>  |
| <b>2. <u>Přenosová soustava</u></b>   | <b>10</b> |
| 2.1. Rozdělení a vlastnosti používaných energetických soustav, schéma energetického systému JE, energetická spolupráce států ES.  |           |
| 2.2. Normalizovaná napětí, význam normalizace napětí.   |           |
| 2.3. Vodiče pro rozvod elektrické energie, holé vodiče, izolované vodiče, kabely.   |           |
| <b>3. <u>Energetická zařízení v průmyslových a obytných objektech</u></b>   | <b>30</b> |
| 3.1. Elektroinstalační materiály, úložné materiály, přístroje nn – ovládací a jistící prvky, kabelové soubory.  |           |
| 3.2. Venkovní a kabelové přípojky, hlavní domovní vedení, odbočky k elektroměrům, elektroměrové a bytové rozvodnice. Rozvod za elektroměrem. Technologie rozvodů v průmyslových budovách. Výkresová dokumentace.  |           |
| 3.3. Průmyslové instalace, schéma průmyslových rozvodů, způsoby uložení kabelů. Připojování elektroměrů.  |           |
| 3.4. Předpisy pro elektrická zařízení do 1000 V. Základní pojmy, druhy a volba vhodného typu ochrany. Pracovní a provozní předpisy. První pomoc při úrazu elektrickým proudem. Předpisy pro elektrická zařízení ve zvláštních podmínkách. Revize el. zařízení. (aplikace na JE) |           |
| 3. 5. Hromosvody, význam, provedení. Návrh domovní instalace.   |           |
| <b>4. <u>Elektrické sítě</u></b>  | <b>22</b> |
| 4.1. Rozvodné sítě nízkého napětí.<br>Výpočet průřezu vedení, jednoduché vedení otevřené s jedním a více odběry. Metoda adice a superpozice. Vedení napájené ze dvou stran s různými typy zatížení. Početní a grafické řešení. (aplikace na JE)                                 |           |
| 4.2. Postup výpočtu sítí nízkého napětí.<br>Druhy sítí nn, metody výpočtu, redukce průřezu, paralelní větve, transfigurace. Odvození vztahu pro úbytek napětí, vektorový diagram vedení nn. (aplikace na JE)<br>Postup při výpočtu vedení nn.                                   |           |

## **4. ročník**

**(3 hodiny týdně, celkem 81 hodin)**

- 1. Vedení vysokého napětí a vvn 8**
- 1.1. Vedení velmi vysokého napětí.  
Rovnoměrně rozložené parametry, jejich vliv, soustředění konstant pomocí schémat T a Pí článku.
- 1.2. Analytické řešení – odvození výpočtových rovnic a přenosových konstant.
- 1.3. Ferrantiho jev, přirozený výkon vedení, vlnová impedance.
- 2. Kompensace účinniku a její ekonomické důsledky 4**
- 2.1. Princip kompenzace, odvození vztahů pro výpočet kompenzačního výkonu.
- 2.2. Kompenzátory a kompenzační zařízení, druhy kompenzace.
- 3. Poruchové stavy v elektrických sítích a zařízeních 5**
- 3.1. Vznik a povaha přepětí.  
Chování napěťové a proudové vlny na rozhraní dvou vlnových impedancí.
- 3.2. Vznik a povaha zkratů.
- 3.3. Výpočet zkratových proudů.  
Tepelné a dynamické účinky zkratových proudů, dimenzování přístrojů, kontrola přípojníc, omezení zkratových proudů.
- 4. Rozvodny a transformovny 9**
- 4.1. Rozdělení rozvoden a transformoven podle parametrů, konstrukce, stavební náročnosti a funkce v praxi.
- 4.2. Přípojnice, systémy přípojníc, dělení přípojníc.
- 4.3. Elektrická výzbroj rozvoden a transformoven. Přístrojový a montážní materiál.
- 4.4. Elektrická schémata charakteristických odboček rozvoden.
- 4.5. Konstrukce odboček. Stavební provedení rozvoden a transformoven. Stanoviště transformátorů.

- 4.6. Pomocné provozy rozvoden a transformoven. Kompresorová stanice, akumulátorovna, velín.  
4.7. Provoz, revize a údržba rozvoden a transformoven.

## **5. Mechanika a stavba vedení 14**

- 5.1. Vodiče pro stavbu venkovních vedení. Vzdálenost vodičů mezi sebou, výška vodičů nad zemí, průhyb. Vliv okolí, přetížení vodičů, namáhání vodičů.  
5.2. Stožáry. Materiál stožárů a konstrukce. Namáhání stožárů. Normalizace a dimenzování podle tahu vodičů. Dimenzování základů stožárů. Křížovatky.  
5.3. Stavba kabelových sítí. Montážní materiál.  
5.4. Pracovní a provozní předpisy. Bezpečnost při práci.

## **6. Výroba elektrické energie 39**

- 6.1. Rozdělení zdrojů elektrické energie. Provozní a ekonomická hlediska s výhledem do budoucnosti. Jaderná energetika.  
6.2. Tepelné elektrárny. Jaderné elektrárny. Technologie a dispozice. Teplárny. Strojní zařízení. Zvyšování účinnosti parních elektráren a tepláren. Fluidní spalování.  
6.3. Vodní elektrárny. Rozdělení. Stavební provedení – hlavní části. Projektování a výstavba vodních elektráren. Vodohospodářský plán vodního toku. Energie a výkon vodního díla.  
6.3. Jaderné elektrárny, projektování, výstavba.  
6.3.1. Projektování a výstavba jaderných elektráren, výběr lokality, tepelné schéma, dispoziční uspořádání.  
6.3.2. Základní aspekty ochrany před zářením a systémy radiační bezpečnosti v jaderných elektrárnách, ionizující účinky, monitorování radioaktivních látek a záření.  
6.3.3. Jaderná reakce (štěpná řetězová reakce, energetická bilance štěpné reakce).  
6.3.4. Základní typy energetických jaderných reaktorů.  
6.3.5. Heterogenní reaktor.  
6.3.6. Reaktor, parogenerátor, hlavní cirkulační čerpadlo, turbogenerátor.  
6.3.7. Hlavní energetické schéma jaderné elektrárny a návaznost na energetickou soustavu.  
6.3.8. Jaderná elektrárna jako regulovaný objekt.  
6.3.9. Tepelné cykly v jaderné elektrárně. Jaderná bezpečnost: princip bariér, klasifikace havárií, organizační zajištění bezpečnosti. Význam jaderné energetiky.

## **7. Relé a ochrany 2**

- 7.1. Ovládací, regulační a ochranné přístroje v elektrárnách a rozvodnách.  
7.2. Ochrany transformátorů.  
7.3. Ochrany generátorů. Fázování, regulace výkonu a napětí.  
7.4. Ochrany vedení. Automatika OZ. Nové směry v konstrukci přístrojů a ochran.

## Elektroenergetika cvičení

### 4. ročník

(2 hodiny týdně, celkem 54 hodin)

1. Výpočet sítí, opakování látky 3. ročníku	16
2. Návrh stromečkové sítě, výpočet pomocí Excelu	7
3. Výpočet parametrů dlouhého vedení	
- články T a $\pi$ (řešení pomocí komplexních čísel v Excelu)	8
- vektorový diagram vedení – vykreslení pomocí Excelu	3
4. Výpočet zkratových proudů	
- teorie	4
- praktický příklad výpočtu	6
5. Výpočet a grafické vykreslení křižovatky vedení	
- vykreslení křižovatky v AutoCadu	5
- výpočet křižovatky v Excelu	5
Kreslení výkresů úloh v AutoCadu, výpočty v Excelu v návaznosti na zadání praktických úloh v teoretické výuce. Grafické řešení v AutoCadu, výpočty v Excelu.	

Poznámka:

Třída je rozdělena do 2 skupin.

Výuka je rozdělena na část teoretickou (návrhy a výpočty) a část praktickou (výpočty a kreslení na počítači).

Používají se běžné uživatelské programy – Excel, Word i účelové programy – AutoCad, Power Calc Lite.

Osnova byla projednána v metodické skupině dne: 1. 9. 2010

Vypracoval:

Ing. Alena Schandlová, Ing. Antonín Švec