

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra elektrotechniky a automatizace



Bakalářská práce

Topologie a analýza elektrizační sítě

Tomáš Erlich

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Erlich

Zemědělské inženýrství
Inženýrství údržby

Název práce

Topologie a analýza elektrizační sítě

Název anglicky

Topology and analysis of the power grid

Cíle práce

Vytvořit přehledovou studii o fungování elektrizační soustavy – výroba, přenos, rozvod a spotřeba elektrické energie. Provést hodnocení provozních a bezpečnostních požadavků na jednotlivé stupně elektrizační soustavy.

Metodika

Literární zpracování technických a vybraných právních předpisů k výrobě, přenosu, rozvodu a spotřebě elektrické energie. Zhodnocení účinnosti a ztrát jednotlivých stupňů elektrizační soustavy.

Doporučený rozsah práce

30 – 45 s.

Klíčová slova

Elektrizační síť, výroba elektrické energie, přenos elektrické energie, spotřeba

Doporučené zdroje informací

Balák R., Pauza J./ Elektroenergetika 2, Praha: SNTL 1983, 344 s
Maurer J., Berber L., Zuček J., Roškota S./ Elektrické přípojky nízkého napětí; Praha: SNTL 1976, 336 s.
Mertlová J., Hejtmánková P., Tajtl T. / Teorie přenosu a rozvodu elektrické energie; Plzeň: ZČU 2004, 189 s.,
ISBN 80-7043-307-8
Mertlová J., Kocmich M., Hejtmánková P./ Přenos a rozvod elektrické energie; Plzeň: ZČU 1995, 130 s.,
ISBN 80-7082-222-8
Pauza J./ Silnoproudá rozvodná zařízení v průmyslu; Praha: SNTL 1974, 344 s.
Pavlovský J./ Elektrické sítě v městech a sídlištích; Praha: SNTL 1975, 432 s.
Pavlovský J./ Ztráty v přenosu a rozvodu elektrické energie ; Praha: SNTL 1959, 279 s.
ROŠKOTA, S. – ČESKOSLOVENSKÁ VĚDECKOTECHNICKÁ SPOLEČNOST / Výběr technických norem pro
elektrotechniky. Praha: SNTL, 1979
spolky.csvts.cz/cenes/texty/normy pro elektroenergetiku.doc
Tesařová M., Štroblová M./ Průmyslová elektroenergetika; Plzeň: ZČU 2000, 154 s., ISBN 80-7082-703-3

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Zbyněk Vondrášek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra elektrotechniky a automatizace

Elektronicky schváleno dne 31. 1. 2019

Ing. Miloslav Linda, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 18. 01. 2021

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Topologie a analýza elektrizační sítě vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne:

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé práce Ing. Zbyňku Vondráškovi, Ph.D. za velkou ochotu a odbornou pomoc při psaní bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval firmě PRE a.s. za jejich nápomoc při tvorbě práce a jejich zaměstnanci Ing. Martinu Hejhalovi za poskytnutí informací.

Topologie a analýza elektrizační sítě

Abstrakt: V bakalářské práci je charakterizováno fungování elektrizační soustavy.

V úvodních statích je popsána spotřeba zdrojů elektrické energie včetně denní spotřeby elektrické energie vyrobené v elektrárnách. Dále je objasněna výroba elektrické energie a rozdělení jejích výroben. Následné kapitoly pojednávají o přenosu elektrické energie na delší vzdálenosti včetně rozdělení typů sítí, vodičů a stožárů. Analýza je prováděna se zohledněním ztrát při přenosu. Následně je doporučen způsob ochrany elektrizační soustavy, aby byl zajištěn její bezpečný chod.

Klíčová slova: elektrizační soustava, typy elektráren, přenos elektrické energie, ztráty ve vedení, ochrana elektrizační soustavy

Topology and analysis of the power grid

Summary: The bachelor thesis characterizes the operation of the power grids. The introductory articles describe the consumption of electricity sources, including the daily consumption of electricity produced in power plants. Furthermore, the production of electricity and the division of its production is clarified. Subsequent chapters deal with the transmission of electricity over longer distances, including the division of types of power grids, conductors and masts. The analysis is performed taking into account transmission losses. Subsequently, a method of protecting the electrical system is recommended to ensure its safe operation.

Key words: power grids, types of power plants, transmission of electricity, losses in transmission of energy, protection of electricity system

Obsah

1. Úvod	1
1.1 Cíl práce	1
1.2 Metodika	1
2. Výroba elektrické energie.....	3
2.1 Rozdělení energetických zdrojů.....	3
2.2 Elektrárny.....	3
2.2.1 Tepelné elektrárny	5
2.2.1.1 Princip kondenzační elektrárny	7
2.2.2 Jaderné elektrárny	10
2.2.3 Vodní elektrárny	14
2.2.4 Fotovoltaické elektrárny	17
2.2.5 Větrné elektrárny	19
2.2.6. Geotermální elektrárny	20
2.2.6.1 Systémy využívající nízkopotenciální energii.....	20
2.2.6.2 Systémy využívající vysokopotenciální energii	21
3.0 Rozvod elektrické energie	22
3.1 Rozdělení silnoproudých rozvodů	24
3.2 Přenosová soustava	25
3.3 Distribuční soustava.....	27
3.4.1 Provedení domovního rozvodu a připojení z distribuční soustavy	28
3.4.2 Provedení připojení a rozvodu v průmyslových závodech	29
3.5. Stožáry	29
3.7. Konzoly a izolátory.....	31
3.8 Vodiče pro silnoproudý rozvod	31

3.9. Rozdělení rozvodn	32
3.9.1 Vnitřní rozvodny	32
3.9.2 Venkovní rozvodny	33
4.0 Ztráty na jednotlivých elektrizačních stupních	33
4.1 Rozdělení technických ztrát	33
4.1.1 Jouleovy ztráty	34
4.1.2 Ztráty korunou	35
4.1.3. Ztráty svodem	36
4.1.4 Ztráty v dielektriku	36
4.1.6 Ztráty v řídicích a měřicích zařízení	38
4.2. Bilance ztrát na jednotlivých přenosových stupních	38
5.0 Doporučení pro bezpečný chod elektrizační soustavy	40
5.1. Elektrické ochrany	40
5.1.1 Ochrany alternátorů	40
5.1.2 Ochrany transformátorů	41
5.1.3 Ochrany vedení	41
5.2 Poruchové stavy a ochrana před nimi	42
5.2.1 Přepětí	42
5.2.2 Zkraty	42
6.0 Závěr	44
Seznam zdrojů	45
Seznam obrázků	49
Seznam tabulek	50

1. Úvod

S postupným vývojem lidstva se člověk stává více závislý především na elektrické energii. Stálé zdokonalování techniky a rostoucí počet obyvatel na planetě má za následek zvyšující se spotřebu elektrické energie. Z tohoto důvodu je potřeba zkvalitňovat dodávky energie, snižovat ztráty v přenosu a hledat její budoucí zdroje s ohledem na globální situaci a udržitelný rozvoj. Elektrizační vyspělost každého státu se projevuje v oblasti ekonomické, bezpečnostní, ve zvyšování kvality života obyvatel a hospodářském rozvoji. Dnešní svět si téměř nedokážeme představit bez elektrizace, která nás doslova obklopuje na každém kroku, aniž bychom si to uvědomovali nebo se nad tím pozastavovali. Stejně tak je nemyslitelná existence průmyslu bez dodávek elektrické energie.

Toto téma bakalářské práce jsem si zvolil z důvodu dlouhodobého zájmu o funkčnost a propojenost jednotlivých částí přenosové soustavy. Rád bych v práci promítl své nabyté znalosti z předchozích praxí u firmy PRE.

1.1 Cíl práce

Cílem analýzy je sestavit přehlednou studii o fungování elektrizační soustavy, stanovit ztrátovost a její důvody na jednotlivých úsecích elektrizační soustavy a nalézt doporučení pro její bezproblémový chod.

Tato bakalářská práce je členěna do několika návazných kapitol. Na počátku je zapotřebí popsat používané zdroje elektrické energie z hlediska konstrukčních uspořádání, míry obnovitelnosti a zastoupení v elektrizační soustavě. Návazným tématem je rozdělení sítí z hlediska napěťových hladin. Další problematikou je míra ztrátovosti provozu jednotlivých přenosových stupňů elektrizační soustavy. Završení analýzy je stanovení provozních doporučení pro správnou funkci elektrizační soustavy.

1.2 Metodika

Kvalifikační práce se zakládá na literárním zpracování technických a právních předpisů k výrobě, přenosu, rozvodu a spotřebě elektrické energie. Pomocí analýzy odborných prací jsem nejdříve vyhledal literaturu, která mi k této práci přišla nejvhodnější a dále jsem po jejím nastudování vybral ty podklady, které nejvíce zapadaly do postupného kontextu tvorby díla a slučovaly se s vlastní předchozí praktickou zkušeností.

Při následné komparaci vybraných děl byly vybrány co nejdůležitější popisy dané problematiky. Dále byly analyzovány ztráty v elektrizační soustavě a popsány bezpečnostní prvky na daných elektrizačních stupních. Na závěr byli osloveni odborníci z praxe za účelem porovnání nastudovaných teoretických poznatků s praktickými realizacemi.

2. Výroba elektrické energie

2.1 Rozdělení energetických zdrojů

Z důvodu zvyšující se spotřeby elektrické energie se i přes nalézání nových zdrojů energie začíná projevovat postupné vyčerpávání zdrojů prvotních. Prvotní zdroje energie, zvané primární, zahrnují organické suroviny například uhlí, ropu, vodu a uran. Snaha o stálé zdokonalování technologických postupů, včetně vynalézání nových zařízení, má za úkol co nejehospodárněji využívat doposud dostupné zdroje. Při výrobě elektrické energie je využíváno zhruba 37 % primárních zdrojů. Účinnost procesu jde zvýšit například opětovným vracením tepla do kotle nebo využitím odpadní energie například pro vytápění. Mimo primární zdroje jsou také využívány druhotné zdroje známé jako sekundární, jenž vznikají úpravou prvotních. Tyto zdroje jsou zastoupeny například koksem, naftou, benzinem. [1]

Zásoby energetických surovin lze posuzovat z hlediska jejich vyčerpatelnosti. Zdroje, představující postupné ubývání zásob z důvodu těžby spojené s danou lokalitou, jsou označovány jako vyčerpatelné. Zdroje, které se vážou na určitou lokalitu, ale zároveň dochází k jejich stálému doplňování, se nazývají nevyčerpatelné. Obnovující se zdroje se vyznačují svou nevyčerpatelností, ale nejsou vázány pouze k určitému místu, například sluneční energie. [2]

Dle rozsahu využívání je možnost se setkat s dvěma druhy zdrojů. Konvenční, které jsou hojně využívány a patří k nim jaderná paliva, fosilní paliva a energie z vodních zdrojů. Druhým typem jsou zdroje nekonvenční vyznačují se menší rozšiřitelností, jejichž technologie se stále vyvíjejí a je jim dáváno veliké budoucí využití. Mezi ně se řadí většina obnovitelných zdrojů například sluneční energie, geotermální energie a energie z termionukleární syntézy. [3]

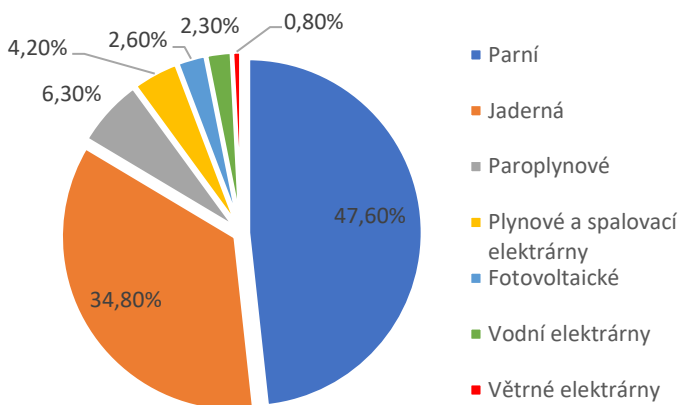
2.2 Elektrárny

Pro důkladné popsání názvosloví elektráren je citováno z knihy Elektroenergetika II: *„Energetické dílo je souhrn energetických zařízení, včetně budov a konstrukcí sloužících pro výrobu, transformaci, přeměnu, rozvod nebo spotřebu určitého druhu energie. Elektrárna je výrobní vyrábějící elektrickou energii.“* [1, s. 198]

Elektrárny se rozdělují dle využívaného typu zdroje, který byl přeměněn na elektrickou energii. V tepelných elektrárnách je nejčastěji získávána tepelná energie hořením fosilního paliva, která je posléze přeměněna v generátoru na energii elektrickou.

Jaderné elektrárny získávají teplo ze štěpné reakce atomových jader tzv. obohaceného uranu. Dalšími typy elektráren jsou elektrárny využívající obnovitelné zdroje. Mezi nejrozšířenější patří větrné, vodní, geotermální, solární a přílivové. [1] Jak již bylo zmíněno, většina těchto elektráren se stále řadí mezi nekonvenční. V grafu níže je zobrazen podíl výroby energie jednotlivých typů elektráren pro rok 2019 (Obr. 1).

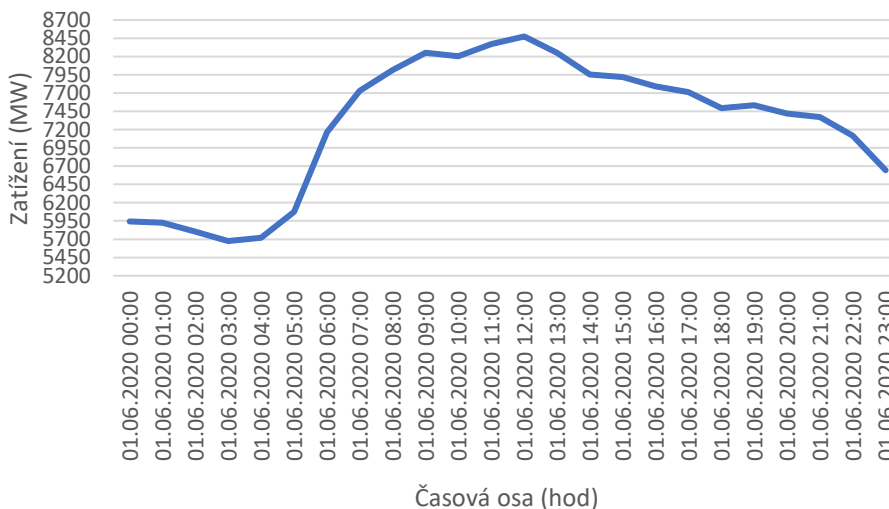
Obr. 1 Zastoupení elektráren při výrobě



Zdroj: Vlastní zpracování dle: [28]

Pomocí diagramu zatížení se zobrazuje hodnota výroby elektrické energie za určitý časový interval, díky kterému lze přesně určit velikost odebírané energie v daný časový okamžik. [4]. Vývoj průběhu denní spotřeby energie je zobrazen v grafu (Obr. 2). Z průběhu křivky zatížení je zřejmé zvýšení odběru energie okolo 6. až 7. hodiny ranní z důvodu technologického startu těžkého průmyslu. Naopak nejnižší spotřeba energie je v obvyklém spánkovém čase.

Obr. 2: Diagram zatížení 1.6.2020



Zdroj: Vlastní zpracování dle: [27]

Při dodávání energie je důležité brát zřetel na kooperaci elektráren. Proto se rozdělují elektrárny dle poptávky po energii v průběhu dne. Základní elektrárny představují obtížně odstavitelné zdroje, které jsou takřka neustále v provozu. Typickými představiteli jsou například elektrárny jaderné, tepelné, nebo vodní průtočné. Pološpičkové elektrárny zvyšují zdrojový výkon elektráren základních a jejich provoz není nepřetržitý. Příkladem jsou vodní akumulární elektrárny. Pro pokrytí krátkodobých vysokých odběrových zatížení jsou spouštěny špičkové elektrárny, kterými jsou převážně přečerpávací elektrárny. Přečerpávací elektrárny fungují na principu přečerpávání vody mezi dvěma nádržemi. Při nízkém energetickém odběru ze sítě je voda čerpána z níže položené nádrže do horní nádrže. Při špičkovém energetickém odběru je voda z horní nádrže vypouštěna přes turbínu do spodní nádrže a pomocí alternátoru se vyrábí elektrická energie. Důraz je kladen na poměrně rychlý start těchto elektráren. [5]

2.2.1 Tepelné elektrárny

V České republice jsou nevíce rozšířeným druhem tepelných elektráren, elektrárny parní. V kondenzačních elektrárnách je pouze vyráběna elektrická energie. [4] Naproti tomu teplárny jsou více rozšířené a mají schopnost dodávat kromě elektrické energie také primárně tepelnou energii, která je zde vyráběna ve skupenství plynném, tedy páry, nebo ve skupenství kapalném, které představuje horká voda. Výhodou kombinované výroby tepla a elektrické energie je zvýšení účinnosti využití tepelné energie z paliva. U obou typů elektráren je takřka totožný princip základní výroby energie. Liší se v základě jen následným využitím zbytkového tepla. [1] [4]

Vlastní spotřeba tepelné parní elektrárny dosahuje 12-18 % vyrobené energie. Při porovnání s ostatními elektrárnami se jedná o nejvyšší číslo. [2]

Výpočet účinnosti zařízení závisí na součinu všech dílčích ztrát při výrobě, jenž jsou popsány ve vzorci (2.1)

$$\eta_{el} = \eta_{kotle} * \eta_{tepel.ob.} * \eta_{rozvodu} * \eta_{turbíny} * \eta_{ložisek} * \eta_{generátor} * \eta_{trasn} * \eta_{vl.spot} \quad (\%) \quad (2.1)$$

η_{el}	účinnost elektrárny	(%)
η_{kotle}	účinnost kotle	(%)
$\eta_{tepel.ob.}$	účinnost tepelného oběhu	(%)
$\eta_{rozvodu}$	účinnost rozvodů	(%)

$\eta_{turbíny}$	účinnost turbíny	(%)
$\eta_{ložisek}$	účinnost v ložiscích	(%)
$\eta_{generátor}$	účinnost generátoru	(%)
η_{trans}	účinnost transformátoru	(%)
$\eta_{vl.spot}$	účinnost vlastní spotřeby	(%)

Při výběru umístění parní elektrárny je důležitý faktor zásobování palivem. Musí zde být promítnuta výkonnost elektrárny, tudíž spotřeba paliva a jeho způsob těžby včetně dopravy. Následné vlastnosti vytěženého produktu jako je jeho výhřevnost určují smysl dopravy. Uhlí s malou výhřevností označované jako odpadní, se z ekonomických důvodů většinou spaluje v elektrárnách v blízkosti místa těžby. Zatímco u výroben závislých na dovozu paliva například průmyslové elektrárny nebo městské elektrárny zásobující velká střediska se více vyplatí dopravovat kvalitnější palivo. Další faktor je dostatečné zásobování výrobní vodou. Spotřeba vody se odvíjí na typu chlazení. Musí se zajistit, aby pro elektrárnu byl v jakémkoliv ročním období zajištěn dostatečný přísun vody. [5]

Paliva se využívají ve všech základních skupenstvích. Záleží podle typu tepelné elektrárny. Pevná paliva nejčastěji zastupují hnědé uhlí, černé uhlí, biomasa nebo koks. Černé uhlí se v České republice těží na Ostravsko-Karvinsku. Hnědé uhlí je těženo na sokolovské nebo mostecké pánvi. Kapalné skupenství paliv je zastoupeno topnými oleji, benzinem nebo naftou. Jako plynná paliva jsou používána svítiplyn, zemní plyn nebo koksový plyn. [5] V tabulce (tab. 1) jsou uvedeny nejvíce používané druhy paliv včetně příslušné elektrárny, kde se spotřebovávají.

Tab. 1. Typy paliv používaných elektrárnami v ČR

Palivo	Typ	Výhřevnost	Síratost	Voda	Elektrárna
Hnědé uhlí	Hnědá zemitá uhlí chebsko-sokolovská	8,28-15,05 MJ	1-2 %	40-50 %	Tušimice
Černé uhlí	Černá antracitová uhlí	26,0-33,8 MJ	1-2 %	1-5 %	Dětmarovice
Biomasa	Palivové dříví	14,2-16,72 MJ	Stopovitá	10-20 %	Hodonín
Zemní plyn		31,8-32,2 MJ			Vřesová
Topné oleje		40-41,2 MJ			Dětmarovice

Zdroj: Vlastní zpracování dle: [6] [5]

2.2.1.1 Princip kondenzační elektrárny

Kondenzační elektrárny u nás nejčteněji pro získání tepelné energie spalují uhlí. Pokud se elektrárna nachází do 15 kilometrů od místa vytěžení uhlí, je tato surovina dopravována pomocí pásových dopravníků nebo kamiony po silnici. V případě větší vzdálenosti se v České republice uhlí dopravuje pomocí lodní dopravy nebo po železnici (například Dětmorovice).

[1] Vagony na přepravu uhlí jsou většinou cihlové barvy s otevřeným vrškem. Vykládat uhlí z vagonu lze vrchem pomocí drapáku. Více raritní způsob je najetí vagonů na zařízení zvané rotační sklápěč, na kterém jsou vagony postupně otáčeny a náklad je vysypán. Pokud není přístup k uhlí shora, lze se k němu dostat po odklopení bočních stran vagonu. [4]

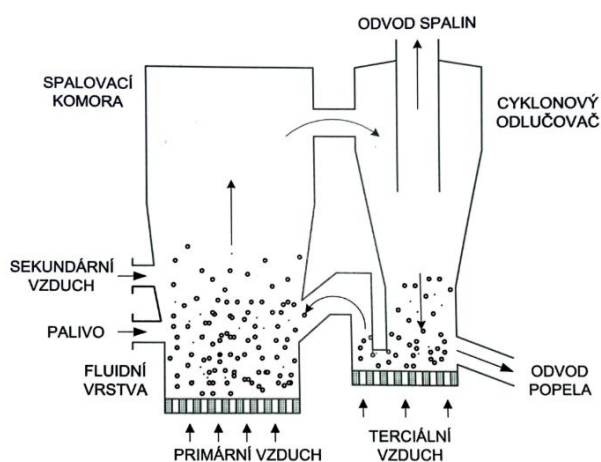
Palivo je posléze dopraveno pomocí dopravníků na skládku paliv, na které je zásoba uhlí pro elektrárnu na následujících zhruba 30 dní. Zde se uhlí promíchává a zarovnáva pomocí těžké techniky. Výhodou upěchování a zarovnání uhlí je ochrana proti vznícení na skladišti, zároveň dochází k jeho mísení a tím k homogenizaci výhřevnosti. Následuje proces separace uhlí od nežádoucích příměsí. Poté se uhlí přemísťuje pomocí dopravníkových pásů do drtiče, kde se drtí pomocí kladivových nebo válcových drtičů na potřebnou strukturu a následně přesunuje do sušící šachty. Zde se uhlí vysouší pomocí tepelné energie obsažené v kouři z kotle. Po vysušení se pomocí mlýnů rozeemele uhlí na drobný prášek, který je stlačeným vzduchem vháněn do hořáku. [1] [5] [4]

Při hoření paliva v kotli dochází k uvolnění tepelné energie. Jejím nositelem jsou ohřáté kouřové plyny, které ohřívají vodu ve stěnách kotle za následného vzniku páry. Z kotle se vzniklá sytá pára odvádí do sběrače. Pára poté prochází přehřívákem, kde se ještě zvýší její teplota a vznikne tzv. ostrá pára, která už má v sobě dostatek energie k přeměně na kinetickou energii na lopatkách turbíny [5].

Kotle jsou tříděny dle způsobu oběhu vody na kotle s přirozeným oběhem vody, které využívají proudění ohřáté tekutiny, a na kotle průtlačné. Kotle s přirozeným oběhem je možné používat do tlaku 18 MPa. V kotli průtlačného typu je voda postupně ohřívána ve vedle sebe řazených trubkách. Podle tlaku v oběhu se průtlačné kotle s tlakem nad 22,1 MPa označují jako nadkritické a s nižším tlakem než 22,1 MPa kotle podkritické. Další rozdělení je dle principu spalování a ohřevu vody. U bubnových kotlů s přirozeným oběhem vody je kapalina přivedena do bubnu a po ohřátí se vlévá do varnic. Ve varnicích se získává vyšší teplota vody pomocí plynů z topeniště, přičemž posléze vzniká pára.

Stoupající pára se oddělí od kapiček vody pomocí bubnu. Kotle průtlačné mohou měnit rychlost průtoku vody, tím její ohřívání a proudění pomocí tlaku. Oproti bubnovým kotlům jsou kotle průtlačné jednodušší, jelikož procesy od varu až po přehřívání páry se odehrávají v jedné rouři. Fluidní kotle jsou nejmodernější a umožňují pomocí přísunu vzduchu a paliva vznášení palivové směsi během spalování. Vzduch přivedený jako primární pomáhá k víření paliva a dodání dostatku kyslíku pro spalování. Palivo je do kotle souvisle přiváděno. Pro dosažení vyšší účinnosti při spalování je do kotle ze strany přiháněn navíc tzv. vzduch sekundární. Následně se oddělují zbytkové části vyhořelého paliva pomocí terciárního vzduchu, které jsou dále odváděny z kotle do odvodu spalin (obr. 3). [4]

Obr. 3. Schéma fluidního kotle



Zdroj: [4, s. 48]

Zbytkový materiál po vyhoření paliva, označovaný jako struska a škvára, padá do výsypku pod kotlem, kde se ochlazuje pomocí vody. Následně se drtí na určitou velikost zrna a vysypá na složiště strusky. Další zbytkový prvek při hoření je popílek. Je důležité, aby kouřové plyny byly od něho čištěny a tím byla snížena jeho koncentrace v ovzduší a snižoval se tak ekologický dopad. Kouřové plyny se čistí mechanickým odlučováním popílku. Suchá metoda funguje na základě odstředivé síly, kde jsou těžší částice odděleny od spalin ke stranám komory pomocí šnekového cyklonu a následně spadávají do sběrače. Účinnost této metody je v průměru okolo 70 %. Mokrý metoda se zakládá na principu zvýšení hmotnosti popílku pomocí rozprašovačů vody a následným odstředěním. Zde účinnost čištění dosahuje až 98 %. Elektrostatický odlučovač popílku má nejvyšší účinnost, zhruba 99 %. Zachytí i tak jemný popílek, který by při odstředování prošel. Částice popílku jsou nabíjeny v elektrostatickém poli, kde nejprve získají záporný náboj od elektrody procházející středem, poté jsou přitahovány opačně (kladně) nabitou stěnou, kde se následně vybijí a spadávají do tzv. sběrače. [5] [1]

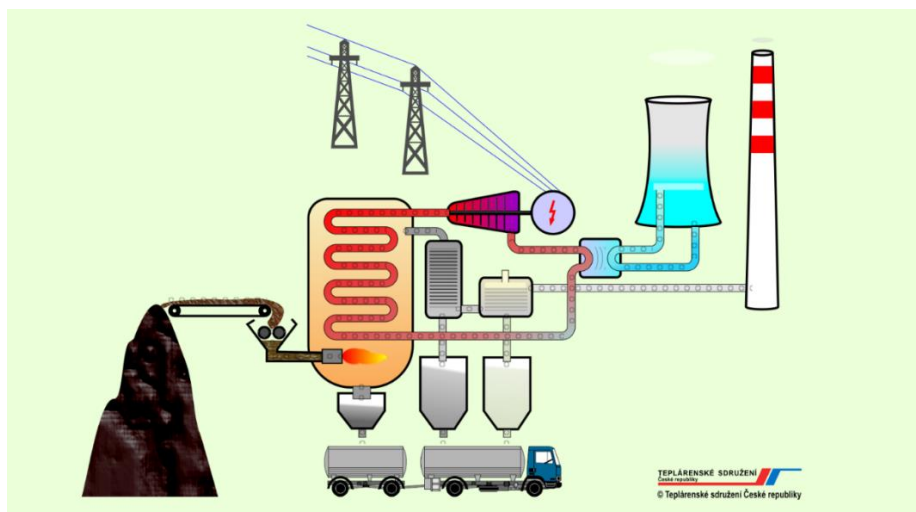
Důležitý proces pro snižování emisí škodlivin je odsíření, při kterém se snižuje obsah síry v kouři. Při suché metodě se do ohniště přidává mletý vápenec. Mokrý metoda se zakládá na principu propírání kouřových plynů ve vodní suspenzi vápna. Vyčištěný kouř je odváděn z elektrárny pomocí komínů. [1]

Vzniklá tepelná energie ostré páry je zužitkována na mechanickou práci v turbíně při roztáčení jejích lopatek. Hřídel turbíny je spojená s generátorem. Po průchodu turbínou se pára postupně ochlazuje a stává se z ní mokrá pára. V kondenzátoru je páře snížen tlak a teplota a dochází ke zkapalnění. Ve chladicí věži je odváděno nevyužité teplo ve formě páry. Zkondenzovaná voda se posléze vrací do kotle a celý proces se opakuje. [1] [5]

Turbíny se zpravidla skládají z více stupňů: vysokotlakého, středotlakého a nízkotlakého. Jejich úloha je přeměnit energii získanou z páry na mechanickou energii. Kondenzační turbíny využívají všechnu energii v páře na výrobu elektrické energie, pára po vykonání práce už není schopna dalšího využití. Protitlakové turbíny se využívají v teplárnách k dodávkám tepla. Odběrové turbíny odvádí část páry z vysokotlaké části ke spotřebitelům a její zbytek po expanzi je odváděn do kondenzátoru. [4]

Nejčastěji se v parních elektrárnách užívá pro výrobu elektrické energie dvoupólových synchronních alternátorů s hladkým rotorem. Pokud je parní turbína spojena přímo s alternátorem pomocí hřídele, lze alternátor nazývat turboalternátorem. Poměr činného ku zdánlivému výkonu tzv. účinník je u turboalternátorů v rozmezí 0,85 až 0,9. Rotor je tvořen elektromagnetem s budícím vinutím, do kterého je pomocí kroužků přiváděn stejnosměrný proud. Stejnosměrné vlastní buzení je využíváno u menších závodních elektráren, kde zpravidla není dodávána energie do elektrizační soustavy. Stejnosměrné cizí buzení se využívá v elektrárnách dodávající elektrickou energii energetické soustavě. Střídavé budiče vyžadují usměrňovače a jsou využívány pro velké turbogenerátory. Statorové vinutí turbogenerátoru je nejčastěji zapojeno do hvězdy a je chlazeno buďto pomocí proudícího plynu (vzduch, vodík), nebo kapaliny. [1]

Obr. 4 Schéma kondenzační elektrárny



Zdroj: [29]

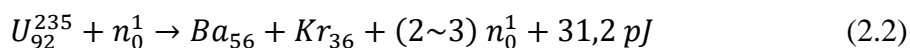
2.2.2 Jaderné elektrárny

Jaderné elektrárny se řadí mezi zdroje energie budoucnosti, které by měly postupně nahrazovat elektrárny spalující fosilní paliva. Jednou z jejich největších výhod je takřka bezemisní provoz. Z elektrárny při získávání tepelné energie nevychází žádné spaliny, a tudíž ani nebezpečné látky do ovzduší. Bohužel po jaderných haváriích jako například v Černobylu nebo poslední havárii ve Fukušimě se i přes stále vyšší bezpečnostní nároky na elektrárny investice do jaderné energie snižují. [5] [7]

Bezpečný chod jaderných elektráren zajišťují její konstrukce obsahující určité ochranné vrstvy. První vrstva je tvořena z povlakového materiálu palivových článků. Díky této vrstvě ze slitiny Zircaloy se udrží štěpné produkty uvnitř palivového článku. Druhá vrstva představuje konstrukci primárního okruhu odolnou vůči vysokým tlakům a tepelnému záření. Třetí vrstvu tvoří vzduchotěsné železobetonové boxy, které v případě havárie mají zabránit úniku radioaktivních materiálů z aktivní zóny. [4] [1]

Tepelná energie je získávána pomocí řízené štěpné reakce. Při štěpné reakci dochází ke srážce pomalých neutronů s terčovými jádry atomů těžkých prvků. Nejčastěji používaný těžký prvek je obohacený uran (U^{235}). Štěpná reakce tohoto prvku je popsána ve vztahu 2.2. Přírodní uran se obohacuje nejčastěji na 5% izotop U^{235} , následuje vznik oxidu uraničitého, který se distribuuje v peletkách. Další užívané prvky představuje přírodní uran, plutonium nebo thorium. Jádro se rozdělí na dvě jádra s odlišnými protonovými čísly, uvolní se dva nebo tři neutrony a dojde k uvolnění energie.

Je vyvíjen způsob termojaderné syntézy, která získává energii na základě spojování lehkých prvků pomocí horkého plazmatu. Tato metoda se zatím používá jen pro vojenské účely v podobě vodíkových pum. [7] [5] [4] [1]



Reaktory lze rozdělovat dle energie neutronů. Nejvíce zastoupený typ reaktoru v elektrárnách jsou pomalé reaktory štěpící neutrony o energii 0,025 eV. Neutrony tzv. rychlých reaktorů nejsou zpomalovány a dosahují vysoké rychlosti a kinetické energie vyšší než 0,1 eV. [4]

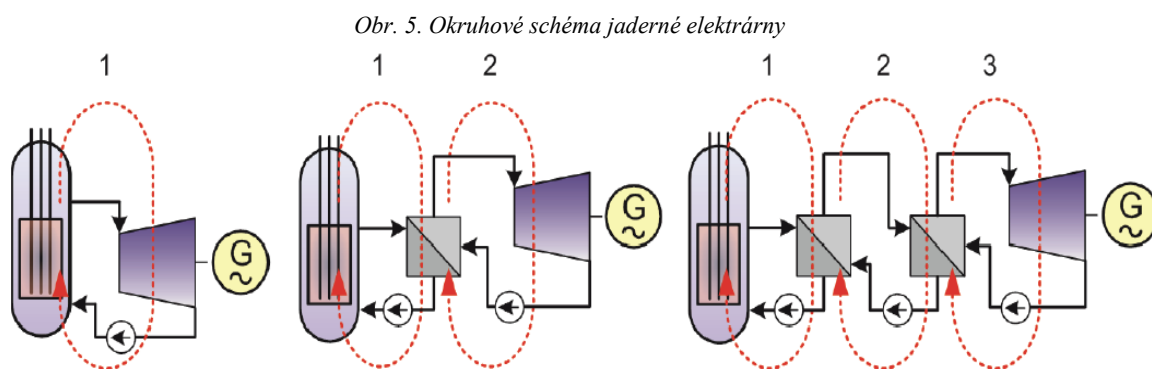
V reaktoru dochází ke štěpné reakci v aktivní zóně, ve které je uloženo palivo společně s dalšími prvky zajišťujícími chod reaktoru. Moderátory slouží jako zpomalovače tzv. rychlých neutronů a tím zvyšují pravděpodobnost jejich srážky s radioaktivním jádrem. Nejčastěji jsou jako moderátory využívány různé látky. Jednou z nich je grafit, který si udržuje své mechanické, vodivostní i moderační vlastnosti i za vysokých teplot. Dále je hojně využívána voda a tzv. těžká voda, jež se vyrábí pomocí elektrolýzy, nebo prvek beryllium. [6] [1]

Peletky oxidu uranitého jsou skládány za sebou do palivových tyčí, které jsou posléze poskládány do palivových článků. Reflektory brání úniku neutronů. Jejich úkolem je zmenšovat spotřebu štěpného materiálu vrácením části neutronů do aktivní zóny za účelem bombardování terčových jader radioaktivních prvků. Regulační tyče se zasouvají do aktivní zóny a regulují reakci pomocí pohlcování neutronů. Jedná se o tyče potažené bórem dvojnásobné délky při porovnání s palivovými tyčemi. Zasouvání a vytahování tyčí je řízeno pomocí elektromotorů. Kompenzační tyče vyrovnávají změny reaktivity zapříčiněné otravou reaktoru. Reaktory se chladí pomocí lehké a těžké vody, sodíku nebo oxidu uhličitého. Palivo s moderátorem tvoří buď tuhou či kapalnou homogenní směs, nebo heterogenní směs, ve které jsou palivo a zpomalovače neutronů odděleny. [4] [1] [5]

Výměnu paliva v reaktoru lze provádět dle jeho typu. Nejvíce využívaná metoda výměny paliva je při odstavení reaktoru. Výměna jaderného paliva bývá buďto úplná nebo částečná. Například v elektrárně Temelín se obměňuje ¼ článků. Méně využívaná metoda je výměna paliva za provozu reaktoru. Na tuto metodu musí být reaktor konstrukčně přizpůsoben. [7] [5]

Spouštění reaktoru probíhá ve dvou etapách. Po dodání paliva do reaktoru je první etapa založena na vzniku štěpné reakce pomocí neutronů z plutonium-berylliových zdrojů. Tyto neutrony rozštěpí jádra a vzniká štěpná reakce. Ve druhé etapě se postupně zvyšuje tepelný výkon reaktoru až na jmenovitý. Dochází již k odvádění tepla a výrobě elektrické energie. [7] [1]

Schémat jaderných elektráren lze rozdělit dle počtu tepelných okruhů na tři hlavní druhy (obr. 5). Jednookruhové schéma má varný reaktor, a pára je vedena do turbíny. Jedná se sice o jednoduchou konstrukci podobnou kondenzační tepelné elektrárně, zato nebezpečnou, kvůli riziku kontaminace strojovny radioaktivitou. Dvouokruhová schémata se skládají z primárního okruhu a sekundárního okruhu. Z radioaktivního primárního okruhu je předávána tepelná energie v parním generátoru vodě v sekundárním okruhu za vzniku páry, která posléze pohání turbínu. Pára po vykonání práce v turbíně kondenzuje v kondenzátoru. Tento způsob již úplně eliminuje radioaktivní kontaminaci strojovny, jelikož jsou oba okruhy od sebe odděleny. Tříokruhová schémata slouží pro rychlé reaktory s přenosem tepla roztaveným sodíkem. Primární okruh je sodíkový a radioaktivní. Přenáší tepelnou energii z reaktoru do bezpečnostního výměníku. Sekundární okruh je bezpečnostní, obsahuje sodík a je neradioaktivní. Přenáší tepelnou energii z bezpečnostního výměníku do parogenerátoru terciárního okruhu. Terciární okruh je vodní/parní a zužitkovává tepelnou energii v parní turbíně. Toto uspořádání je nezbytné pro eliminaci radiačních úniků při možné explozivní havárii netěsného parogenerátoru. [8] [5]



Zdroj: [7, s. 103]

Varné reaktory BWR jsou ve světě zastoupeny v necelé čtvrtině jaderných elektráren. Voda je vháněna do spod reaktoru, kde je ohřívána v aktivní zóně. V aktivní zóně vzniklá pára stoupá do separátoru a sušiče, kde se zbavuje vodních kapek a následně vykoná práci v turbíně. U lehkovodních reaktorů je jako palivo používán obohacený uran. Tlak vody v reaktoru se pohybuje mezi 7 až 8 MPa.

Nejvíce rozšířený typ reaktoru na světě je tlakovodní reaktor PWR, je zastoupen takřka 60 %. Jedná se o vysoce bezpečnostní reaktor, který byl v Rusku upraven na typ VVER. Tento typ je zastoupen i v českých jaderných elektrárnách (tab. 2.). Reaktorem proudí chladivo v podobě vody pod tlakem až 16 Mpa. Vysoce stlačená voda o teplotě 320 °C při průchodu parogenerátorem předává svou tepelnou energii sekundárnímu okruhu, kde vzniká sytá pára. Těžkovodní reaktory HWR jsou ve světě takřka raritně zastoupené. Jako palivo lze použít přírodní uran, moderátorem a chladivem je těžká voda. Nejznámější typ HWR reaktoru je CANDU, který umožňuje výměnu paliva za provozu. Těžká voda předává svou energii v parogenerátoru lehké vodě a z lehké vody posléze vzniká pára. Mezi první reaktory nasazené v elektrárnách patřily grafitové varné reaktory. Jejich první spuštění v ostrém provozu se datuje k roku 1954 na území SSSR. Jednalo se o typ RBMK chlazený vodou. Později upravené reaktory ve Velké Británii byly chlazeny plynem a označovaly se za typy MAGNOX a AGR. V reaktoru typu MAGNOX slouží grafitové bloky jako moderátor pro palivo v podobě přírodního uranu. Chlazení probíhá pomocí oxidu uhličitého, který následně předává tepelnou energii vodě v parogenerátoru. Nejmodernější, ale stále experimentálně vyvíjený typ grafitového reaktoru, je HTGR, který vyniká svou 40 % účinností a vysokou bezpečností. Palivem jsou zde částice vysoce obohaceného uranu. Bezmoderátorové reaktory typu FBR užívají oxid uraničitý nebo oxid plutoničitý. Tyto typy musí z důvodu vysokých teplot fungovat ve tříokruhovém schématu elektrárny. Zde je jako chladivo primárního okruhu použit sodík. Bezpečnostní (sekundární) sodíkový okruh získává teplo z primárního pomocí výměníku. Ten následně předá v parogenerátoru své teplo terciárnímu okruhu za vzniku páry pokračující do turbíny. Všechny typy jaderných elektráren mají párou poháněnou turbínu spojenou s alternátorem. Jedná se tedy o turboalternátor jako u tepelných elektráren. [1] [4]

Tab. 2. Jaderné elektrárny v ČR

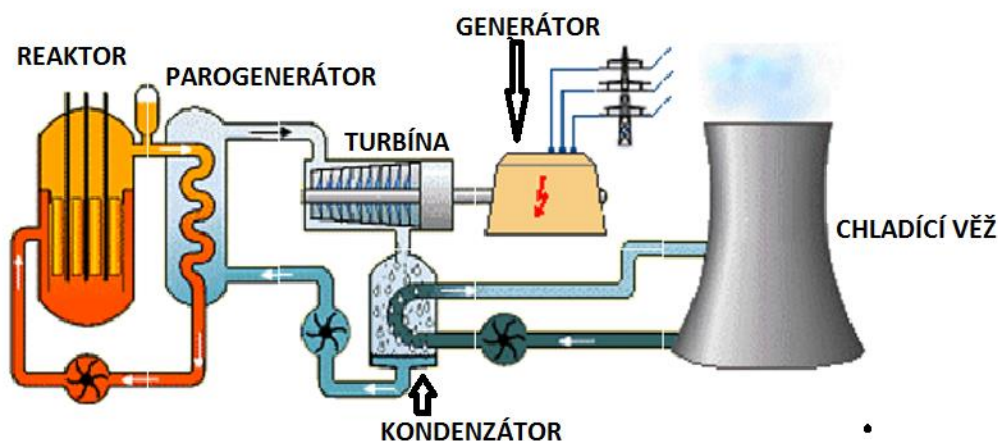
Název elektrárny	Typ reaktoru	Výkon (MW)
Dukovany	VVER 440	4 x 510
Temelín	VVER 1000	2 x 1082

Zdroj: Vlastní zpracování dle: [8]

Palivo po vyhoření obsahuje až 96 % energie, proto se uskládá v meziskladech za účelem jeho budoucího využití. Dosud známé metody na získání další energie z vyhořelého paliva jsou zatím finančně nevýhodné.

Jsou vyvíjeny reaktory s urychlovačem protonů schopné využít více energie z jaderného paliva. [9]

Obr 6. Celkové schéma jaderné elektrárny



Zdroj: [30]

2.2.3 Vodní elektrárny

Síla vodní energie byla využívána už od nepaměti. Zprvu sloužil vodní tok k přepravě osob, materiálu a potravin. Později bylo vynalezeno vodní kolo, které lidem usnadňovalo práci. Vodní tok představuje teoreticky nevyčerpatelný obnovitelný zdroj minimálně po dobu života člověka na Zemi. Koncem 19. století byly zprovozněny první vodní elektrárny. Mezi výhody vodních elektráren patří jejich pohotovost, vysoká účinnost a ekologičnost, jelikož vodní elektrárny nemají téměř žádný zbytkový odpad a nevyklučují velká množství nebezpečných látek. Nevýhody představují především změny okolní krajiny nebo změny přirozeného prostředí určitých druhů živočichů. [3]

Z energetického pohledu jsou výhodné řeky pro stavbu velkých elektráren pouze Morava, Labe a Vltava. Na poslední zmíněné řece byla ve 20. století vybudována Vltavská kaskáda. Zbytek větších řek je vhodný spíše pro menší vodní díla z důvodu kolísání průtoku vody a malých spádů. [5]

Ve vodních elektrárnách je využívána potenciální a kinetická energie vodního toku, která dopadá na lopatky turbíny. Turbína je spojena s generátorem pomocí hřídele. Takže při otáčení turbínou pomocí vodní energie dochází k přeměně této energie na elektrickou pomocí generátoru. [5] [10]

Pro výrobu elektrické energie jsou využívány hydroalternátory. Jedná se o synchronní generátory s vyniklými póly, díky kterým je možnost dosáhnout nižších synchronních otáček se zvyšujícím se počtem pólů. Hydroalternátory v praxi obsahují desítky vyniklých pólů. [4] V malých vodních elektrárnách je nejčastěji využíváno asynchronních generátorů. [10]

Z hlediska velikosti spádu jsou elektrárny nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké. U nízkotlakých elektráren spád nepřevyšuje hodnotu 20 metrů. Jedná se nejčastěji o průtočné elektrárny, kde je ve většině případů využívána Kaplanova turbína. Středotlaké elektrárny se vyznačují vodním spádem v intervalu od 20 do 100 m. V těchto elektrárnách je nejčastěji využíváno Francisovy nebo Kaplanovy turbíny. Ve vysokotlakých elektrárnách spád převyšuje 100 m. Zde jsou hojně využívány Peltonovy turbíny. [4]

Dle využití vodního toku lze elektrárny rozdělit na jezové, přehradové, derivační, přečerpávací, přílivové elektrárny a malé vodní elektrárny. Jezové elektrárny jsou závislé na průtoku vody, kde nedochází k její akumulaci. Lze tedy tyto elektrárny označit jako průtočné zapadající do nízkotlaké kategorie. Velikost průtoku se mění v závislosti na ročním období. Jezové elektrárny získávají spád pomocí jezu, který vzedme vodní hladinu. Jedná se o elektrárny patřící do základního typu zatížení. V přehradové elektrárně byl získán spád pomocí hráze, před kterou dochází k akumulaci vody. Tento typ elektrárny se řadí do špičkového zatížení. Strojovna může být uložena přímo ve vodní hrázi nebo v patní části mimo hráz. Velikost spádu se zde značně liší, nejběžněji však patří mezi středotlaké nebo vysokotlaké elektrárny. V derivačních elektrárnách je přepažena část toku. Takto přepažená část je položena výše než dno řeky, přičemž na konci vzniká požadovaný rozdílový spád. Energie z přepažené části řeky může využívat i více po sobě jdoucích elektráren. Po využití energie je voda pomocí kanálu vrácena zpět do koryta řeky. Přečerpávací elektrárny se staly důležitou součástí diagramu zatížení. Jejich úkolem je co nejvíce linearizovat průběh diagramu. Při nízkém zatížení se voda přečerpává do horní nádrže, odkud je posléze vypouštěna pro výrobu energie na pokrytí špiček zatížení v průběhu dne. Přečerpávací elektrárny by měly mít co největší možný spád a pokud možno co největší kapacitu horní nádrže. Voda do horní nádrže může být vháněna pouze za pomoci přečerpávání ze spodní nádrže, takovýto typ představují například Dlouhé Stráně. Nebo je horní nádrž tvořena přehradní hrází, která akumuluje energii a zároveň dolní nádrž slouží jako vyrovnávací, která navíc obsahuje průtočnou elektrárnu. Je zde užíváno Francisovy reverzní turbíny. Příkladem je soustava elektráren Dalešice – Mohelno.

Přílivové vodní elektrárny využívají rozdílu výšky hladiny mezi přílivem a odlivem. Tento typ elektráren se v České republice nevyskytuje, jelikož na žádné řece není potřebná změna výšky hladiny. Řeka je přehrazena pomocí hráze, ve které jsou umístěny reverzně fungující turbíny. Malé vodní elektrárny pracují jako průtočné elektrárny, které získávají energii z malých toků. Jsou zde využívány upravené Francisovy nebo Kaplanovy turbíny. Malé vodní elektrárny jsou rozděleny do podskupin dle výkonu vodního díla (Tab. 3) [4] [2]

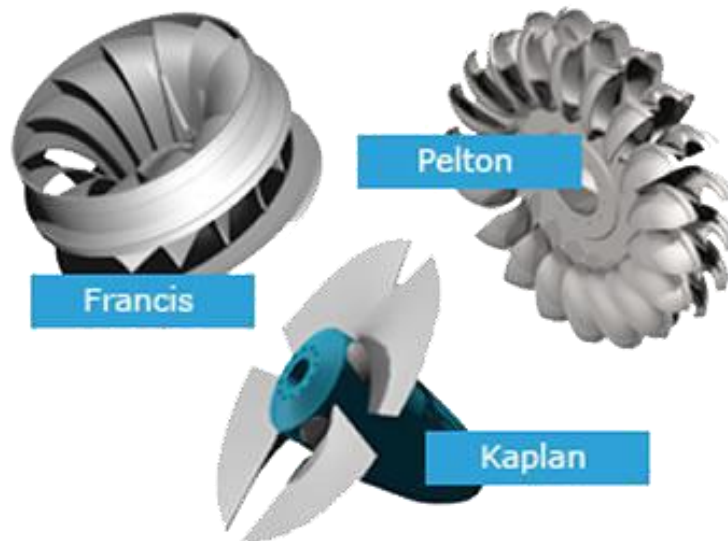
Tab.3 Rozdělení malých elektráren

Název	Výkon vodního díla (kW)
Mobilní zdroje	<2
Mikrozdroje	<35
Minielektrárny	>35
Drobné vodní elektrárny	<60
Průmyslové elektrárny	>60
Závodní elektrárny	>60
Elektrárny pracující do veřejné sítě	>100

Zdroj: Vlastní zpracování dle: [2]

Pro správnou funkci vodního díla je důležité vybrat vhodný typ turbíny. Peltonova turbína pracuje pod neměnným atmosférickým tlakem vody při dopadu vody na lopatky i při jejím odvedení z nich. Proto je tato turbína označována jako rovnotlaká. Voda je vháněna na lopatky tvarem připomínající dvě lžice nebo číslici 3 pomocí dýz, ze kterých stříká voda ve tvaru paprsku. Při zasouvání a vysouvání jehly v dýze se dosahuje změny výkonu na turbíně. Francisovo řešení turbíny je celkově nejvíce využíváno ve vodních elektrárnách. Pomocí natáčení lopatek rozváděcího kola je možné měnit velikost průtoku. U oběžného kola jsou lopatky nepohyblivé, nejčastěji navařené. Pro široké uplatnění těchto turbín přispívá i fakt, že tyto turbíny lze provozovat reverzně. Řešení Francisových turbín je přetlakové, v turbíně dochází ke změně tlaku. U Kaplanovy turbíny oběžné kolo čítá 3 až 10 lopatek v závislosti na velikosti spádu. Na této turbíně lze natáčet lopatky u rozváděcího, tak i oběžného kola. Jedná se o přetlakové řešení turbíny. Kaplanova turbína se využívá i ve formě modifikací, například přímoproudé nebo vrtulové. [1] [4] Na obrázku (Obr. 7) jsou zobrazeny popisované turbíny.

Obr. 7 Druhy vodních turbín [31]



Zdroj: [31]

2.2.4 Fotovoltaické elektrárny

První zařízení na získání energie z fotovoltaického článku se datují k 19. století. Jejich účinnost dosahovala okolo 1 %. Další pokrok ve vývoji přineslo až postupné zdokonalování techniky a Albert Einstein, který popsal fotovoltaický jev. Fotovoltaické články se ve velkém začaly jako prvoplánové používat v kosmických zařízeních. Mezi běžné lidi se začaly dostávat nejdříve v menších zařízeních jako například v kalkulačkách. Na zásadním rozšíření získávání energie ze slunečního svitu mají zásluhu dotační programy. [10]

V polovodičovém materiálu při dopadu fotonu ze slunečního záření dochází k uvolnění elektronu z jeho valenčního pásu do vodivostního za vzniku elementárního kladného náboje na místě dopadu. Dále jsou elektrony odváděny vnějším obvodem a na PN přechodu vzniká napětí a proud účinkem působení světla. [10]

Nejpoužívanější polovodičový materiál je křemík. V prvních zařízeních byl obsažen v monokrystalické podobě, ovšem později byl kvůli pořizovacím nákladům využit křemík multikrystalický, který v dnešní době dosahuje už jen lehce nižších hodnot účinnosti oproti křemíku monokrystalickému. Ztráty odrazem záření při dopadu slunečního záření činí u křemíku přes 30 %. Odrazové ztráty lze minimalizovat použitím antireflexních vrstev. Je důležité chránit fotovoltaické články před přírodními vlivy jako jsou například krupobití nebo silný vítr. Ochrana je prováděna pomocí tvrzeného skla z vrchu, boky jsou z hliníku a zadní strana je z vícevrstvé plastové folie nebo opět tvrzeného skla. [10] [11]

Fotovoltaické články lze rozdělit dle postupného vývoje. Prvogenerační články jsou vytvořené z monokrystalického křemíku. Jejich účinnost se pohybuje okolo 14-17 %. Druhogenerační články obsahují nižší vrstvu křemíku ve formě polykrystalické nebo amorfni. Oproti prvotním mají kvůli snížení čistoty křemíku nižší účinnost dosahující okolo 10 %. Ve třetí generaci článků je brán zřetel na co největší využívání slunečního záření. Snaha je o co nejvyšší využití vícevrstvých profilů, s cílem najít způsob nahrazení PN přechodu. Jedná se stále o probíhající vývoj na laboratorní úrovni. Čtvrtá generace panelů bude umět využívat sluneční záření o různé vlnové délce. Vícevrstvé řešení by mělo rapidně zvyšovat účinnost článku. Jedná se zatím spíše o teoretické řešení. [10]

Aplikovat fotovoltaické systémy lze ve třech způsobech provozu. Autonomní systémy obsahují kromě fotovoltaických panelů akumulátorové baterie s elektronikou, která je schopna například měnit průběh výstupního napětí na střídavé. Toto provedení je vhodné pro užití tam, kde je obtížně dostupná energie z elektrizační soustavy, například horské chaty. Systémy připojené k elektrické síti dodávají získanou elektrickou energii do elektrizační soustavy. Dle zapojení je zde možnost buď využít část získané energie pro využití v objektu, kde byla energie vyrobena, nebo druhý typ zapojení dodává všechnu získanou energii do sítě. Hybridní systém slučuje obě předchozí provedení. Dosahuje nejefektivnějšího využití energie pro výrobní objekt. Tento systém umí pokrýt výkonové špičky spotřebičů dodáním přebytečné energie získané z výroby. [10] Na obrázku (Obr. 8) je zobrazen hybridní systém.

Obr. 8 Hybridní fotovoltaický systém



Zdroj: [10, s. 75]

2.2.5 Větrné elektrárny

Za průkopníka větrné energie lze považovat Dánsko, kde byla také spuštěna první větrná elektrárna. Větrné elektrárny začaly zažívat rozmach po roce 1970 kvůli vysoké ceně ropy a snahy o minimalizaci dopadu výroby elektřiny na životní prostředí. [9]

Větrné elektrárny využívají energii z větru. Vítr předává vrtuli svou kinetickou energii a roztáčí vrtule elektrárny za vzniku mechanické energie, která je posléze zužitkována v generátoru za vytvoření elektrické energie. Větrné elektrárny v České republice dodávají energii do elektrizační soustavy v průměru jeden až tři měsíce v roce. Jejich výroba je proměnlivá a obtížně předvídatelná. [10]

Ve větrných elektrárnách jsou využívány synchronní i asynchronní generátory. Asynchronní generátory mají výhodu nižších pořizovacích nákladů, vyšší spolehlivosti provozu, snadnějšího přifázování k síti a snadného rozběhu. Naopak jejich nevýhodou je vcelku malé rozpětí provozních otáček a odběr magnetizačního proudu induktivního charakteru. Synchronní generátory mají technologicky složitější zařízení pro výrobu a dodávku energie do sítě. Pro jejich využití pro širší spektrum otáček je zapotřebí pomoci usměrňovače usměrnit vyrobenou elektrickou energii a následně ji pomocí střídače rozstřídat na frekvenci sítě. [10]

Dle typu použitého větrného motoru lze větrné elektrárny rozdělit na odporové a vztlakové. Odporové motory vychází z předpokladu, že vhodně tvarovaná vrtule představuje odpor proudícímu větru. Tento aerodynamický odpor má za následek vznik síly otáčející vrtulí. Pro výrobu energie musí být rychlost otáčení vrtule nižší než rychlost větru. Účinnost těchto motorů je mezi 15 až 23 %. Vztlakové motory mají horizontální osu otáčení s kolmou orientací na proudící vítr. Vrtule zpomalují větrné proudění a přebírají si část větrné energie. Toto proudění lze popsat rovnicí kontinuity. Jejich provedení je jednodušší než u odporových motorů, dvoulisté a třílísté. Jejich bezespornou výhodou oproti odporovým motorům je účinnost dosahující i hodnot přes 40 %. Obvodová rychlost na konci vrtulí může několikanásobně překročit rychlost proudění větru. Tyto vztlakové typy se rozbíhají při rychlosti větru nad 5 m/s. Při rychlostech větru dosahujících 15 m/s dosahují maximálního výkonu. [10] [11]

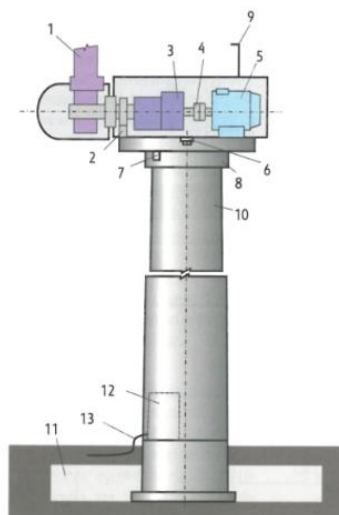
Regulace výkonu elektráren Stall metodou vychází z pevného uchycení lopatek k rotoru a regulace probíhá pomocí změny geometrie listů vlivem proudícího větru.

U regulace typu Pitch lopatky mění svůj úhel náběhu v závislosti na výkonu generátoru.

Regulace Stall-Pitch při roztáčení rotoru využívá metodu Pitch, při dosažení vyšších otáček se začne na lopatkách projevovat přetížení a lopatky jeho vlivem začnou měnit svou geometrii po vzoru metody Stall. [10]

Sestava větrné elektrárny je popsána v knize Obnovitelné zdroje elektrické energie takto: „Větrná elektrárna se skládá z následujících základních částí: 1 – větrný motor s rotorovou hlavou, 2 – brzda rotoru, 3 – převodovka, 4 – spojka, 5 – generátor, 6 – servopohon pro natáčení strojovny, 7 – brzda strojovny, 8 – ložiska, 9 – senzor pro snímání rychlosti a směru větru, 10 – tubus elektrárny (stožár), 11 – betonový základ elektrárny, 12 – elektrorozvaděče silnoproudého zařízení a řídicího obvodu, 13 – elektrická přípojka.“ Tato sestava je vyobrazena na obrátku (Obr. 9) [10, s. 44]

Obr. 9 Schéma větrné elektrárny



Zdroj: [10, s. 45]

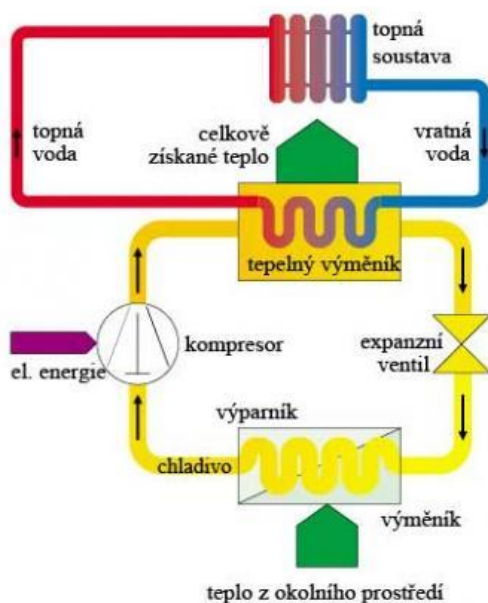
2.2.6. Geotermální elektrárny

2.2.6.1 Systémy využívající nízkopotenciální energii

Tepelná energie vyzařovaná ze zemské kůry dosahuje hustoty 57 mW/m^2 . Jedná se o nízkou hodnotu energie vzniklou nejčastěji štěpením prvků v jádru planety nebo energii vzniklou při pohybu litosférických desek. Tuto tepelnou energii jsou schopny nejčastěji využívat tepelná čerpadla. Tepelné čerpadlo odebírá ve výparníku teplo pocházející ze zdroje s nízkou hodnotou energie, dochází k vypařování chladiva ve výparníku a následuje stlačení páry.

Ta předává svou kondenzační tepelnou energii ohřivané látce za následnou změnou páry chladiva na kapalinu (Obr. 10). Dle původu tepla a skupenství, kterému je předáváno posléze teplo pro vytápění, lze rozdělit čerpadla na typy voda-voda, země-voda, vzduch-voda a pro klimatizační zařízení se jedná o systém vzduch-vzduch. [10] [11]

Obr. 10 Schéma tepelného čerpadla



Zdroj: [32]

Zapojení tepelného čerpadla lze provést monovalentně či bivalentně. Monovalentní způsob zapojení je málo využíván. Je dodáváno teplo jen pomocí tepelného čerpadla. Z důvodu předimenzování systému se zvyšuje cena a v určitých částech roku není využito všech výkonových možností čerpadla. Bivalentní zapojení využívá kooperace tepelného čerpadla a pomocného zdroje. Pomocný zdroj představuje například plynový kotel. [10]

2.2.6.2 Systémy využívající vysokopotenciální energii

Metoda suchých par je založena na principu získávání páry ze země, kde byl proveden hluboký vrt. Pro dosažení vyšší účinnosti cyklu je po využití energie z páry vrácen kondenzát zpět do vrtu. Tato metoda nemá pro budoucí rozvoj energetiky příliš smysl, jelikož místa vhodná pro těžbu jsou už obsazená nebo vyčerpaná. Metoda mokrých par využívá vody o minimální teplotě 160 °C získané buď stoupající zeminou pomocí tlakových přivaděčů, nebo čerpáním. Voda při čerpání se mění z důvodu snižování tlaku na mokrou páru. V separátoru se odděluje pára od kapiček vody a je posléze využita v turbíně. Účinnost systému mokrých par dosahuje 12 až 25 % v závislosti na teplotě získávané vody. [10]

Systemy mokrých par v geotermálních elektrárnách pracují buď na systému Flash, který obsahuje kotel fungující jako cyklonový odlučovač. Obvyklý výkon elektráren typu Flash dosahuje 30 MW. Vylepšená verze systému Flash je systém Double Flash. Ten navíc mimo využití páry vyšších parametrů za kotlem využívá páru o nižších parametrech v přidaném parním bubnu, ze kterého je následně zužitkována v nízkotlaké části turbíny. Další možnost elektrárny je založena na principu pozemního výměníku, kde dochází k čerpání vody na povrch. Ve výměníku předává svou tepelnou energii za vzniku páry směřující k turbíně v sekundárním okruhu. Čerpaná voda se po předání energie vrací zpět do vrtu. [10]

Metoda HDR využívá hloubky vrtů v rozmezí 5 až 6 km, tam teplota dosahuje v průměru 200 °C. Této metody lze využít i v regionech, které nejsou pro předchozí metody výhodné. První geotermální elektrárna tohoto typu je plánována na území České republiky v Litoměřicích. V místě elektrárny se nachází neprostupná hornina, do které jsou vytvořeny vrty, do nichž se pod tlakem čerpá voda za vzniku trhlin v hornině. Dalšími vrty je ohřátá voda o horninu dopravena zpět na zemský povrch, kde je následně využita v elektrárně. Nevýhodou tohoto systému je vznik menších zemětřesení v okolí vrtů. [10]

3.0 Rozvod elektrické energie

Rozvod elektrické energie musí být proveden tak, aby nedocházelo k ohrožení osob a zařízení. Musí být zajištěno, aby nedošlo k neoprávněnému zásahu nepovoláných osob a ani při poruchovém stavu zařízení nevznikla možnost ohrožení osob či ostatních zařízení. Důležité je, aby byla dodržována velikost napětí, která souvisí s účinností a životností zařízení. Vodiče musí být navrženy tak, aby dosahovaly co nejnižších ztrát výkonů s ohledem na průřez vodiče. Jednotlivé prvky elektrizační soustavy musí být navrhovány tak, aby při provozování v trvalé nejvýše dovolené teplotě nedošlo k jejich degradaci. Dále musí prvky soustavy vykazovat danou odolnost vůči mechanickému zatížení. Je důležité, aby při poruchovém stavu vedení došlo k rychlé selekci a odpojení postižené části. [12]

Po vyrobení elektrické energie pomocí generátoru v elektrárně je zapotřebí před následným přenosem na větší vzdálenosti zvýšit napětí pomocí blokového transformátoru a tím snížit velikost přenosového proudu, který by se ve vodičích měnil na neužitečné teplo. To má za následek snížení ztrát při přenosu elektrické energie. Transformátor je elektrický stroj pracující na principu elektromagnetické indukce. Obsahuje dvě cívky sdílející jádro transformátoru.

Přiložením střídavého napětí na primární vinutí jím začne protékat proud, který vytvoří střídavý magnetický tok, jenž zasahuje i do sekundární cívky za vzniku napětí. Připojením zátěže na svorky sekundárního vinutí začne sekundárním obvodem protékat proud a dochází k dodávání výkonu. Aby transformátor fungoval, musí být přiváděno střídavé napětí o stálém kmitočtu. [13] [14]

Elektrická energie se ve velkém měřítku prozatím vyznačuje svou neskladovatelností. Pro správný chod elektrizační soustavy je důležité, aby vyrobená elektrická energie byla v rovnosti s energií spotřebovanou včetně ztrát. [15]

Dodávaná elektrická energie musí dle normy ČSN EN 50160 dosahovat stanovených kvalit. Frekvence v sítích se synchronním připojením nízkého a vysokého napětí musí dosahovat hodnot 50 Hz \pm 1 % po 99,5 % roku. Dále po dobu 100 % času frekvenci 50 Hz + 4 %, 50 Hz -6 %. V průběhu týdne musí 95 % hodnot dosahovat odchylky pod 10 % efektivní hodnoty napětí. Z hlediska přepětí v sítích nízkého napětí může napětí dosáhnout 1,5 kV po dobu 5 s. Špičkové přepětí nesmí přesáhnout hodnotu 6 kV. [16]

Dle normy ČSN EN 60038 musí být v desetiminutových intervalech naměřeno 99 % hodnot odpovídající odchylkám efektivních hodnot napětí \pm 10 % na 110 kV a 220 kV. V sítích 400 kV je přípustná maximální odchylka \pm 5 %. [16]

Napětí lze rozdělit z hlediska jeho velikosti rozdělit do šesti základních hladin (tab. 4.).

Tab. 4. Rozdělení napětí

Název	Velikost napětí
Malé napětí	do 50 V
Nízké napětí	do 1000 V
Vysoké napětí	do 52 kV
Velmi vysoké napětí	do 300 kV
Zvláště vysoké napětí	do 800 kV
Ultra vysoké napětí	nad 800 kV

Zdroj: [17]

Elektrizační soustava je soubor spolupracujících zařízení sloužící k dodání elektrické energie od výroby až k jejímu spotřebování. Je tvořena výrobnami, přenosovými sítěmi a stanicemi. Pomocí přenosové soustavy je přenášen výkon z elektráren na větší vzdálenosti. Kvůli svému významu se tato síť také označuje jako nadřazená. Následně je přenosová soustava propojena s distribuční soustavou, která má za úkol dodat energii ke koncovým uživatelům. Česká republika je za účelem propojení a spolupráce elektrizačních soustav s okolními státy členem Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity. [16] [17]

Elektrizační soustavy s jinými státy lze propojit synchronně nebo asynchronně. Synchronní propojení přímo propojuje vedení, které mají shodný kmitočet. Asynchronní propojení spojuje síť, které mají odlišný kmitočet pomocí stejnosměrných spojek. Sinusový průběh proudu se usměrní a poté je znovu rozstředěn na požadovanou frekvenci. [14]

Z hlediska požadavků na dodávky energie lze rozdělit dodávky do tří důležitostních stupňů. V prvním stupni jsou obsažena zařízení, která se nesmějí ocitnout bez přísunu energie. Například nemocnice, letiště a datová centra. Zařízení v tomto stupni musejí mít svůj vlastní záložní zdroj energie. Ve druhém stupni důležitosti jsou zařízení nezávislá na stálé dodávce energie. Při výpadku energie nedojde k ohrožení lidských životů nebo značným ekonomickým ztrátám. Není zde vyžadován záložní zdroj. Tento stupeň je možno nalézt často v průmyslu. Třetí stupeň důležitosti obsahuje menší odběratele energie, u kterých není důvod zavádět zvláštní patření při výpadku energie, protože často nevznikají velké ekonomické škody. Výjimkou jsou počítačové sítě, pro které je použit dodatečný záložní zdroj. [18]

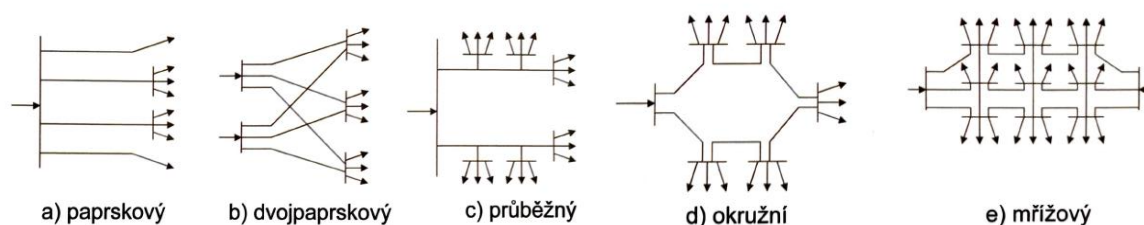
3.1 Rozdělení silnoproudých rozvodů

Silnoproudý rozvod je tvořen vodivými cestami, které vedou od výroby elektrické energie až k jejímu koncovému uživateli. Je tvořen vodiči a elektrickými stanicemi. Elektrické stanice jsou různých druhů - transformovny, měnící, kompenzovny, spínací stanice. Zmíněné stanice mohou mít rozličnou výbavu - měřiče, jističe, spínací prvky včetně dalších zařízení potřebných pro bezproblémový chod soustavy. [18]

Paprskový rozvod je z hlediska spolehlivosti nejméně spolehlivý. Proto není využíván v zařízeních prvního stupně důležitosti. Na druhou stranu se jedná o finančně nejvýhodnější řešení rozvodu. Tato síť je napájena pomocí jednoho zdroje. Jednotlivá zařízení nebo části sítě jsou napájeny svým paprskem.

Při poruše daného paprsku jsou vyřazeny zařízení nebo části sítě, které tento paprsek napájí bez možnosti zastoupení jiným paprskem (Obr. 11a). [17] [18] Dvojpaprskový rozvod se skládá ze dvou napájecích zdrojů. Každý zdroj napájí svou paprskovou síť, při poruše zdroje je nahrazen pomocí druhého díky podélnému propojení rozvaděčů a tím zaručit nepřerušeni dodávky energie. Toto zapojení lze využívat v prvním stupni důležitosti (Obr. 11b). [18] Průběžný rozvod má dlouhou délku průběžného vedení, ze kterého jsou vyvedeny odbočky pro napájení zařízení či rozvodnic. Na tomto vedení je kontrolován úbytek napětí z důvodu realizace vedení na dlouhé vzdálenosti. Spolehlivost tohoto vedení je na úrovni paprskového rozvodu (Obr. 11c). [18] Okružní rozvod se vyznačuje vyšší spolehlivostí, protože ke každému odběrovému místu je přístup ze dvou směrů. Při poruše je rozvod provozován jako dva paprskové rozvody, tudíž nedojde k odstavení jeho částí od přívodu energie (Obr. 11 d). [18] Hřebenový rozvod je podobný okružnímu s tím rozdílem, že jsou paprsky v místě soustředěného odběru navzájem propojeny. Zároveň je přípustné, aby každý paprsek měl své odbočky. [18] Mřížový rozvod je napájen minimálně ze dvou napájecích zdrojů. Podružné rozvaděče jsou společně propojené alespoň ze dvou větví. Jsou zde využívány vodiče stejného průřezu. Tato síť se vyznačuje vysokou spolehlivostí, avšak nákladnější pořizovací cenou (Obr. 11e). [18]

Obr. 11. Druhy rozvodů



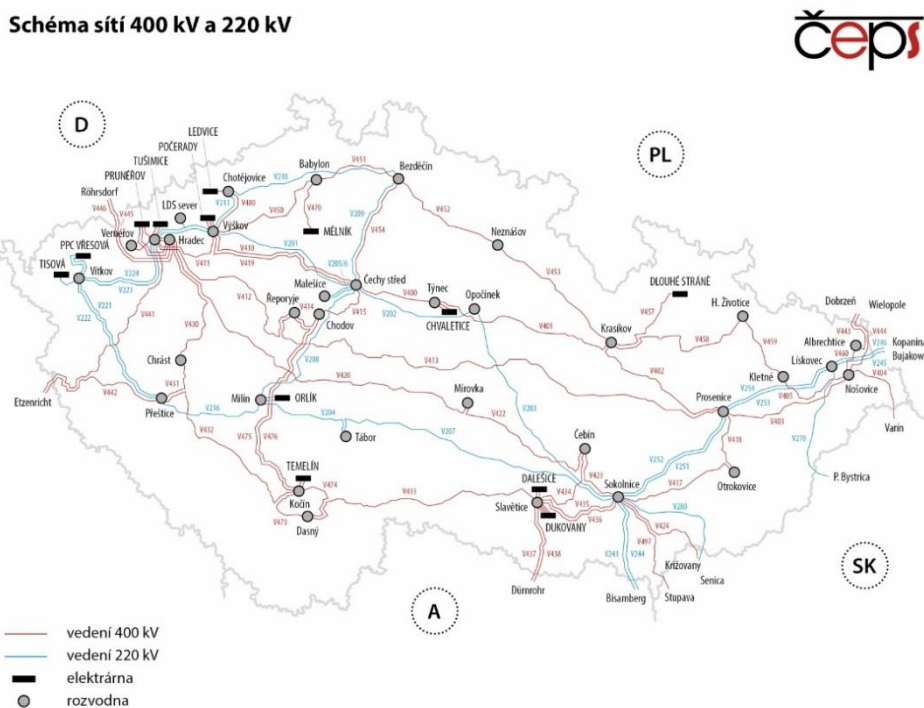
Zdroj: [16, s. 19]

3.2 Přenosová soustava

Na území České republiky se začala budovat přenosová soustava do dnešní podoby v polovině 20. století. V počátku se nahrazovalo původní napětí 110 kV napětím 220 kV. Vedení bylo budováno dle umístění velkých výroben elektrické energie tak, aby byla možnost dále rozvádět energii po celé republice. Od šedesátých letech 20. století se začala výhradně stavět přenosová soustava pod napětím 400 kV. [14]

V České republice tvoří přenosová soustava hlavní tepnu při přenášení elektrické energie. Je složena ze sítí zvláště vysokého a velmi vysokého napětí, přesněji 400 kV, 220 kV a částečně 110 kV. Jedná se o okružní typ sítě. Tato nadřazená soustava se stará o hlavní rozvod energie z velkých elektráren po republice, ale je i propojena se zahraničními soustavami, se kterými spolupracuje, jak již bylo popsáno v kapitole 3.0. Přenosová soustava je konstruována tak, aby dosahovala vysoké spolehlivosti přenosu energie bez přerušování. Na rozdíl od distribuční soustavy, u přenosové dochází k vzájemné spolupráci sítě díky jejímu propojení. Celkové vedení přenosové soustavy v České republice včetně znázornění přeshraničního propojení soustav je zdokumentováno na obrázku (Obr. 12) [17] [16]

Obr.12 Schéma elektrizační soustavy



Zdroj: [20]

Přenosová soustava jde rozčlenit na dva typy vedení. Blokovaná vedení se nacházejí v elektrárnách a mají za úkol přenést vyrobenou energii včetně transformace napětí z elektrárny. Přenosová vedení vedou elektrickou energii pouze mezi dvěma rozvodnami. [19]

Jediným provozovatelem přenosové soustavy je společnost ČEPS a.s. Veškeré akcie společnosti ČEPS a.s. vlastní Ministerstvo průmyslu a obchodu. Tato společnost musí pomocí systémových služeb udržovat kvalitu dodávané energie dle Kodexu PS a zajistit spolehlivé dodávání energie.

Pomocí přenosových služeb spolupracovat s distribučními sítěmi a okolními státy a zajistit dodání požadovaného množství elektrické energie. Podpůrnými službami měnit velikost rozdílu výroby a spotřeby elektrické energie. Zajistit rozvoj a udržování funkčního a technického stavu soustavy. [19]

Společností ČEPS je provozováno vedení o celkové délce 5601 km. Jednotlivé délky úseků včetně jejich napěťových hladin jsou popsány v tabulce (Tab. 5).

Tab. 5 Délky vedení společnosti ČEPS

Druh vedení	Délka
400 kV	3780 km
220 kV	1737 km
110 kV	84 km

Zdroj: Vlastní zpracování dle: [20]

3.3 Distribuční soustava

Distribuční soustava je napájena pomocí přenosové a také do ní pracují menší elektrárny. Má za úkol dovést energii ke koncovým uživatelům jako jsou například domácnosti nebo i průmysl. Oproti přenosové soustavě je rozvod energie prováděn na kratší vzdálenosti pomocí nižších hladin napětí. Distribuční soustava se skládá z více úrovní napětí. Od velmi vysokého, které zastupuje 110 kV, po nízké. [14] [16]

Soustava 110 kV tvoří základní pilíř distribuční soustavy. Do této 110 kV sítě pracují i menší elektrárny o výkonu jednotek až desítek MW. Tato napěťová hladina je také přiváděna do závodů těžkého průmyslu. V současnosti sítě nejčastěji pracují nezávisle na sobě, kdy je daná oblast připojena na přenosovou soustavu. Tento typ vedení je prováděn jako vícenásobný, to znamená, že na jednom stožáru je více vedení najednou. V České republice se nejčastěji setkáváme s dvojitým vedením. Typ rozvodu je zde okružní s distančními ochranami. Rozvody pod tímto napětím dosahují stejné spolehlivosti jako vedení přenosové soustavy. [16]

Distribuční sítě vysokého napětí jsou nejčastěji provozovány napětím 35 kV a 22 kV, které nahrazují již dosluhující 3, 6 a 10 kV.

Většina distribučních sítí tohoto napětí je vedena pomocí paprskového rozvodu, ale lze se taktéž setkat s rozvodem průběžným. Větší městské zástavby jsou řešeny buď pomocí okružního nebo dvojpaprskového rozvodu. [16]

Poslední typ distribuční soustavy jsou sítě nízkého napětí. Jedná se o závěrečný úsek před dodáním elektrické energie spotřebitelům. Řešení je prováděno pomocí rozvodu paprskového nebo průběžného. V městských zástavbách, které jsou hustěji osídlené, se často využívá mřížového řešení. [16]

Provoz distribuční soustavy mají na starosti tři firmy. E.on Distribuce a.s. zásobuje jižní část České republiky, přesněji kraje od Jihočeského po Zlínský. ČEZ distribuce a.s. se podílí na dodávkách energie od Karlovarského až po Moravskoslezský kraj. Poslední část, tedy pro Hlavní město Prahu distribuuje energii PREDistribuce a.s. Podrobné rozdělení distribucí je na obrázku (Obr. 13).

Obr. 13 Distribuce dle firem



Zdroj: [33]

3.4.1 Provedení domovního rozvodu a připojení z distribuční soustavy

Domovní přípojku lze provést pomocí dvou způsobů v závislosti na dostupnosti v dané lokalitě. První způsob připojení je pomocí venkovního vedení. Minimální vzdálenost vedení od země je 5,5 m. Vodiče AlFe jsou přivedeny z nejbližšího sloupu ke konzole na domě, odkud posléze vedou už izolované vodiče ve zdi domu. Je také možnost svést po sloupu kabel, který se dále přivádí zemí do hlavní domovní skříně. Druhý způsob připojení je pomocí kabelového vedení. Dle ČSN 33 200-5-52-ed2 musí být nad a pod kabelem 10 cm vrstva písku, která poskytuje oporu kabelu.

Z bezpečnostních důvodů a také kvůli zpevnění půdy se nad vrchní písčnou vrstvou nachází tvrdý materiál ve formě cihel nebo tvárnic a v okolí kabelu na ně se nanese zemina. Následně musí být na zeminu položena červená fólie signalizující kabelové vedení a posléze znovu zasypana zeminou. Poslední a nejsvrchnější vrstvu tvoří samotný povrch, v závislosti na tom, kde je kabel veden (silnice, chodník apod.). Kabelová přípojka vedoucí hlavní domovní skříní je připojena na distribuční kabelové vedení pomocí čtyřžilového kabelu. [17]

Domovní vedení je nejčastěji provedeno pomocí izolovaných měděných vodičů. Uložení je prováděno dvou až pěti žilově do stěny ve vodorovném nebo svislém směru vedení, nebo jednožilově do instalačních trubek nebo lišt. [18]

3.4.2 Provedení připojení a rozvodu v průmyslových závodech

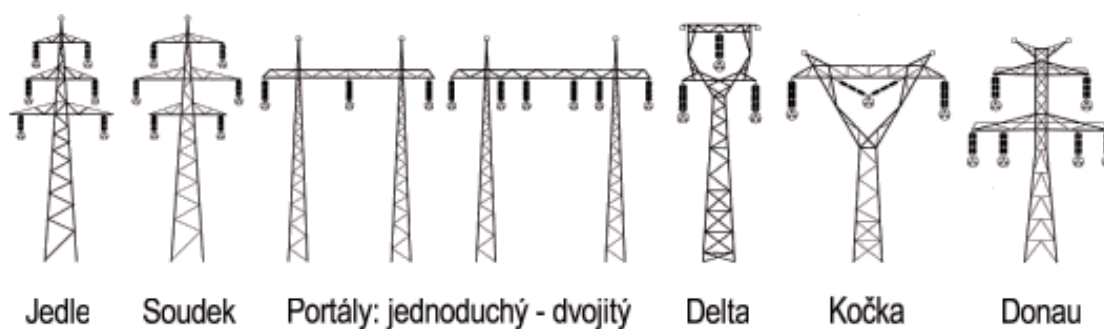
Dle velikosti přenášeného výkonu se v průmyslu volí hladina připojovacího napětí. Většina závodů je připojena k síti vysokého nebo velmi vysokého napětí pomocí napájecího transformátoru. Za sekundární stranou transformátoru se vyskytuje napětí dle počtu připojených zařízení spotřebovávajících elektrickou energii. Jedná se buď o vysoké napětí nebo nízké napětí, které je využíváno pro menší spotřebiče. V průmyslu se vyskytují všechny tři stupně důležitosti, které byly popsány v kapitole 3.0. Kabely jsou pro rozvod uloženy nejčastěji na lávkách, roštech nebo hácích. V menších průmyslových závodech se často kabely vedou pomocí vybetonovaných prostorů pod zemí, které jsou překryty protiskluzovým plechem, tudíž je možnost po odklopení plechu se do nich dostat. Vodiče jsou zde uchyceny na lávkách nebo hácích. Druhá možnost rozvodu v průmyslu je přípojnicová. Jedná se o holé přípojnicové vodiče nejčastěji z hliníku vedoucí pod stropem objektu. Minimální výška pro umístění je 5 m nad zemí. Holé pásové vodiče jsou označeny oranžovou barvou pro fáze, světle modrou barvou pro neutrální pracovní vodič (N) a PE vodič zelenožlutou kombinací barev. [18]

3.5. Stožáry

Důležitou součástí přenosu elektrické energie jsou stožáry, které mají za úkol udržet nejčastěji holé vodiče nad zemí. Základní rozdělení stožárů dle jejich funkce je na nosné, výztužné mechanicky zpevňující vedení, odbočné, rohové, rozvodné, křížovatkové a koncové. [16]

Na stožáry je využívána řada materiálů: dřevo, beton nebo ocel. Příhradové stožáry z oceli jsou určeny pro přenos na velmi vysokém a zvláště vysokém napětí, vyznačují se svou vysokou pevností díky prutové konstrukci a možností postavit stožár do velikých výšek. V dnešní době se hojně využívá stožárů se širokou základnou, díky které je zvýšena mechanická odolnost stožáru a zároveň dojde k úspoře materiálu a tím i ceny. Zároveň je provedeno pozinkování z důvodu ochrany před korozi. Na vršek stožáru se připevňují zemníci lana, která při úderu blesku chrání silové vodiče pod nimi. Výhoda těchto stožárů je v takřka dvojnásobné životnosti oproti ostatním typům materiálů. Nevýhodami ocelových stožárů je vyšší pořizovací cena a náchylnost na povětrnostní vlivy. Typy příhradových stožárů jsou zobrazeny na obrázku (Obr. 14). Betonové sloupce jsou ze všech materiálů nejvíce rozšířené. Jejich užití lze taktéž nalézt na železnici pro přenos vysokého či nízkého napětí. Mezi výhody betonových sloupů se řadí jejich minimální náročnost na údržbu, naopak nevýhoda je jejich veliká hmotnost, která sťažuje dopravu a montáž sloupů. Pro dřevěné stožáry jsou nejhojněji využívány smrkové, dubové nebo kaštanové typy dřev. Stožáry se montují na betonové patky, jelikož je zakázáno je pokládat kvůli riziku hniloby přímo do země. Stožáry ze dřeva se nejčastěji využívají pro vedení s nízkým napětím, ale i v určitém typu krajiny pro vysoké napětí. Mezi výhody se řadí nízká pořizovací cena a přírodní vzhled, naopak nevýhody jsou změna mechanických vlastností sloupů v průběhu let z důvodu možné hniloby. [1] [16]

Obr. 14 Typy příhradových stožárů



Zdroj: [34]

3.7. Konzoly a izolátory

Konzoly slouží k přichycení vedení na podpěrný bod. K jejich aplikaci na sloup dochází před jeho postavením na určené místo. Pro betonové a dřevěné sloupy se využívá konzola typu pařát, delta nebo rovinná. Na příhradových podpěrných konstrukcích je využíváno rovinných konzol buď jednostranných nebo dvoustranných. [16]

Izolátory mají za funkci připevnit vodiče na konzolu a zároveň oddělují živé části vedení od stožáru. Jsou vyráběny nejčastěji z porcelánu, silikonu, skla, kompozitu nebo keramiky. Musí být stavěny tak, aby vydržely všechny mechanické, elektrické, a přírodní vlivy zejména extrémní teploty v zimě a povětrnostní náporů. Izolátory lze rozdělit dle uchycení na podpěrné a závěsné. Podpěrné se využívají na nosných a rohových stožárech. Tento typ izolátoru je charakteristický tím, že je na konzolu montován shora a jakoby podepírá vodič. Závěsné izolátory se využívají k uchycení vodiče pod konzolou. [1] [16]

Pro sítě nízkého napětí je využíváno roubíkových a kladkových izolátorů. Na sítích vysokého napětí se užívají roubíkové nebo talířové izolátory. Na velmi vysokém a zvláště vysokém napětí je několik talířových nebo tyčových izolátorů. [1]

3.8 Vodiče pro silnoproudý rozvod

Vodič slouží k přenosu elektrické energie, jedná se o elektricky vodivý materiál. Vodič se skládá z vodivého jádra a jeho izolace, tato dvojice společně tvoří žílu. Jádra jsou buď plná nebo složená. Složená jádra tvoří několik menších vodičů. U venkovních vodičů izolaci zpravidla tvoří okolní vzduch, tudíž tyto vodiče jsou označovány jako holé. Vodiče, které mají izolaci například z PVC označujeme jako izolované. [17]

Kabel je složen z několika žil, které jsou navíc potažené ještě společnou izolací. Izolace u kabelů se může skládat i z mnoha vrstev. [17] Kabelová vedení se nejvíce využívají na vedení vysokého a nízkého napětí ve městech. Avšak kabelové rozvody jsou finančně náročnější, při porovnání s venkovním vedením. [16]

Vodiče lze také rozdělit dle tvaru na kruhové, sektorové jejichž jádro svým vzhledem připomíná kruh rozdělený na oddělené čtvrtiny, trubkové, obdélníkové a trolejové. [17]

Venkovní vedení je konstruováno pomocí lan z kombinace kovových materiálů. Díky této kombinaci se zlepšují vlastnosti lan, jak pevnostní, tak z hlediska ztrát při vedení. Nejčastější kombinace materiálů je hliníkovo-ocelová. Ocel má za úkol plnit nosnou funkci, a tudíž se nachází uprostřed lana. Na ocel jsou navinuty hliníkové dráty, které hlavně slouží pro přenos elektrické energie. Hliníkové dráty lze navíjet na sebe i v několika vrstvách, důležité je dodržet rovnoměrné namáhání všech vrstev. Na venkovním vedení se nejčastěji využívají lana AlFe6, číslo 6 vyjadřuje zastoupení hliníku ku oceli, tudíž například průřez hliníku na laně je 300 mm^2 a průřez oceli je 50 mm^2 . V horských oblastech, kde často dochází k námrazám na vodičích se využívají z důvodu vyšší pevnosti lana AlFe3. Pro vedení zvláště vysokého napětí je využíváno z důvodu snížení ztrát skládání lan pro vedení jedné fáze, takto vedená lana se označují jako svazkové vodiče. [17] [21]

3.9. Rozdělení rozvodn

Rozvodny slouží ke spojení jednotlivých elektrizačních stupňů. Dle jejich umístění lze nalézt dvojího typu: venkovní nebo vnitřní. Rozvodnice jsou tvořeny z vypínačů, odpínačů, odpojovačů a přístrojových transformátorů. [18]

3.9.1 Vnitřní rozvodny

Mezi výhody vnitřních rozvodn patří jejich vyšší provozní bezpečnost a vyloučení působení přírodních vlivů. Řadí se zde kobkové, skříňové, zapouzďené a halové rozvodny. Kobkové rozvodny slouží pro rozvádění vysokého napětí a vyznačují se stavebně separovaným prostorem připomínajícím kobku pro každou odbočku a vývod. Přípojnice rozvodny se nacházejí v její vrchní části. Kobky jsou vybaveny nehořlavou stříškou, která zabrání přestupu případného požáru do další kobky. Skříňové rozvodny jsou konstruovány z oceloplechového materiálu, jenž svým tvarem připomíná skříň. Jedná se o rozvodny vysokého napětí, kde každá skříň je vázána na svou odbočku. Výhodou těchto rozvodn je jejich menší náročnost na prostory, jelikož část skříně je možno vysunout, ale pouze za vypnutého stavu. Zapouzďené rozvodny se využívají pro vysoké a velmi vysoké napětí, mají vodivé části zapouzďené pomocí pouzder nebo nádob, ve kterých je obsažen netečný plyn z důvodu vyšší elektrické pevnosti oproti vzduchu. Nejčastěji je využíváno plynu SF₆. Při provozu je důležité kontrolovat tlak plynu v zařízení. Zapouzďené rozvodny se vyznačují snížením prostorových nároků a to okolo 90 % oproti venkovním rozvodnám.

Halové rozvodny se dnes takřka již nevyužívají a byly nahrazeny předchozím typem rozvodu. Jedná se o technicky podobnou rozvodnu venkovního řešení, která je navíc zastřešena. [18]

3.9.2 Venkovní rozvodny

Jsou využívány na napětových hladinách velmi vysokého a zvláště vysokého napětí. Staví se v místech, kde obvykle nedochází k mlhám nebo častým náporům větru. Důležité je, aby rozvodna byla schopna se vypořádat se všemi klimatickými podmínkami, proto je u tohoto typu rozvodu využíváno větších vzdáleností živých částí. Dle provedení odboček jsou rozvodny jednořadové a dvouřadové, které mají odbočky z obou stran. [18]

4.0 Ztráty na jednotlivých elektrizačních stupních

Na ztráty elektrické energie lze pohlížet ze dvou pohledů. Na jedné straně jsou ztráty obchodní vznikající nelegálním odběrem elektrické energie. Jedná se o energii, která byla zužitkována koncovým uživatelem, ale tomuto uživateli nebyl odběr správně naměřen. Obchodním ztrátám na sítích nízkého napětí lze předcházet kontrolou elektroměrů. Na druhé straně jsou technické ztráty, jejichž energie nebyla zužitkována a přišla nazmar. Jedná se například o přeměnu elektrické energie ve vodičích na teplo. [22]

Celkové ztráty elektrické energie je možno vyjádřit pomocí rovnice:

$$\Delta W = \sum_1^k W_g - \sum_1^k W_v - \sum_1^k W_o \quad (\text{kWh}) \quad (4.1)$$

ΔW	celkové ztráty elektrické energie	(kWh)
$\sum_1^k W_g$	celková energie vyrobená v elektrárnách	(kWh)
$\sum_1^k W_v$	vlastní spotřeba energie při přenosu a výrobě	(kWh)
$\sum_1^k W_o$	energie dodaná spotřebitelům	(kWh)

4.1 Rozdělení technických ztrát

Technické ztráty lze rozdělit dle zatížení zařízení na ztráty naprázdno a nakrátko. Ztráty naprázdno vznikají při neodebírání elektrické energie. Jedná se o případ odlehčení sítě, která je stále pod napětím včetně průchodu menšího množství proudu z důvodu pokrytí ztrát v rozvodných zařízeních. Ztráty naprázdno lze měřit na motorech, transformátorech a

přístrojích. Ztráty nakrátko se tvoří při průchodu proudu vodiči nebo zařízením. Jsou závislé na velikosti proudu a odporu. [22]

Pokud nejsou ztráty závislé na zátěži, označují se jako stálé. Jedná se například o izolační ztráty svodem. Naproti tomu ztráty, které jsou závislé na zátěži, označujeme jako proměnné, které představují například Jouleovy ztráty. [22]

4.1.1 Jouleovy ztráty

Při průchodu proudu vodičem dochází v důsledku jeho činného odporu k přeměně části elektrické energie na tepelnou. To má za následek zahřívání vodičů a ztráty přenášené energie. Z tohoto důvodu je zvyšováno napětí pro účel přenosu elektrické energie na delší vzdálenosti. Jouleovy ztráty se určí pomocí obecného vzorce (4.3). Je záhodno, aby do výsledného vzorce pro Jouleovy tepelné ztráty byly společně zahrnuty činné a jalové složky proudu. Činitel zatížení nabývá hodnot 1 až 3 dle rozložení odběrů na vedení. Činný odpor je přímo úměrný ztrátám. Základní vzorec pro vypočítání činného odporu (4.1) dává výsledky pro teplotu 20°C. Při počítání činného odporu za jiných teplot je odpor nutno přepočítat. Proudové zatížení vodiče lze vypočítat pomocí vzorce (4.2) [22]

Vzorec pro výpočet činného odporu při 20 °C:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (\Omega) \quad (4.1)$$

R	činný odpor	(Ω)
ρ	měrný odpor materiálu	($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)
l	délka vodiče	(m)
S	průřez vodiče	(mm^2)

Vzorec pro výpočet proudu procházejícím vodičem:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} \quad (\text{A}) \quad (4.2)$$

I	proud	(A)
P	dodávaný výkon	(W)
U	sdržené napětí	(V)
$\cos\varphi$	účinník	(-)

Vzorec pro výpočet výkonových ztrát:

$$\Delta P = k \cdot R \cdot I^2 \quad (\text{W}) \quad (4.3)$$

ΔP	ztráty výkonu	(W)
k	činitel zatížení	(-)
R	činný odpor	(Ω)
I	proud	(A)

4.1.2 Ztráty korunou

Jedná se o děj vznikající na venkovním vedení, nejčastěji na sítích přenosové soustavy. Ztráty korunou vznikají při překročení intenzity elektrického pole v okolí vodiče nad elektrickou pevnost vzduchu. Dochází k ionizaci vzduchu a vzniku lokálních sršivých výbojů. Výboje se projevují světelnými záblesky, sykotem a ztrátami. Velikost ztrát je závislá na atmosférické vlhkosti, poloměru vodiče (opsané kružnice svazkového vodiče), situováním vedení dle nadmořské výšky a vzdáleností vodičů od sebe. [22]

Při výpočtu velikosti ztrát korunou je důležité najít velikost napětí mezi vodičem a zemí, při kterém se začne projevovat korona. Toto napětí je označováno jako kritické efektivní a jeho vzorec je:

$$U_{kr} = 49,2 \cdot m \cdot r \cdot \delta \cdot \log \frac{a}{r} \quad (\text{kV}) \quad (4.4)$$

U_{kr}	kritické efektivní napětí	(kV)
m	konstanta pro typ vodiče	(-)
r	poloměr vodiče	(cm)
δ	relativní hustota vzduchu	(-)
a	vzdálenost mezi vodiči	(cm)

Následně je možné vypočítat ztráty korunou. Při uvažování slunečného počasí je kritické efektivní napětí násobeno hodnotou 1, při uvažování deštivého počasí nebo bouřek se musí vynásobit kritické efektivní napětí hodnotou 0,8. Při výpočtu je uvažována délka vedení 1 km pro tři fáze. [22]

Vzorec pro vypočítání ztrát korunou při slunečném počasí:

$$\Delta P_{kor} = \frac{2,44}{\delta} \cdot (f + 25) \cdot \sqrt{\frac{r}{a}} \cdot (U - (1 \cdot U_{kr})) \cdot 10^{-3} \text{ (kW/km)} \quad (4.5)$$

ΔP_{kor}	ztráty korunou	(kW/km)
U_{kr}	kritické efektivní napětí	(kV)
δ	relativní hustota vzduchu	(-)
a	vzdálenost mezi vodiči	(cm)
r	poloměr vodiče	(cm)
f	frekvence sítě	(Hz)
U	fázové napětí na vedení	(kV)

4.1.3. Ztráty svodem

Ke ztrátám svodem dochází na venkovním vedení v přenosové i distribuční soustavě. Tyto ztráty vznikají tak, že část elektrické energie je svedena z vodičů. Příčinou těchto ztrát je například snížení elektrické pevnosti izolátoru a následný svod určitého množství náboje činnou složkou proudu. Na velikosti ztrát svodem má vliv počasí a nečistoty na izolátorech. Při dešti dochází k navýšení svodového proudu o deseti až dvaceti násobek hodnoty oproti normálu. Při laboratorním měření velikosti ztrát svodem je využíváno metody, kdy je měřen činný proud na nezátížené síti, kde se sníží napětí tak, aby ztráty korunou nebyly prakticky možné. Následně lze přisuzovat ztráty činné složky proudu na svod. [23] [22]

4.1.4 Ztráty v dielektriku

Jsou uvažovány pro kabelová vedení. Jedná se prakticky o svodové ztráty, kdy izolace vodiče propouští určitou část činné složky proudu z důvodu nemožnosti dosáhnout takového odporu na izolaci, která by byla zcela nepropustná. [23]

Velikost dielektrických ztrát lze určit ze vzorce:

$$\Delta P_{diel} = U_f^2 \cdot \omega \cdot C \cdot tg\delta \cdot 10^3 \text{ (kW/km)} \quad (4.6)$$

ΔP_{diel}	dielektrické ztráty	(kW/km)
U_f	fázové napětí	(kV)
ω	úhlová frekvence	(rad/s)
C	kabelová kapacita	(F/km)
$tg\delta$	ztrátový činitel	(-)

4.1.5 Ztráty v transformátorech

Transformátorové ztráty se projevují na všech napěťových hladinách po elektrizační soustavě. Lze je rozdělit na ztráty stálé a proměnné. Při výpočtu celkových ztrát transformátoru se oba ztrátové celky sečtou. Stálé ztráty jsou činné ztráty naprázdno. Označují se jako ztráty v železe. Vznikají dílem vířivých proudů a dílem magnetické hystereze při střídavém magnetování elektricky vodivých feromagnetik. Velikost ztrát vířivými proudy je závislá na frekvenci a magnetické indukci ve vyšší mocnině a tloušťce feromagnetika. Druhým typem činných ztrát v železe způsobených střídavým magnetováním jsou hysterezní ztráty. Jejich velikost je závislá na frekvenci a ploše hysterezní smyčky. [22]

Proměnné ztráty jsou ztráty ve vinutí, kde dochází k přeměně části elektrické energie na Jouleovo teplo, podobně jako u vedení, viz. vzorec (4.3). Při výpočtu proměnných ztrát je využíváno ztrát naměřených nakrátko. [22]

Celkové činné ztráty transformátoru lze vypočítat dle vzorce:

$$\Delta P_{transf} = \Delta P_{Fe} + \Delta P_k \cdot \left(\frac{S}{S_n}\right)^2 \quad (\text{kW}) \quad (4.7)$$

ΔP_{transf}	ztráty transformátoru	(kW)
ΔP_{Fe}	ztráty v železe	(kW)
ΔP_k	ztráty transformátoru nakrátko	(kW)
S	okamžitý zdánlivý příkon transformátoru	(kVA)
S_n	zdánlivý jmenovitý příkon	(kVA)

Jalové ztráty na transformátorech mají za důsledek celkové zvýšení ztrát přenosové soustavy z důvodu průchodu jalové složky proudu odporem vedení a taktéž dochází ke zhoršení účinníku. Jalový ztrátový výkon vzniká v důsledku působení rozptylové reaktance ve vinutí. [22]

4.1.6 Ztráty v řídicích a měřicích zařízeních

Ztráty v měřicích zařízeních se objevují na všech částech elektrizační soustavy. Velikost těchto ztrát se liší typem elektroměru nebo měřicího prvku. Ztráty na řídicích prvcích se projevují nejvíce v distribuční soustavě na HDO nebo přepínacích hodinách. [22]

4.2. Bilance ztrát na jednotlivých přenosových stupních

Ztráty připadající na jednotlivé přenosové stupně, tedy přenosovou a distribuční soustavu za rok 2019 z výroční zprávy energetického regulačního úřadu jsou zobrazeny v tabulce (Tab. 6). Ztráty v sítích jsou uvedeny jako celkové ztráty včetně ztrát v transformátorech.

Dle B. Pavlovského připadá 1/6 celkových ztrát na ztráty v transformátorech. Zbýlých 5/6 připadá na ztráty ve vedení. [22]

Tab. 6 Bilance ztrát dle přenosových stupňů

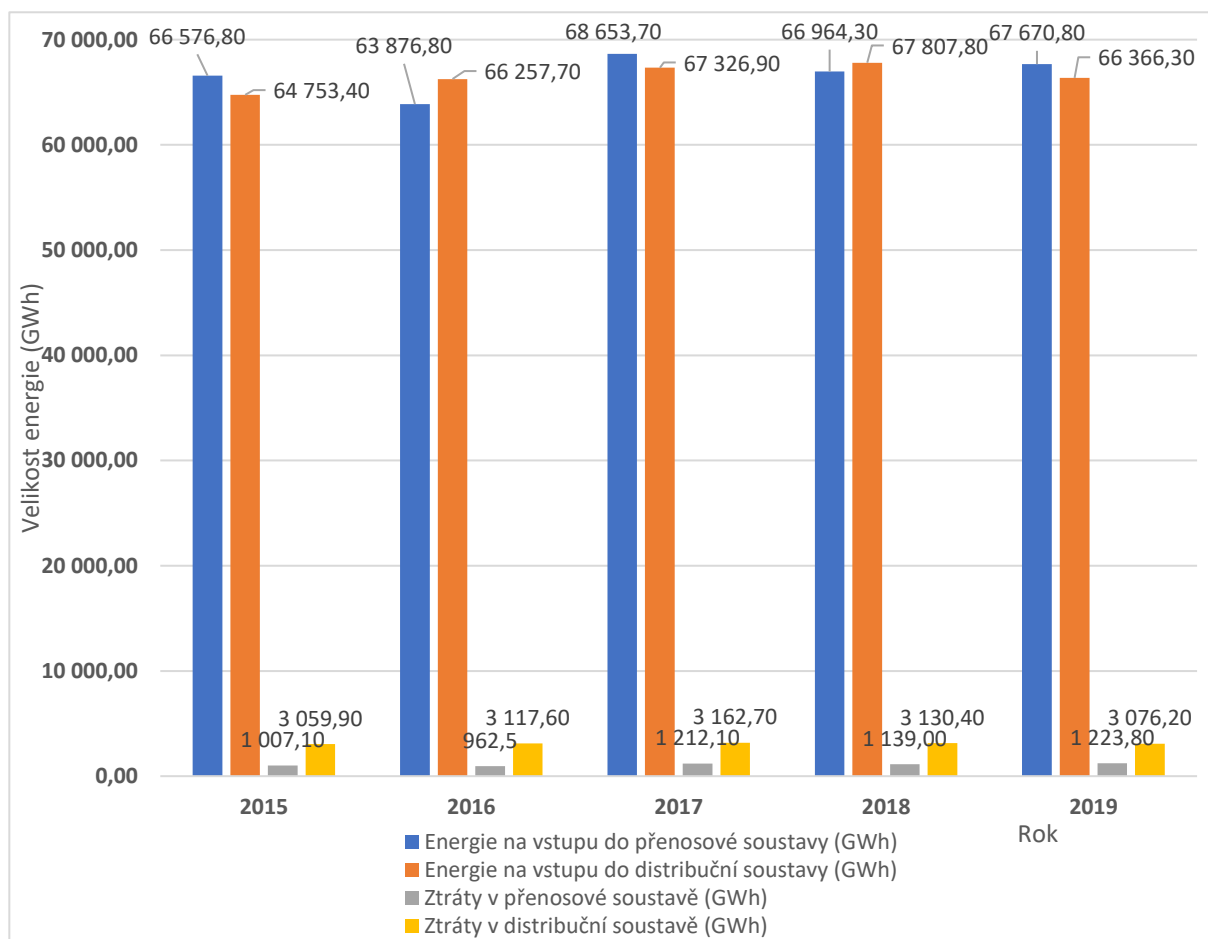
	Přenosová soustava	Distribuční soustava
Vstup do soustavy (GWh)	67670,8	66366,3
Výstup ze soustavy (GWh)	66447	63290,1
Ztráty v sítích (GWh)	1223,8	3076,2
Ztráty v sítích (%)	1,808	4,635

Zdroj: Vlastní zpracování dle: [24]

V grafu (Obr. 15) dle dat energetického regulačního úřadu je porovnáváno posledních pět let, co se týče velikosti přenášené energie včetně jejích ztrát v přenosové a distribuční soustavě. Pokud spočítáme poměr ztrát ku přivedené energii do soustavy, v distribuční soustavě mají ztráty v průběhu let klesající průběh křivky. To znamená, že dochází ke zmenšování ztrát.

Naopak v přenosové soustavě dochází v průběhu posledních pěti let ke vzrůstajícímu průběhu křivky.

Obr. 15 Porovnání ztrát energie dle roků



Zdroj: Vlastní zpracování dle: [35]

5.0 Doporučení pro bezpečný chod elektrizační soustavy

Při výrobě, přenosu a spotřebě elektrické energie je zapotřebí dbát na to, aby byly dodrženy bezpečnostní náležitosti. Musí být co nejvíce zamezena možnost vzniku poruchového stavu. Pokud k poruchovému stavu dojde, musí ochrany co nejrychleji a nejpřesněji zasáhnout, aby nedošlo k úhonám na zdraví nebo majetku.

5.1. Elektrické ochrany

Elektrická ochrana kontroluje chod částí zařazených v elektrizační soustavě. Skládá se z pěti částí, které jsou na sebe postupně závislé. Při vzniku poruchy nebo abnormálnímu provoznímu stavu se nejprve aktivuje popudový článek, který při zjištění závady dává popud k činnosti dalším článkům. Směrový článek určí směr, kde k danému poruchovému stavu došlo. Následně dochází ke změření kontrolované veličiny pomocí měřicího článku. Pokud dojde překročení definovaných hodnot, spustí se další část ochrany. Časový článek dle jeho časového nastavení zpožďuje zasáhnutí ochrany. Koncový článek provede výkonnou funkci ochrany, přičemž dojde k vypnutí porušené části. [25]

5.1.1 Ochrany alternátorů

Rozdílová ochrana porovnává velikost proudu v zařízení na vstupu a výstupu. Pokud jsou vstupní proudy v rovnosti s výstupními, jedná se o bezporuchový stav. Pokud však dojde k poruše, proudy na vstupu a výstupu zařízení nebudou v rovnosti a proudovým relé začne protékat proud. Při zvýšení rozdílů proudů nad požadovanou mez dojde k bezprostřednímu vypnutí. [25]

Nadproudová ochrana slouží k lokalizování poruch nevznikajících ve vinutí alternátoru. Ochrana zapůsobí jen pokud dojde ke zkratu, tudíž zvýšení hodnoty proudu a zároveň k poklesnutí napětí na svorkách alternátoru. Pokud by došlo jen ke vzdálenému zkratu bez snížení napětí na alternátoru, ochrana nezapůsobí. [25]

Pokud dojde k zemnímu spojení vinutí statoru, na uzlu alternátoru vznikne napětí vůči zemi. Velikost vzniklého napětí uzlu se mění podle vzdálenosti spojení statoru. Se snižující se vzdáleností od svorek alternátoru dochází k jeho zvýšení. O zamezení tohoto poruchového stavu se stará ochrana proti zemnímu spojení statoru. [25]

Zemní ochrana rotoru zapůsobí, pokud na budícím vinutí dojde k porušení izolace vodičů. [25]

5.1.2 Ochrany transformátorů

U transformátorů je využíváno nadproudových a rozdílových ochran s podobným principem jako u alternátorů.

V nádobové ochraně při zkratu či přeskočení na průchodkách dochází k průchodu proudu vodičem, který je spojuje mezi nádobou a zemí. Při vzniku zemního proudu na kostře dojde ke spuštění ochrany. Pro fungování ochrany je důležité, aby nádoba byla ustavena izolovaně od země. [26]

Plynové Buchholzovo relé se nachází mezi transformátorem a konzervátorem. Použití této ochrany je možné jen u transformátorů chlazených olejem. Sestava se skládá z plováku, který kontroluje pokles hladiny oleje. Při poklesu pod požadované minimální množství dojde k signalizaci. Druhým členem sestavy je klapka, jež při poruchovém stavu transformátoru vlivem zvýšeného průtoku oleje zapříčiněného vzniklým teplem v místě poruchy sepne kontakty relé a tím spustí ochranu. [26]

5.1.3 Ochrany vedení

Směrová nadproudová ochrana musí nejprve zjistit směr poruchového proudu. Poté dojde k vypnutí postižené části větve. Oproti pouze nadproudové ochraně má výhodu možnosti použití i v zauzlovaných sítích. [26]

Distanční ochrana je založena na principu porovnávání velikosti impedancí na vedení. Při zkratu na vedení dochází ke snížení velikosti impedance v chráněném úseku. Velikost naměřené impedance se taktéž zmenšuje se snižující se vzdáleností zkratu od ochrany. Distanční ochrana se hojně využívá v sítích zvláště vysokého a velmi vysokého napětí, kde je využíváno vícero systémů najednou. [26]

Srovnávací ochrana pomocí měření umístěných na začátku a na konci chráněného úseku porovnává velikosti naměřených veličin jako například fázory proudů. [26]

Podélná rozdílová ochrana se zakládá na stejném principu jako alternátorová. Příčná rozdílová ochrana je využívána na dvě vedle sebe jdoucí vedení, na kterých jsou zkoumány rozdíly jejich proudů. [26]

5.2 Poruchové stavy a ochrana před nimi

Mezi nejčastější poruchové stavy se řadí přepětí a zkraty v elektrizační soustavě. Tuto soustavu je důležité chránit při vzniku poruchových stavů, aby nedošlo k poničení jejích částí.

[1]

5.2.1 Přepětí

Důsledky přepětí se projevují nejčastěji jako snižování izolačních schopností či dokonce poškození izolace zasažených vodičů. Pokud dojde k poškození izolace, dochází poté ke zkratu. Přepětí lze rozdělit na atmosférická a provozní. Atmosférická přepětí vznikají přímým nebo nepřímým úderem blesku do vedení nebo budov. Při nepřímém úderu blesku dochází k indukci náboje a napětí do vedení a jeho následnému šíření ve vedení. Provozní přepětí vznikají v zařízeních, kdy nejčastěji za vznikem tohoto poruchového stavu stojí zemní spojení v izolovaných soustavách a spínací pochody. [1]

V přenosových a distribučních sítích je provozním přepětím předcházeno užíváním vypínačů a pojistek. Při vzniku atmosférického přepětí na vedení musí zafungovat elementární ochrana představovaná svodiči přepětí. Svodiče přepětí v soustavách VN a výše představují bleskojistky různých druhů – hrotové, vyfukovací a ventilové. U soustav s napětím do 1000 V je využíváno průrazek. Na vrcholech příhradových stožárů jsou umístěna zemnicí lana chránící před přímým úderem blesku fázové vodiče pod nimi. [1]

5.2.2 Zkraty

Jednotlivá nežádoucí spojení mezi jedním či více fázovými vodiči uzemněné soustavy a zemí jsou označovány jako zemní zkraty. Při zkratu vzniká nadproud doprovázený dynamickými a tepelnými účinky. U venkovního vedení vyvolává zkrat nejčastěji pád cizích předmětů na vodiče nebo pád vodiče na zem. U kabelových vedení dochází ke zkratům destrukcí jejich izolace kvůli jejich překopnutí nebo elektrickým průrazem z důvodu degradace izolace jejím stárnutím nebo jako doprovodný následek přepětí. Zemní zkraty dle polohy mohou být jednofázové, dvoufázové nebo třífázové. Zkraty mezi fázovými vodiči mohou být dvoufázové a třífázové. Z hlediska doby trvání se dělí zkraty na krátkodobé a dlouhodobé. Zkraty krátkodobé trvají kratší dobu, než je doba potřebná k zapůsobení ochranného prvku a vypnutí obvodu. Dlouhodobé zkraty naopak přesahují dobu zapůsobení ochrany a trvají až do vypnutí obvodu. Dle druhu zkratového spojení se rozlišují zkraty na kovové a obloukové.

Zkraty kovové charakterizuje přímé spojení vodiče se zemí nebo vodičů navzájem. Havarijní proud bývá silně induktivního charakteru. U druhého typu zkratu zkratový proud prochází obloukovým výbojem mezi vodivými částmi, popř. proti zemi. Havarijní proud nabývá silně odporového charakteru [1]

Pro ochranu elektrizační soustavy před zkraty je využíváno v sítích zvláště vysokého a velmi vysokého napětí výkonových vypínačů. Při provozování sítí vysokého napětí je k ochraně proti zkratům využíváno vypínačů a pojistek. Na hladině nízkého napětí se jako ochrana sítě před zkraty používají pojistky a jističe. [1]

6.0 Závěr

Z důvodu stále většího nárůstu počtu elektrických spotřebičů a značně rozšiřujících se odvětví přímo závislých na elektrické energii, jako je například elektro-automobilismus, by měl být do budoucna kladen důraz na výběr nových a rozšiřování již využívaných zdrojů elektrické energie včetně jejich modernizace, jelikož spotřeba elektrické energie bude každým rokem stoupat. Pokud dojde v roce 2038 k plánovanému ukončení těžby uhlí, bude to znamenat ztrátu takřka jedné poloviny zdrojů vyrobené elektřiny, bereme-li v potaz data z roku 2019. Je pravděpodobné, že v oblasti obnovitelných zdrojů dojde k posunu technologií jako je například využití třetí a čtvrté generace fotovoltaických panelů nebo rozšíření získávání energie pomocí geotermálních zdrojů. Bohužel dle mého názoru obnovitelné zdroje nebudou schopny pokrýt všechny nároky na spotřebu energie, tudíž se zatím stále jako nejlepší řešení energetického zásobování jeví rozšiřování využití jaderných elektráren.

Z dat poskytnutých firmou PRE a.s. vyplývá, že jejich nejdelší kabelový rozvod nízkého napětí v hustě obydlené městské zástavbě dosahuje vzdálenosti kolem 2 km. Při porovnání například s méně obydlenými venkovskými částmi, kde z důvodu menšího počtu přípojek by mohl kabel dosahovat i dvojnásobné délky. Z pohledu ztrátovosti při přenosu elektrické energie by bylo žádoucí, aby toto napětí bylo co možná nejvyšší a tím se snižovaly Jouleovy ztráty. Ale z pohledu koncových uživatelů by se jednalo o velkou překážku z důvodu značné vybavenosti domácností spotřebiči, které se při provozování neumí přizpůsobovat odlišným velikostem napětí. Tento krok by byl z tohoto hlediska takřka nemožný.

Pro budoucí napojení spotřebitelů do distribučních sítí by bylo vhodné rozšiřování a výstavba nových napájecích stanic z důvodu stálého rozpínání obytných čtvrtí a zvyšování urbanizace přilehlých částí větších měst. V případě nouze by měla být možnost připojení se na již stávající stanice. Avšak připojování se na tyto elektrické stanice by mělo za následek snížení kvality dodávek elektrické energie v podobě možných poklesů napětí.

Seznam zdrojů

- [1] BALÁK, Rudolf a Josef PAUZA. *Elektroenergetika II pro 4. ročník SPŠE studijního oboru 26-61-6 Zařízení silnoproudé elektrotechniky*. 2., nezm. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1983.
- [2] DOČEKAL, Antonín a Stanislav BOUČEK. *Elektrárny II: přednášky*. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 80-010-1279-4.
- [3] JANÍČEK, František. *Obnovitelné zdroje energie 1: technologie pro udržitelnou budoucnost*. Pezinok: Renesans, 2007. ISBN 978-80-969777-0-3.
- [4] MATOUŠEK, Antonín. *Výroba elektrické energie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav elektroenergetiky, 2007. ISBN 978-80-214-3317-5.
- [5] MATĚNA, Štěpán, Milan TŮMA a Jiří BRAUNER. *Výroba a rozvod elektrické energie*. 2., upr. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1978. Řada elektrotechnické literatury.
- [6] Uhelné elektrárny skupiny ČEZ. *ČEZ a.s.* [online]. Duhová 2, Praha 4 [cit. 2020-06-15]. Dostupné z:
https://www.cez.cz/edee/content/micrositesutf/odpovednost/content/pdf/cez_group_and_coal_power_plants.pdf
- [7] DOLEŽAL, Jaroslav. *Jaderné a klasické elektrárny*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04936-5.
- [8] Jaderná energetika v České republice. In: *ČEZ a.s.* [online]. [cit. 2020-09-01]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice>

- [9] LIBRA, Martin a Vladislav POULEK. *Zdroje a využití energie*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1647-8.
- [10] MASTNÝ, Petr. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.
- [11] CENEK, Miroslav. *Obnovitelné zdroje energie*. 2. upr. a dopl. vyd. Praha: FCC Public, 2001. ISBN 80-901-9858-9.
- [12] HODINKA, Miloslav, Štefan FECKO a František NĚMEČEK. *Přenos a rozvod elektrické energie*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN 80-030-0065-3.
- [13] RUSNOK, Stanislav a Pavel SOBOTA. *Cvičení z Elektrických strojů*. Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3288-3.
- [14] MÁŠLO, Karel. *Řízení a stabilita elektrizační soustavy* [online]. [Praha]: Asociace energetických manažerů, 2013 [cit. 2020-07-16]. ISBN 978-80-260-4461-1.
- [15] Trh s elektřinou - specifika, účastníci trhu a rozdělení. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2020-07-13]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/trh-s-elektrinou/trh-s-elektrinou>
- [16] TOMAN, Petr. *Provoz distribučních soustav*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04935-8.
- [17] MUDRUŇKOVÁ, Anna. *Elektroenergetika 1*. 2016. ISBN 978-80-88058-81-6.
- [18] FENCL, František. *Elektrický rozvod a rozvodná zařízení*. Vyd. 3. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-010-2771-6.
- [19] Přenosová soustava. *Informační portál energetické gramotnosti* [online]. [cit. 2020-07-16]. Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/prenosova-soustava>
- [20] Údaje o PS. *ČEPS, a.s.* [online]. [cit. 2020-07-16]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/udaje-o-ps>

- [21] BANZET, Ivan a Václav HONYS. *Rozvod elektrické energie II: pre 3. ročník SOU učebného odboru elektromechanik so zameraním na rozvodné zariadenia a 4. ročník študijného odboru mechanik silnoprúdových zariadení, špecializácia A*. Bratislava: Alfa, 1986. Edícia elektrotechnickej literatúry (Alfa). ISBN 63-421-86.
- [22] PAVLOVSKÝ, Bohumír. *Ztráty v přenosu a rozvodu elektrické energie: určeno projektantům i provozním technikům v elektrických zařízeních*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. Řada energetické literatury.
- [23] Metodika určení technických ztrát elektrické energie v zařízení distribuční soustavy. In: *Energetikainfo.cz* [online]. [cit. 2020-08-04]. Dostupné z: https://www.energetikainfo.cz/33/metodika-urceni-technicky-ztrat-elektricke-energie-v-zarizeni-distribucni-soustavy-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EIDzobldhBp5yKZS5_DjF4aw9PBWuC7BmQ/
- [24] Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy ČR 2019. In: *Energetický regulační úřad* [online]. [cit. 2020-08-05]. Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/5381883/Rocni_zprava_provoz_ES_2019.pdf/debe8a88-e780-4c44-8336-a0b7bbd189bc
- [25] FECKO, Štefan. *Elektroenergetika*. Bratislava: Alfa, 1991. ISBN 80-05-00817-1.
- [26] DOHNÁLEK, Petr. *Ochrany pro průmysl a energetiku: určeno [také] pro posl. pomaturitního inovačního studia oboru zařízení silnoprůdé elektrotechn. a studia postgraduálního*. Praha: SNTL, 1978. Řada elektrotechnické literatury.
- [27] Diagram zatížení. In: *ČEPS, a.s.* [online]. [cit. 2020-06-1]. Dostupné z: <https://www.ceps.cz/cs/data>
- [28] Výroba a spotřeba elektrické energie v roce 2019. In: *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2020-06-18]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xb/vyroba-a-spotreba-elektricke-energie-v-jihomoravskem-kraji-v-roce-2019>

- [29] Oddělená výroba elektřiny v kondenzační elektrárně. In: *Teplárenské sdružení České republiky* [online]. [cit. 2020-06-18]. Dostupné z: <http://www.tscr.cz/schema/?ids=2&h=550&x=7551511>
- [30] Jaderné elektrárny. In: *Informační portál energetické gramotnosti* [online]. [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/jaderne-elektrarny>
- [31] How a power plant works. In: *Sied Chile S.A.* [online]. [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <http://www.siedchile.cl/en/how-a-power-plant-works/>
- [32] Jak funguje tepelné čerpadlo?. In: *Zefin s.r.o.* [online]. [cit. 2020-06-29]. Dostupné z: https://www.zefin.cz/slovnicek/tepelna-cerpadla/jak-funguje-tepelne-cerpadlo-__s609x7276.html
- [33] Jak zjistím ke které distribuční soustavě elektřiny patřím a mohu si zvolit jinou?. In: *Tzb-info* [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/211-jak-zjistim-ke-ktere-distribucni-soustave-elektriny-patrim-a-mohu-si-zvolit-jinou>
- [34] Stožár elektrického vedení. In: *ČEZ a.s.* [online]. [cit. 2020-07-22]. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/stozar_elvedeni.html
- [35] Zprávy o provozu elektrizační soustavy. *Energetický regulační úřad* [online]. [cit. 2020-08-07]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy#2019>

Seznam obrázků

Obr. 1. Zastoupení elektráren při výrobě	4
Obr. 2. Diagram zatížení 1.6.2020.....	4
Obr. 3. Schéma fluidního kotle.....	8
Obr. 4. Schéma kondenzační elektrárny	10
Obr. 5. Okružové schéma jaderné elektrárny	12
Obr. 6. Celkové schéma jaderné elektrárny.....	14
Obr. 7. Druhy vodních turbín	17
Obr. 8. Hybridní fotovoltaický systém	18
Obr. 9. Schéma větrné elektrárny	20
Obr. 10. Schéma tepelného čerpadla	21
Obr. 11. Druhy rozvodů.....	25
Obr. 12. Schéma elektrizační soustavy.....	26
Obr. 13. Distribuce dle firem.....	28
Obr. 14. Typy příhradových stožárů.....	30
Obr. 15. Porovnání ztrát energie dle roků	39

Seznam tabulek

Tab. 1. Typy paliv používaných elektrárnami v ČR	6
Tab. 2. Jaderné elektrárny v ČR	13
Tab. 3. Rozdělení malých elektráren	16
Tab. 4. Rozdělení napětí	23
Tab. 5. Délky vedení společnosti ČEPS	27
Tab. 6. Bilance ztrát dle přenosových stupňů.....	38