

TAČR: Robot pro inspekci a diagnostiku distribuční a
přenosové sítě
(NET-Robotics)

Číslo projektu: TH02020319

Návrh metodologie pro analýzu a diagnostiku
přenosových soustav

(Výzkumná zpráva TH02020319-22190-056-2017)

(ZČU/Energon)
Pavla Hejtmánková

16. ledna 2018

T A
Č R

Obsah

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	4
ÚVOD.....	5
1 UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY VENKOVNÍCH VEDENÍ VVN ES ČR	6
1.1 ELEKTRIZAČNÍ SOUSTAVA ČR	6
1.2 VENKOVNÍ VEDENÍ VVN.....	11
1.3 STOŽÁRY	13
1.3.1 Dispoziční a konstrukční řešení stožárů	14
1.3.2 Typy stožárů dálkového vedení.....	17
1.3.3 Současné trendy.....	21
2 REVIZE A KONTROLY ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ	23
2.1 VYHRAZENÁ TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ	23
2.2 ROZSAH, LHŮTY A EVIDENCE KONTROL VETZ.....	24
2.2.1 Pracovní postupy pro vedení VVN.....	24
2.2.2 Četnost a záznamy kontrol.....	27
2.3 SPOLEHLIVOSTNĚ ORIENTOVANÁ ÚDRŽBA	28
2.3.1 Cíle systému RCM	29
2.3.2 Typy údržby	29
2.3.3 Přístupy k RCM	31
2.3.4 Stanovení optimální periody údržby	31
3 SOUVISEJÍCÍ LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY	33
3.1 ČSN 33 1500	33
3.2 ČSN EN 50110-1	35
3.3 PODNIKOVÉ NORMY ENERGETIKY	36
3.4 SDRUŽENÍ ČSRES A PLATNÉ PODNIKOVÉ NORMY	38

4	PNE 33 0000 – 3 (4. VYDÁNÍ)	40
4.1	PRAVIDELNÉ KONTROLY A REVIZE	40
4.2	ŘÁD PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY	40
4.1.1	<i>Obsah ŘPÚ</i>	41
4.1.2	<i>Lhůty dle ŘPÚ</i>	42
4.1.3	<i>Aktualizace ŘPÚ</i>	42
4.2	HLAVNÍ ZÁSADY ŘPÚ PRO VENKOVNÍ VEDENÍ	43
4.2	KVALIFIKACE PRACOVNÍKŮ	44
4.3	ZPRÁVY O REVIZI	44
ZÁVĚR		46
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ		48

Seznam symbolů a zkratk

ČBÚ	... Český báňský úřad
ČBÚP	... Český úřad bezpečnosti práce
ČR	... Česká republika
DS	... distribuční soustava
ES	... elektrizační soustava
PDS	... provozovatel distribuční soustavy (v ČR společnosti PREdistribuce, E.ON Distribuce a ČEZ Distribuce)
PPDS	... Pravidla provozování distribučních soustav
PPPS	... Pravidla provozování přenosové soustavy
PPS	... provozovatel přenosové soustavy (v ČR společnost ČEPS)
PS	... přenosová soustava
RCM	... spolehlivostně orientovaná údržba (Reliability Center Maintenance)
ŘPÚ	... Řád preventivní údržby
VTZ	... vyhrazené technické zařízení
VETZ	... vyhrazené elektrické technické zařízení

Úvod

Rostoucí poptávka po elektrické energii, otevření trhu s elektřinou, integrace nových zdrojů do elektrizační soustavy i nutnost respektovat životní prostředí, mají často za následek, že některé stávající linky VVN přenosových soustav jsou provozovány a zatěžovány blízko svých tepelných, elektrických i mechanických limitů a občas i za hranicemi svých přenosových schopností.

Zvyšující se požadavek na přenosy výkonů by měl doprovázet proces výstavby nových přenosových tras, příp. zvýšení přenosových schopností tras stávajících, což by přispělo k zachování dostatečné úrovně spolehlivosti dodávky elektrické energie. Výstavba nových vedení, která by byla tedy řešením mnohých problémů v PS i DS je však velmi obtížná či téměř nemožná z důvodů ekonomických, ekologických i vlastnických. Proto je nezbytné provádět pečlivou průběžnou údržbu a obnovu linek stávajících. [23]

Údržbu a rozvoj přenosové soustavy zajišťuje Provozovatel přenosové soustavy, kterým je u nás společnost ČEPS, a.s. odpovídající za bezpečný a spolehlivý provoz PS a za její údržbu, obnovu a rozvoj.

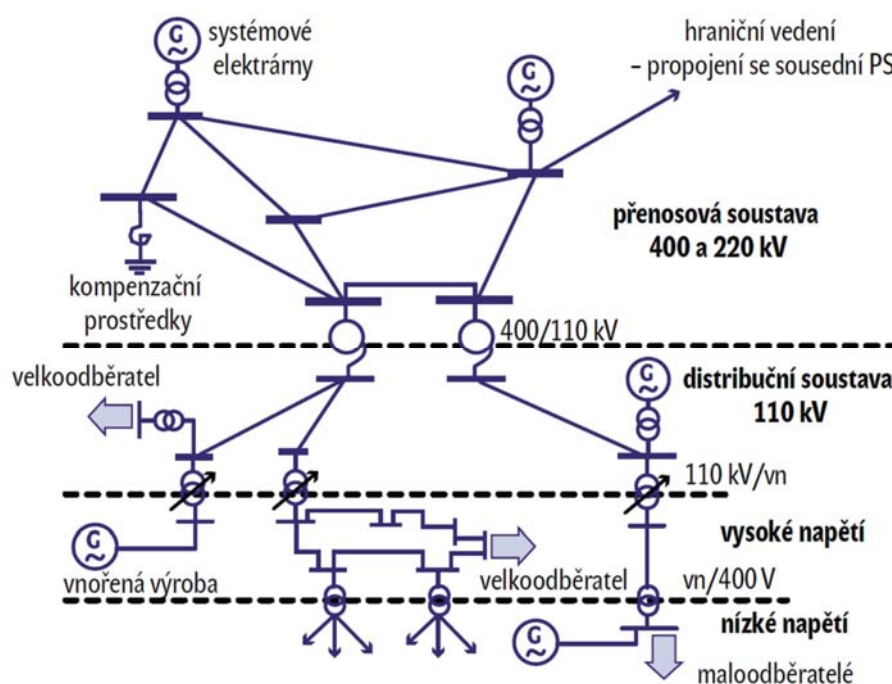
Provozovatelé distribučních soustav, kterými mohou být fyzické či právnické osoby, jakožto držitelé licence na distribuci elektřiny, odpovídají za bezpečný a spolehlivý provoz DS a za její rozvoj.

Tato zpráva se zabývá analýzou venkovních vedení přenosových a distribučních sítí VVN s ohledem na potřebu jejich diagnostiky a revize. Shrnuje předpisy pro preventivní údržbu zaměřenou jednak na optimalizaci údržbového cyklu, jednak na údržbu založenou na stavu zařízení, a přibližuje pracovní postupy prováděné při inspekci a údržbě směřující k bezpečnosti a spolehlivosti provozu zmíněných zařízení.

1 Uvedení do problematiky venkovních vedení VVN ES ČR

1.1 Elektrizační soustava ČR

Elektrizační soustava (ES) je vzájemně propojený soubor veškerých zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny, včetně elektrických přípojek a přímých vedení a dále systémů měřicích, ochranných, řídicích, zabezpečovacích, informačních a telekomunikačních techniky. Základní uspořádání elektrizační soustavy je vidět z Obr. 1.1. [1]



Obr. 1.1: Principiální uspořádání elektrizační soustavy. (zdroj: [1])

Sítě mohou být z hlediska uspořádání řešeny jedním ze dvou základních způsobů:

- jako **otevřený rozvod** (paprskový, průběžný), kde je elektrická energie ke spotřebiči dodána jednou cestou,
- jako **uzavřený rozvod** (okružní, mřížový), kde napájení lze zajistit vždy ze dvou nebo více stran.

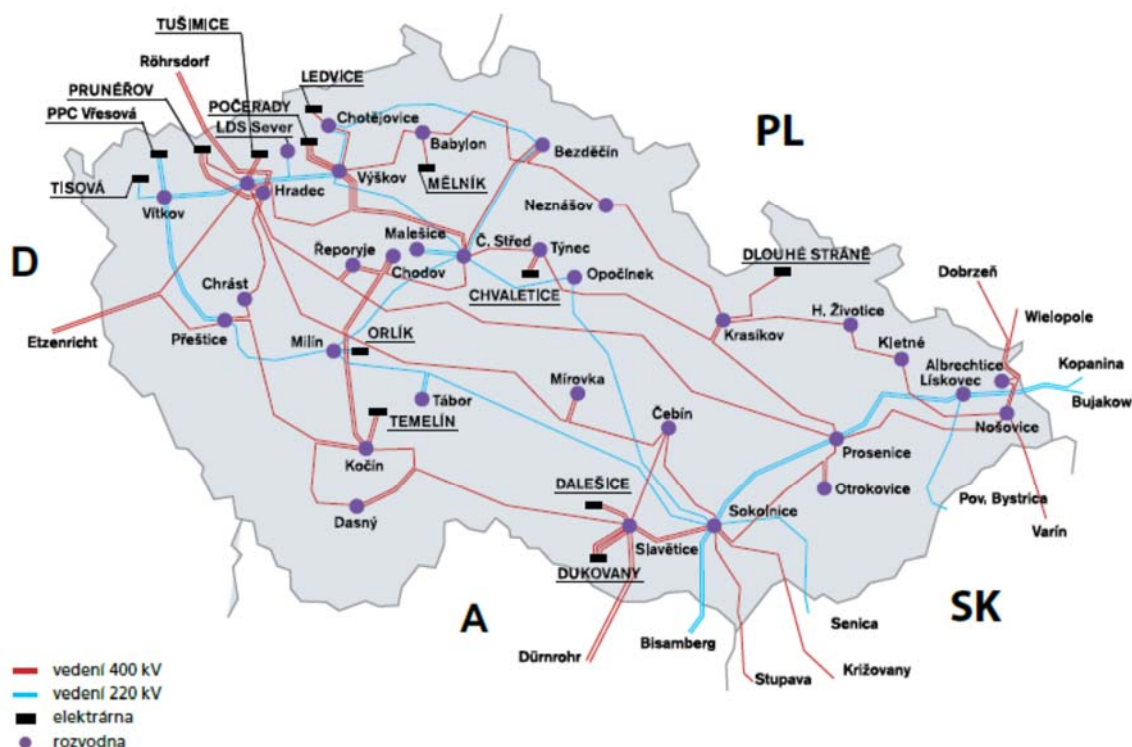
Výběr vhodného druhu rozvodu závisí na způsobu provozu řešené soustavy jak z hlediska rozdělování výkonu, tak i z hlediska bezpečnosti a hospodárnosti. [1]

Elektrizační soustavu tvoří dvě základní části, kterými jsou soustava přenosová (označovaná též jako nadřazená) a soustava distribuční (rozvodná).

Přenosová soustava (PS), která je v České republice provozována společností ČEPS, je vzájemně propojený soubor vedení (viz *Obr. 1.2*) a zařízení 400 kV, 220 kV a vybraných vedení a zařízení 110 kV, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky, sloužící pro zajištění přenosu elektřiny na velké vzdálenosti pro celé území ČR a propojení s elektrizačními soustavami sousedních států Evropské unie a dále, tj. pro vyvedení výkonů z velkých systémových výroben k velkým systémovým rozvodnám a významným odběratelům. Přenosová soustava je zřizována a provozována ve veřejném zájmu. [1], [21]

Přenosová (nadřazená) soustava 400 kV a 220 kV je řešena okružním rozvodem, do kterého pracují tuzemské zdroje velkých výkonů. Je přes transformátory 400/110 kV a 220/110 kV propojena s distribuční soustavou. Délky vedení a počet transformoven obhospodařovaných společností ČEPS jako provozovatelem přenosové soustavy (PPS) shrnuje *Tab. 1.1*. [21]

Schéma sítí 400 a 220 kV



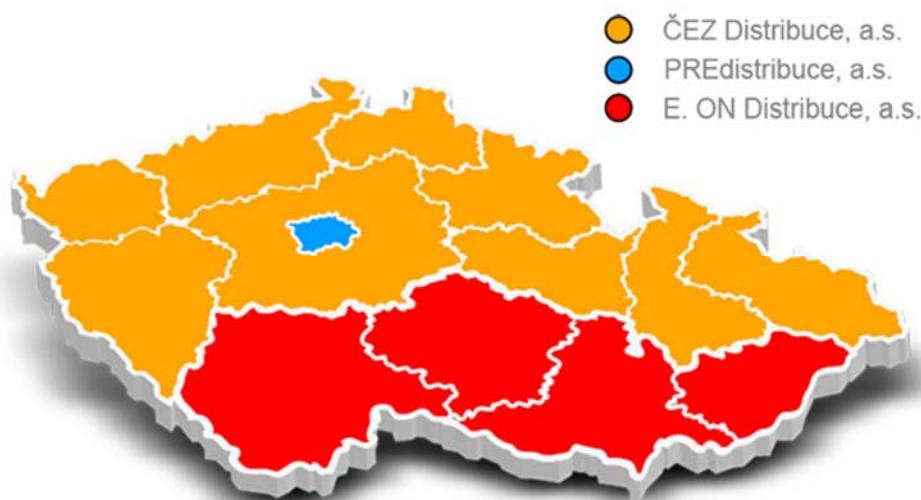
Obr. 1.2: Schéma sítí 400 a 220 kV PS ČR. (zdroj: ČEPS, 2016)

Tab. 1.1: Délky vedení VVN a počty transformoven PS ČR k 31. 12. 2016. (zdroj: ČEPS, 2016)

Popis zařízení	Jednotky	ČR celkem
Vedení 400 kV	(km)	3724
• z toho dvojité a vícenásobné	(km)	1363
Vedení 220 kV	(km)	1909
• z toho dvojité a vícenásobné	(km)	1038
Vedení 110 kV	(km)	84
• z toho dvojité a vícenásobné	(km)	78
Transformátory 400/220 kV	(-)	4
Transformátory 400/110 kV	(-)	48
Transformátory 220/110 kV	(-)	21

Distribuční soustava (DS) je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 110 kV (s výjimkou vybraných vedení a zařízení 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy) a vedení a zařízení o napětí 0,4/0,23 kV, 1,5 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV, 25 kV a 35 kV, včetně systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky, sloužící k zajištění distribuce elektřiny ke koncovým zákazníkům (odběratelům) na vymezeném území ČR obhospodařovaném jednotlivými provozovateli DS (PDS) jako jsou ČEZ Distribuce, E.ON Distribuce a PREdistribuce (viz Obr. 1.3). DS jsou zřizovány a provozovány ve veřejném zájmu.

Distribuční soustava přenáší výkon na kratší vzdálenosti ke konečným odběratelům a jsou do ní připojeny elektrárny nižších výkonů. V některých případech, zejména DS velmi vysokého napětí, zajišťuje přeshraniční propojení, které však slouží pouze pro napájení vydělených oblastí. [1], [21]



Pozn.:

Na českém trhu působí tři distributoři elektřiny (ČEZ Distribuce, E.ON Distribuce a PRE Distribuce). Každý z nich rozvádí elektrickou energii pro odběratele na určitém vymezeném území, tedy v distribuční oblasti:

- **ČEZ Distribuce** na většině území republiky (Plzeňský, Karlovarský, Středočeský, Ústecký, Liberecký, Královéhradecký, Pardubický, Olomoucký a Moravskoslezský kraj),
- **E.ON Distribuce** v oblasti jižních Čech a jižní Moravy (Jihočeský kraj, Kraj Vysočina bez Havlíčkovobrodsko, Jihomoravský kraj i s Prostějovskem, Zlínský kraj bez Vsetínska),
- **PREdistribuce** na území Hlavního města Prahy a města Roztoky u Prahy.

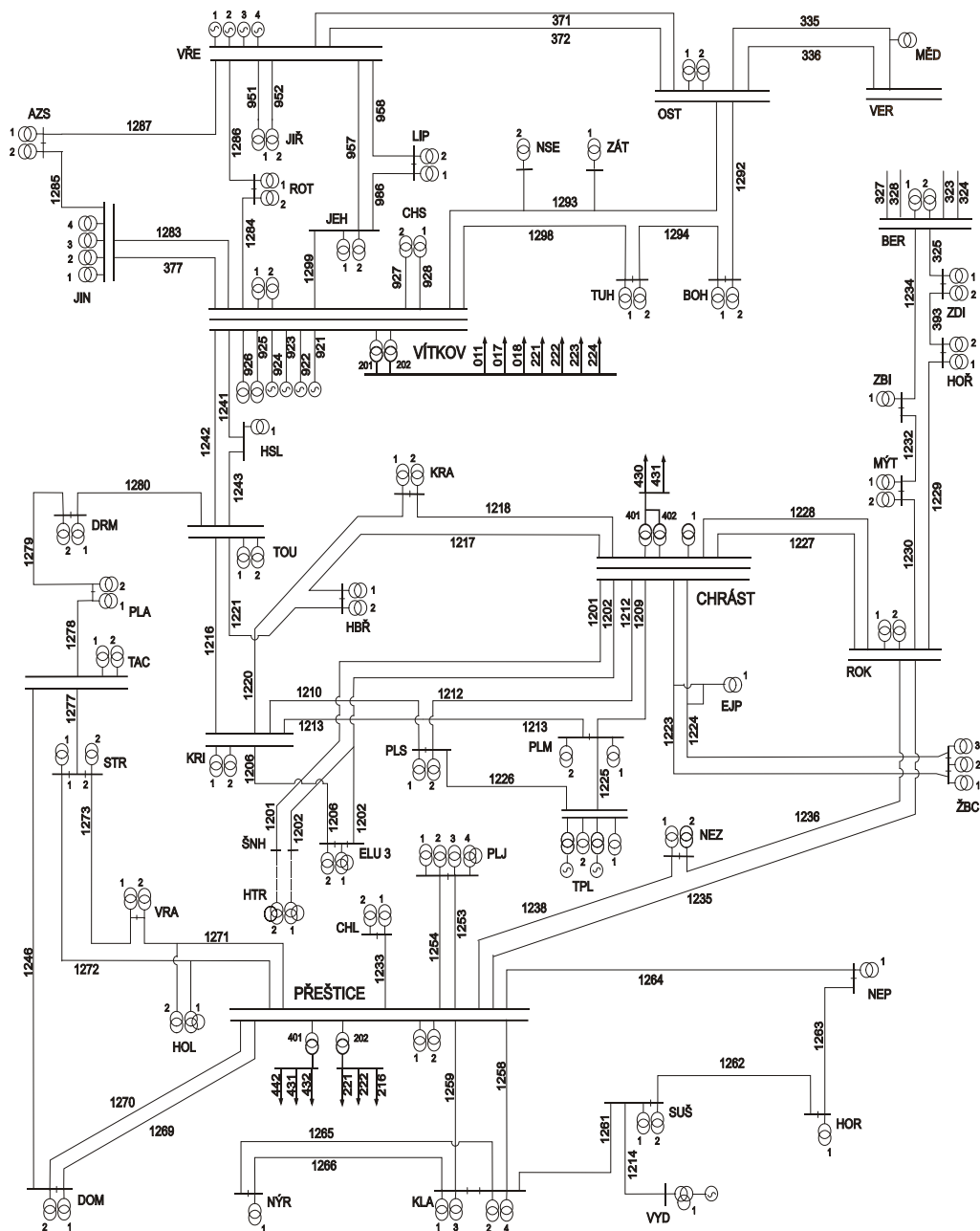
Obr. 1.3: Distribuční oblasti a distribuční společnosti v ČR. (zdroj. [18])

Distribuční sítě tedy umožňují přivedení elektrické energie spotřebitelům. Do těchto sítí jsou připojovány pouze výrobní zdroje malých výkonů, které jsou v současnosti označovány jako „distribuované“. Jsou to malé průmyslové elektrárny, kogenerační jednotky a obnovitelné zdroje využívající energii vody, větru, biomasy, slunce. Základním zdrojem elektrické energie pro distribuční sítě je nadřazená soustava. [22]

Část distribuční sítě 110 kV je vidět na *Obr. 1.4*.

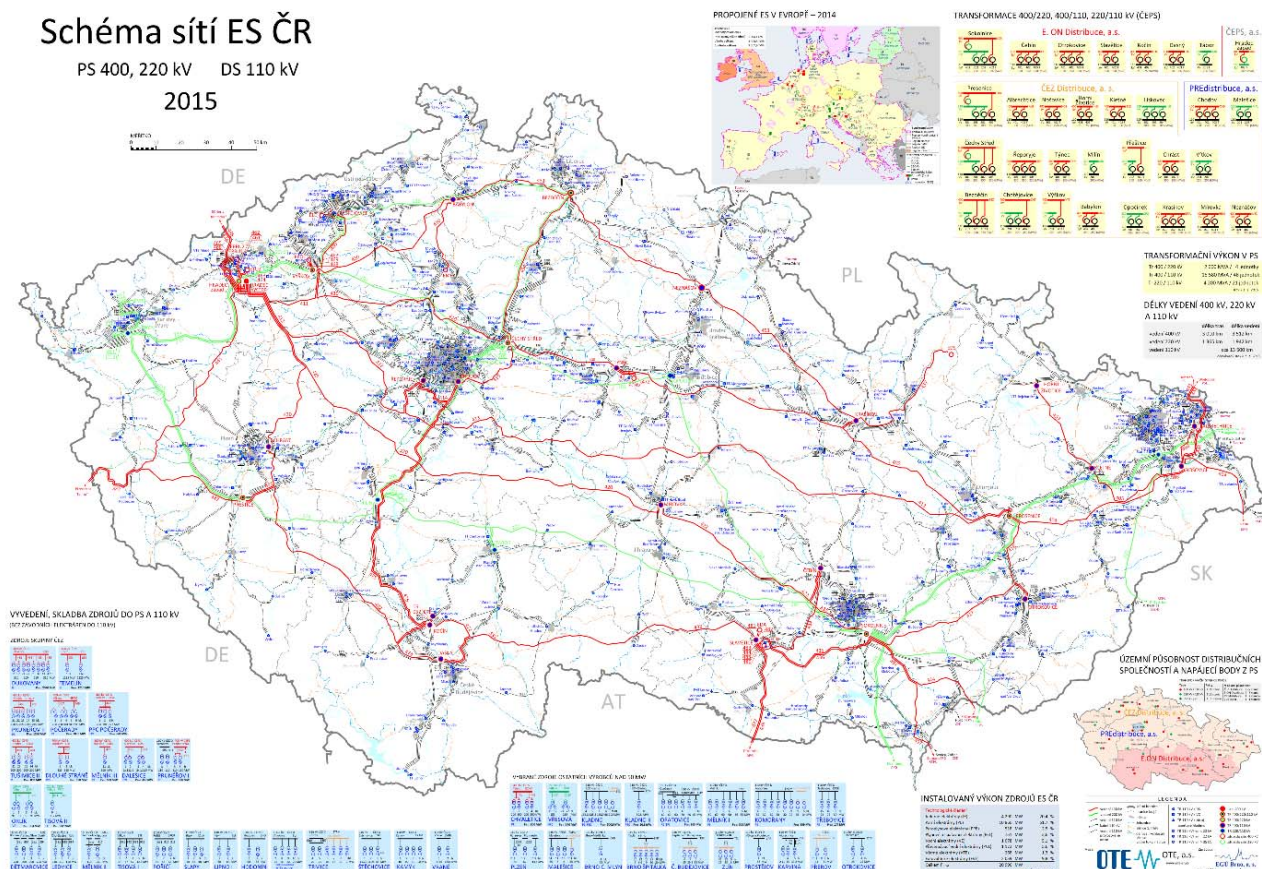
Distribuční soustava 110 kV tvoří základní pilíř distribuční soustavy. Sítě zajišťují tranzit elektřiny z uzlových transformoven zvn/vvn a vvn/vvn do transformoven 110/vn kV. Do těchto sítí je vyveden výkon řady elektráren o výkonech desítek MW, jsou provozovány zpravidla jako okružní. Sítě se vyznačují spolu s vedeními zvn a vvn přenosové soustavy vysokou

spolehlivostí, velice nízkou četností poruch a díky způsobu provozu a zálohování většina poruch při správném působení ochranných systémů nezpůsobí přerušení dodávky elektřiny odběratelům. Vedení jsou nejčastěji konstruována jako dvojitá (dvě vedení na jednom stožáru), nicméně v ČR se vyskytují i vedení jednoduchá, trojitá a čtyřnásobná. [1]



Obr. 1.4: Část distribuční sítě 110 kV (Plzeňský kraj). (zdroj: [22])

Veškerá vedení VVN 110 kV, 220 kV, a 400 kV naší elektrizační soustavy je možno vidět na *Obr. 1.5*.



Obr. 1.5: Schéma sítí VVN ES ČR. (zdroj: OTE, 2015)

Elektrická zařízení přenosové a distribuční soustavy musí splňovat požadavky právních předpisů a technických norem z hlediska jejich bezpečnosti a provozuschopnosti. Toho lze dosáhnout důslednou prevencí, při níž je nezbytné provádět údržbové úkony včetně kontrol v rozsahu a lhůtách dle řádu preventivní údržby (viz *kap. 2.1 a 4.2*). [7]

1.2 Venkovní vedení VVN

Pro přenos a rozvod elektrické energie se v převážné většině případů používají venkovní vedení. Pouze tam, kde rozvod proudu holými vodiči není možný, např. z důvodů

bezpečnostních, pro nedostatek místa nebo i z důvodů estetických, se používají vedení kabelová.

Elektrická vedení jsou technologická zařízení přenášející požadované elektrické výkony buď od primárních zdrojů (elektráren), nebo od sekundárních zdrojů (rozvoden, transformoven) na určitá místa, tj. do rozvoden nižší soustavy nebo k spotřebiteli (distribuční sítě). Venkovní elektrická vedení mají elektrické výkony přenášet hospodárně (s nejmenšími ztrátami), spolehlivě (tj. s nejmenší poruchovostí provozu), bezpečně (tj. bez ohrožování zdraví nebo života lidí a zvířat) a nejmenšími zásahy do životního prostředí.

Venkovní vedení tedy musí vyhovovat řadě různých požadavků. Vedení musí být vhodně dimenzováno, aby všechny jeho části bezpečně vydržely mechanické a elektrické namáhání, jemuž jsou během roku vystaveny, přičemž mechanické síly, které mohou způsobit poškození stožárů nebo přetržení vodičů, mohou být vyvolány jednak větrem, jednak omrznutím vodičů (námrazkem), a někdy též záplavami nebo poddolováním.

Venkovní vedení je tedy vystaveno povětrnostním vlivům, které není možné přesně stanovit. Působení větru je velmi proměnlivé, nebezpečné jsou nárazy při vichřici, kdy může dojít k přetrhání vodičů a tím i ke zlomení stožárů. Na vedení vznikají stojaté vlny a vodiče kmitají, a to u velkých polí i při menších rychlost větru (6 m/s). To se nepříznivě projevuje ve svorkách a vazech, kde se vodiče ohýbají.

K ochraně proti kmitání se užívá armování vodičů, tlumiče vibrací nebo antivibrační lana. Armování vodičů se provádí ovíjením vodičů ochrannou páskou v místě zachycení vodiče k izolátorovému řetězci. Tlumiče kmitů jsou tvořeny dvěma závažími spojenými navzájem ocelovým lanem. Tlumič je uchycen speciální svorkou na fázový vodič poblíž závěsného bodu. U menších průřezů je vzdálenost tlumiče asi 50 cm od závěsného bodu, u větších průřezů 60 ÷ 140 cm. U vodičů do průřezu 120 mm² je váha závaží 3 ÷ 4 kg, u větších průřezů vodičů 8 kg.

Vodiče pro venkovní vedení mohou být namáhány i tíhou námrazku vytvořeného z ledových částecek a jinovatky ulpívajících na povrchu vodiče a zatěžujícího vodič i armatury vedení přídatným svislým zatížením. Námrazky vznikají za teplot 0°C a nižších, je-li vzduch nasycen drobnými částicemi podchlazené vody, které při styku s vodičem krystalizují. Vodiče se tíhou jednostranných námrazků stáčí, až jsou celé obaleny námrazkem. Velikost námrazku závisí většinou na nadmořské výšce i charakteru krajiny.

Vedení tedy musí být dimenzováno tak, aby zůstalo neporušeno i v kritických situacích, vodiče musí odolat působení síly větru, tíhové síle námrazku v zimních měsících, kmitání vodičů i působení vlastní tíhové síly vodičů. [3]

Z hlediska ekonomického musí být vedení navrženo tak, aby bylo dosaženo nejvýhodnějších provozních vlastností při nejmenších nákladech na výstavbu a údržbu. Proto je nutné se při navrhování vedení zabývat mechanikou venkovních vedení. Základním požadavkem při návrhu je volba správných materiálů jak pro stožáry, tak pro vlastní vedení a to jak z hlediska ekonomického a pevnostního, tak i s ohledem na elektrické parametry a s ohledem na terén. Existují různé materiály pro vodiče i pro stožáry.

Nejvíce rozšířenými vodiči pro přenos a rozvod elektrické energie jsou tzv. AlFe lana (ocelové jádro, hliníkový vodič). Změnou poměru průřezů hliníku a oceli lze dosáhnout vyšší pevnosti vodiče na úkor jeho vodivosti (např. pro oblasti s velkou námrazou), nebo naopak větší vodivosti na úkor pevnosti. [23]

Při návrhu venkovního vedení je nutné uvažovat nejen současný stav, ale počítat i s potřebou do budoucnosti. Snižování nákladů na výstavbu vedení nesmí nikdy zhoršit mechanické vlastnosti vedení.

Při návrhu tras vedení je třeba postupovat podle několika základních pravidel:

- Vedení má být co možná přístupné s ohledem na montáž, opravy, dozor a hledání poruch.
- Trasa musí odpovídat požadavkům energetického systému, spojení elektráren a rozvoden.
- Trasa má být co nejkratší, přímé úseky mají být co nejdelší.
- Rohy mají být co možná nejtupější, neboť výslednice tahů při námrazách je značná.
- Z hlediska dopravy, údržby, revizí a oprav je vhodné umístit trasu poblíž silnic.

Kostru elektrické sítě venkovního vedení vytváří stožáry. [2]

1.3 Stožáry

Důležitou částí celého přenosového a rozvodného systému jsou stožáry. Funkcí stožáru je udržovat vodiče v potřebných vzdálenostech mezi sebou, od vlastní konstrukce, od země a jiných objektů. Stožáry musí přenášet veškeré zatížení působící na vodiče a na stožár a jeho příslušenství. Stožáry dálkového vedení se rozlišují především podle výšky napětí elektrického

vedení. Postupná koncentrace výroby elektrické energie do velkých elektráren vyžaduje přenášet stále větší energii do větší vzdálenosti.

Tvar a konstrukční řešení stožárů je ovlivňováno funkčními požadavky, stavební technikou, podmínkami staveniště, výroby, montáže (stožárů a vedení), údržbou. [2]

1.3.1 Dispoziční a konstrukční řešení stožárů

Hlavní parametry vedení souvisí s velikostí předávaného výkonu a napětí. Pro přenos velmi vysokého napětí 110 kV, 220 kV a 400 kV, kdy jde o soustavu s přímo uzemněným nulovým bodem v uzlu transformátoru, se používají vedení jednoduchá, dvojítá, příp. i vícesystémová se zemnicími lany.

Od velikosti přenášených výkonů a hladiny napětí se odvíjí i použité konstrukční řešení stožárů, počet a geometrické umístění vodičů a počet zemnicích lan. [4], [2]

Funkce stožárů a geometrické uspořádání (konfigurace) vodičů a zemnicích lan podmiňují tvar hlavy stožárů. Z toho vyplývají i výšky stožárů, které jsou dále závislé na rozestupu stožárů od sebe. Stožáry velmi vysokého napětí bývají od sebe vzdáleny 300 až 500 m (rozpětí 300 m je nejčastěji používáno u 110 kV vedení, při vyšších napětích a těžších vodičích bývají vzdálenosti větší).

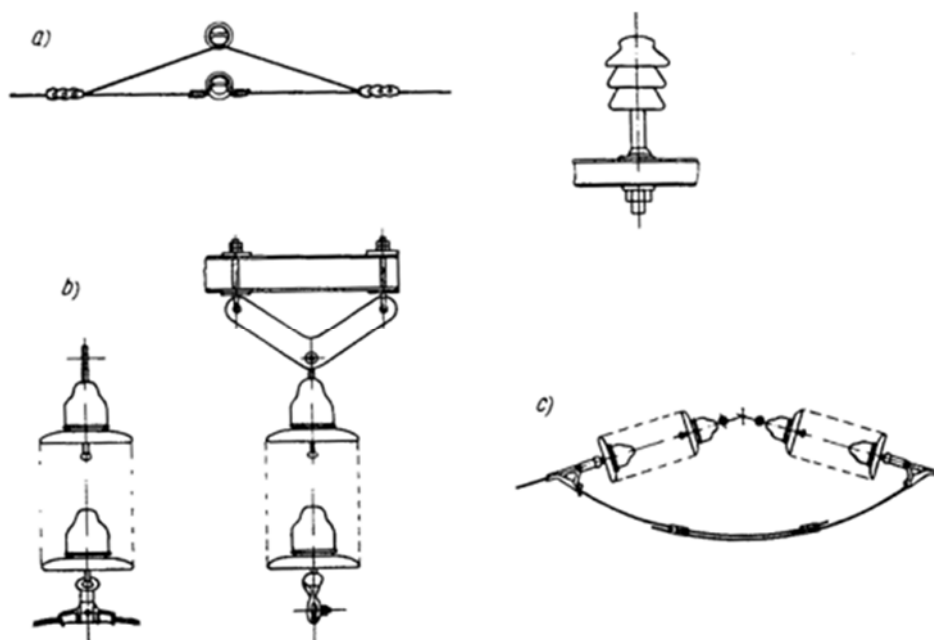
Výška stožáru závisí na vzdálenosti spodního vodiče od země (u vedení 110 kV min. 6 m), na průvěsu, délce izolátorových závěsů a armatur, konfiguraci vodičů a zemnicích lan.

Při teplotních změnách, zatížení námrazou a větrem se v porovnání s montážním stavem mění poloha vodičů proti zemi a stožáru. Jejich přiblížení k zemi nebo ke stožáru znamená pro lidi smrtelné nebezpečí a může způsobit zkrat, a tak vypnutí nebo i havárii vedení. Minimální vzdálenost od země je rovněž závislá jednak na výšce napětí, jednak na zalidnění terénu (nad nepřístupnými místy je nižší než v hustě zalidněných oblastech a nad veřejnými komunikacemi).

Protože je namáhání stožárů rozhodujícím způsobem ovlivňováno klimatickými zatíženími (vítr, námraza, teplotní rozdíly), je závislé na klimatických oblastech, kterými trasa vedení prochází, a na rozmístění stožárů v trase. Námraza bývá rozhodující u malých průřezů a velkých výpočtových pevností, např. u zemnicích lan, v jiných případech způsobuje větší průvės lana zpravidla jeho oteplení.

Konstrukční řešení hlavy stožárů ovlivňují druhy a tvary použitých izolátorů a izolátorových závěsů. Podle způsobu namáhání rozlišujeme podpěrné, závěsné a kotevní

izolátory (obr. 1.6). Podpěrné se používají pro nižší napětí (nejčastěji roubíkové), závěsné (čapkové, talířové, v poslední době tyčové) se sestavují v nosné izolátorové řetězce jednoduché, dvojité svislé, nebo zavěšené do tvaru V. Někdy se používají izolátorové konzoly. [4]



Obr. 1.6: Izolátory a) - roubíkový, b) - nosný izolátorový závěs, c) - kotevní závěs.
(zdroj: [4])

Mezi další faktory, které ovlivňují konstrukční řešení stožáru, patří zvolená statická soustava. V podstatě se vždy jedná o prostorovou prutovou soustavu, která je schopna přenášet svislé zatížení, vodorovné zatížení působící v různých směrech a určité kroutící momenty.

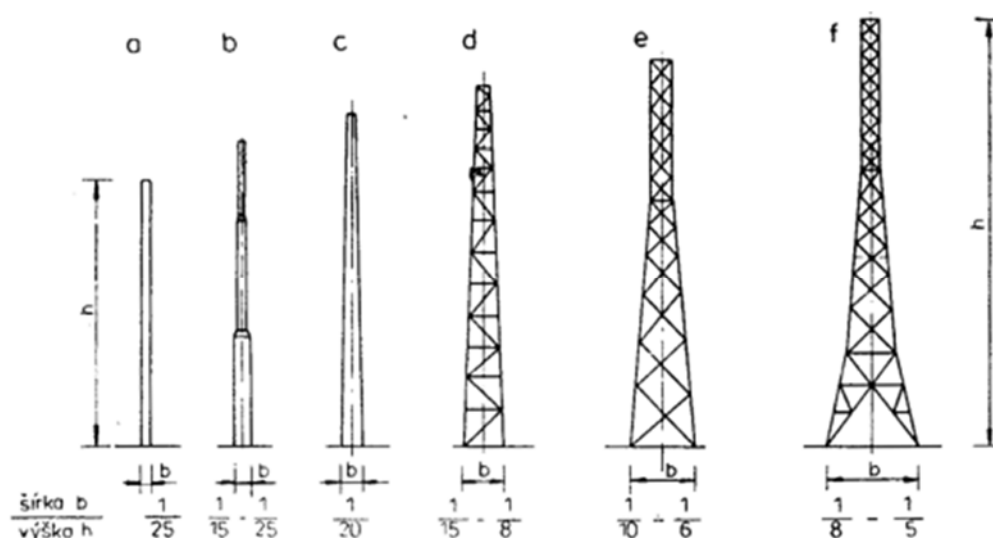
Podle přístupu při statickém vyšetřování je možno rozlišovat konstrukce stožárů:

- jednodřívkové s konzolami (dřík, nejčastěji členitá čtyřboká konstrukce, se dá uvažovat jako jeden členitý vetknutý prut),
- portálová konstrukce, nejčastěji dva dříky spojené příčnickem (při vyšetřování se dají jednotlivé svislé a vodorovné části uvažovat jako členité pruty jednoduchého rámu),
- kotvené stožáry, kde je jednodřívková nebo portálová konstrukce stabilizována kotevními lany (prostorová soustava tvořená několika pruty a lany),
- prostorová prutová konstrukce s různým uspořádáním, kde pro vystižení skutečného působení je nutno ji uvažovat jako prostorovou soustavu s uvážením všech tvořících prvků. [4]

Pro pruty stožáru se převážně používají ostrohranné válcované profily, a to především úhelníky. Pruty jsou nejčastěji tvořeny jedním úhelníkem. V úvahu přicházejí ještě trubky, a to buď jako příhradová konstrukce s dlouhými pruty, nebo jako členitá a rámová konstrukce. [4]

Pro nízké stožáry, jaké se např. vyskytují na nižších napěťových hladinách v distribučních sítích, se používají jednodříkové stožáry s kruhovým průřezem po výšce konstantním, odstupňovaným nebo lineárně proměnným (viz Obr. 1.7 a, b, c).

U menších vedení a nižších stožárů se používají i dřívky ze železobetonu (normálního nebo předpjatého), doplněné ocelovými konzolami. [6]



Obr. 1.7: Průběhy proměnlivosti průřezů po výšce. (zdroj: [6])

Jinak se stožáry pro elektrická vedení téměř výhradně konstruují jako příhradové čtyřboké konstrukce z ostrohranného válcovaného materiálu (nejčastější profil je úhelník). Převládají dřívky, které se směrem k základu rozšiřují. U nosných stožárů to bývá o 40 ÷ 50 mm na 1 m a u výztužných stožárů o 50 ÷ 60 mm na 1 m. Šířka hlavy se pohybuje od 400 mm pro stožáry 35 kV do 1 600 mm pro stožáry 400 kV.

Jednodříkové stožáry s konstantním sklonem mívají společný základ pro všechny čtyři nárožníky. Jsou-li stožáry vyšší, je výhodné nárožníky ve spodní části prudceji lomit nebo stožár rozkročit. (viz Obr. 1.7 f).

Rozměry montážních dílců se řídí dopravními a montážními možnostmi. Styčníky mají zároveň umožnit vhodnější využití materiálu (odstupňování profilů podle statických potřeb), a tak omezit hmotnost stožárů. Montážní dílce jsou dlouhé 5 ÷ 8 m. Spoje jsou šroubované,

menší nárožníkové úhelníky jsou jednoduše přivařeny. U těžších stožárů jsou spoje řešeny pomocí přílohek. Výplňové pruty jsou zásadně tvořeny z jednoduchých úhelníků a k nárožníkům se připojují svařováním nebo šrouby, pokud možno bez styčnickových plechů. Styčnickové plechy bývají jen v místech montážních šroubovaných spojů. Jednoduchá výplň se připojuje z vnitřní strany. U stožárů namáhaných větší smykovou silou, jako je tomu např. u výztužných stožárů nebo následkem kroucení, se používají zkřížené diagonály nebo násobná (mřížová) výplň. Úhelníky mají menší profily a připojují se bez styčnickových plechů střídavě na vnitřní a vnější straně. [6]

Jako povrchová ochrana stožárů se používá jeden z těchto tří druhů:

- tradiční nátěr, (základní + 2 vrstvy vrchního),
- pozinkování,
- použití oceli se zvýšenou odolností proti povětrnostní korozi (Atmofix).

Pro velkou pracnost a složitost údržby se dává přednost dlouhodobé povrchové ochraně, kterou je žárové zinkování (popř. s utěšňujícím vrchním nátěrem), nebo oceli odolné proti atmosférické korozi.

Pro konstrukční řešení stožárů je rovněž důležité hledisko údržby a opravy vedení. Přístup na stožár se zpravidla řeší pomocí stupaček umístěných na jednom nebo dvou nárožnících. [4]

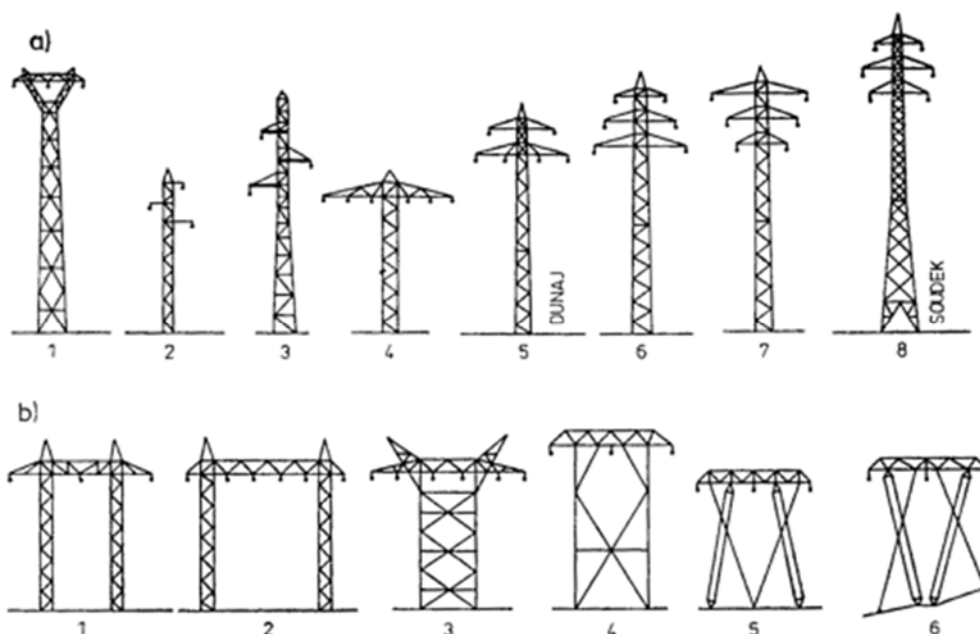
1.3.2 Typy stožárů dálkového vedení

Typ stožáru odpovídá především parametrům vedení (výkon, napětí, systém, vodiče a zemnicí lana, izolátory), dále geometrickému uspořádání vodičů, zatížení vodičů, funkci v trase, větrové a námrazové oblasti, statické soustavě a konstrukci prvků, použitému materiálu a na způsobu spojování.

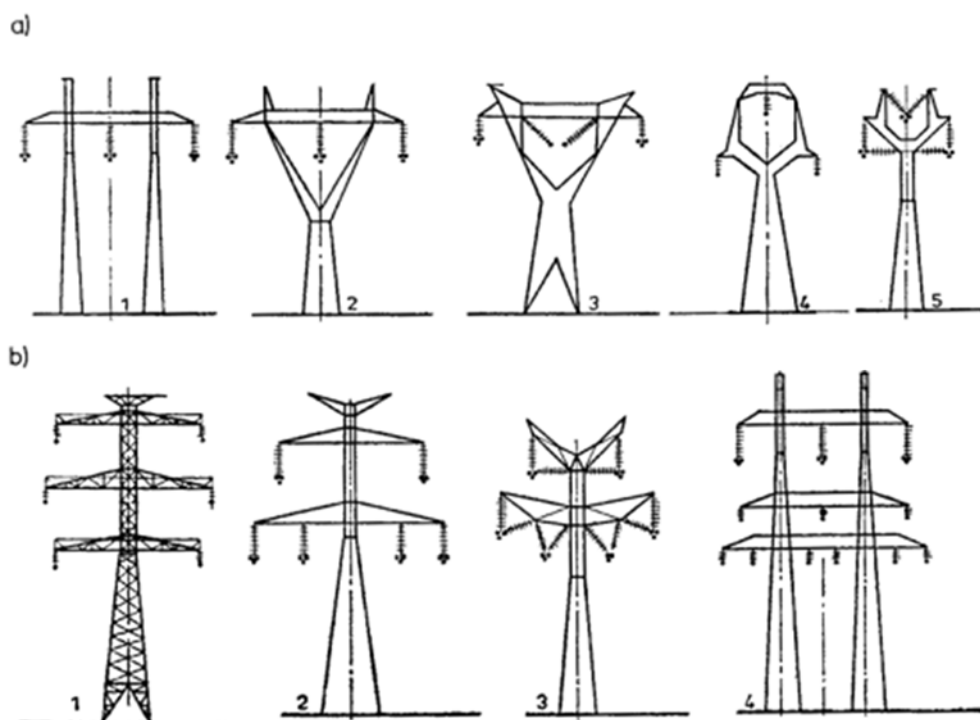
Souhrnným hlediskem třídění může být napětí elektrického vedení, podle kterého je možno rozlišovat skupiny stožárů VVN:

- **pro napětí 110 kV**, relativně lehké konstrukce (viz Obr. 1.8),
- **pro napětí 220 kV**, tvarově podobné stožárům pro 110 kV, avšak vyšší a více namáhané,
- **pro napětí 400 kV** (viz Obr. 1.9), těžké konstrukce z důvodu těžkých vodičů a velkých rozměrů.

Dalším souhrnným hlediskem třídění, které by vystihovalo dispoziční řešení a nosný systém, může být vnější tvar stožáru (rovněž viz Obr. 1.8 a 1.9). [5]



Obr. 1.8: Typy a tvary stožárů vedení 110 kV (220 kV). (zdroj: [5])



Obr. 1.9: Typy a tvary stožárů vedení 400 kV. (zdroj: [5])

Dále je možno stožáry dělit podle jejich funkce a polohy v trase na:

- **Nosné stožáry (N)**

Jsou to mezilehlé stožáry přímé trasy, na kterých jsou vodiče zavěšeny pomocí svislých izolátorových závěsů. Vodorovné složky tahů vodičů se na izolátorech ruší, takže je stožár ve směru vedení namáhán vodorovnou silou jen od tlaku větru na stožár. Převládajícím zatížením je zatížení větrem kolmo na směr vedení.

- **Výztužné (kotevní) stožáry (V)**

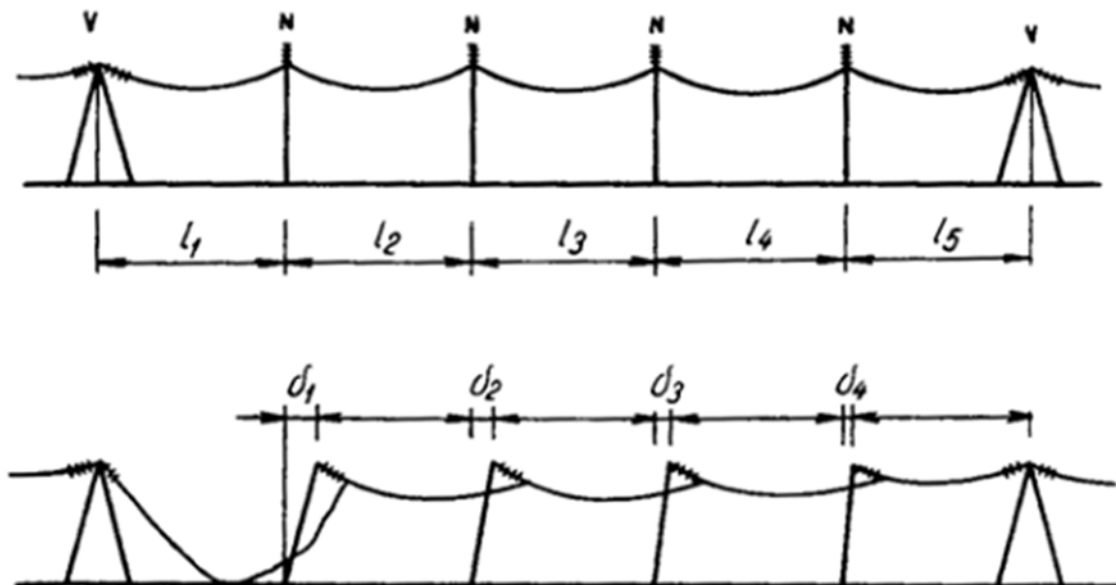
Tyto stožáry vytvářejí na trase pevné body. Vodiče jsou ke stožáru připojeny pomocí kotevních izolátorových závěsů, namáhaných plným tahem vodičů. Vodič přechází přes izolátory přeponkou bez mechanického namáhání. Výztužné stožáry jsou důležité i pro napínání vodičů, proto jsou jejich počet a polohy závislé na postupu montáže vedení. Při dimenzování se zpravidla uvažuje jednostranné zatížení, které odpovídá 2/3 maximálních tahů vodičů a zemního lana.

- **Rohové stožáry (R)**

Jsou v lomech trasy, mohou být jako nosné nebo zároveň výztužné. Rohové stožáry přenášejí výslednici tahů ve vodičích včetně námrazy.

Dále rozeznáváme stožáry **koncové, odbočné, rozvodné, křižovatkové** (při křižování vedení se železnicí, vodní překážkou nebo s jiným vedením libovolného napětí). U velkých vodních překážek vzniká potřeba speciálních stožárů. [5]

Ve vedení většinou převládají nosné stožáry. Minimálně každé 3 km (nejsou-li stožáry dimenzovány na kroucení následkem jednostranného přetržení vodičů) nebo každých 5 km (jsou-li stožáry dimenzovány i na kroucení) musí být vložen výztužný (kotevní) stožár (viz *Obr. 1.10*). Výjimečně v některých případech mohou převládat výztužné stožáry, jsou-li rozmístěny na velmi různých úrovních, v složitém terénu nebo v důležité oblasti (křižovatkové úseky, průmyslové areály). [4]



Obr. 1.10: Trasa s nosnými a výztužnými stožáry (zdroj: [4])

Podle počtu úrovní, v kterých jsou vodiče rozloženy, rozeznáváme:

- rozložení v jedné úrovni, nejčastěji s jedním vedením, neboť dvojitě vedení vyžaduje velké příčníky, stožár je přitom jednoduchý, častěji však dvojdříkový (portálový),
- rozložení ve dvou úrovních (např. dunajský typ); kdy jsou vodiče uspořádány trojúhelníkovitě,
- rozložení ve třech úrovních, při dvojitě vedení je uspořádání symetrické, např. na způsob stromku, obráceného stromku nebo soudku, u jednoduchého vedení je uspořádání nesymetrické. [5]

Portálové stožáry se používají především při rozložení vodičů na jedné úrovni. Mají výhodu v menší výšce stožáru, snadnější montáži vodičů a v tom, že odpadávající námraza nepoškozuje spodní vodiče. Při silnější námraze je nutný portálový stožár, který je vhodnější pro namáhání kroucením následkem přetržení vodiče. Portálové stožáry však potřebují více místa a při vedení podle svahu zpravidla vyžadují i větší výšku. [5]

Vodiče jsou prostřednictvím izolátorů připojeny k dříku stožáru pomocí příčníků u jednoduchých stožárů konzolami, u portálových příčnými nosníky.

1.3.3 Současné trendy

Elektrické dálkové vedení VVN je typická liniová stavba, pro kterou je příznačné, že je tvořena poměrně malým počtem různých komponentů, jako jsou pozemek, stožáry včetně základů, vodiče a zemnicí lana a izolátory. Rozvody musí být prováděny hospodárně, tzn., že je třeba mít na zřeteli současně všechny komponenty a celý proces výstavby, využívání a udržování. Jistou předností dálkových vedení je to, že sortiment tvořících prvků je poměrně malý, takže se dají dobře uplatňovat i optimalizační přístupy. [5]

Z elektrotechnického hlediska se usiluje o snižování ztrát a o zvyšování přenosové schopnosti. Toho se dosahuje volbou vhodných materiálů vodičů a zvětšováním jejich průměru (např. Alfe lana pro 110 kV s průřezem 250 mm², 450 mm² či 670 mm²), zvyšováním napětí, dvojsystémovým nebo vícesystémovým vedením. To vede k vyšším, těžším a komplikovanějším konstrukcím stožárů.

Rozvoj průmyslu a společnosti má za následek stále se zmenšující plochy užitné půdy, proto je pochopitelný tlak, aby pásma zabíraná dálkovými vedeními byla co nejmenší (nejužší), aby se pro nová vedení používaly trasy dožívajících vedení nižších napětí, nebo aby se několik vedení vedlo na společných stožárech a zábor zemědělské půdy byl co nejmenší. To vede k preferenci jednoduchých stožárů a k zmenšování vzdáleností krajních vodičů, a tím k užším a vyšším stožárům. Výkyvy zavěšených izolátorových řetězců vyvolávané tlakem větru se vylučují používáním V-řetězců nebo izolátorových konzol. Stoupající náklady na izolaci jsou přitom kompenzovány zmenšením vzdálenosti mezi jednotlivými fázemi a snížením výšky stožáru. [5]

K hospodárnější výstavbě stožárů přispívá snižování nákladů na materiál (využíváním pevnosti, racionální statickou soustavou, vhodnými profily) i snižování nákladů v oblasti výrobních, montážních a udržovacích nákladů (unifikací uzlů, zhromadňováním výroby, progresivními montážními postupy).

Na základě optimalizačního výběru se unifikují často se vyskytující prvky, detaily a uzly (sortiment, např. geometrie), ustalují se konstrukční, výrobní a montážní zvyklosti, které je možno shrnout do rámcových technologických podmínek.

Vlastní stožáry se pak realizují na základě:

- individuálního řešení, jsou-li vstupní požadavky odlišné od standardních nebo se jedná o jednorázové nebo málonásobně opakované použití,
- řešení sestaveného z typizovaných prvků, resp. uzlů,
- typizovaného řešení, kdy se používá kompletních typových podkladů pro celý stožár; individuálně se řeší osazení stožáru do terénu, a to s přihlédnutím k uzlové typizaci,
- normalizovaného řešení, definovaného geometrií, rozměry prutů, únosností.

Hlavním cílem typizace je dosáhnout na základě podrobnějších rozborů a optimalizačního výběru hospodárného návrhu, vytvářet podmínky pro častější používání. Tím bude celý proces ekonomičtější, protože výroba bude zhromadňována a doba výstavby se zkrátí. [5]

2 Revize a kontroly elektrických zařízení

Provozovaná elektrická zařízení přenosové a distribuční soustavy jsou ve smyslu platných zákonných předpisů považována za vyhrazená elektrická technická zařízení (viz kap. 2.1). Proto jejich bezpečnost a provozuschopnost musí být ověřována revizemi a průběžně musí být prováděna údržba včetně kontrol ve stanovených lhůtách a stanoveném rozsahu.

Distribuční společnosti provozují dva druhy zařízení. Zařízení, na které se vztahuje čl. 3.1 normy ČSN 33 1500 (viz kap. 3.1) a které je třeba pravidelně revidovat ve stanovených lhůtách (např. zařízení vlastní spotřeby rozvoden), popř. ve lhůtách prodloužených podle čl. 3.3, a elektrické zařízení přenosové a distribuční soustavy, která se řídí čl. 3.2 stejné normy.

Ustanovení čl. 3.2 normy ČSN 33 1500 umožňuje distribučním společnostem neprovádět na zařízeních přenosové a distribuční soustavy pravidelné revize, pokud je bezpečnost elektrických zařízení zajišťována pravidelnými kontrolami a údržbou podle vlastního řádu preventivní údržby. Tj. znění čl. 3.2 přenechává zcela odpovědnost za ověřování bezpečného stavu veškerého rozvodného zařízení PS a DS distribučním společnostem. Při těchto činnostech se prolínají jak úkony stanovené pro revizi, tak pro kontrolu. U kontroly se klade důraz na všeobecný technický charakter úkonů, u revize na bezpečnost. [7]

2.1 Vyhrazená technická zařízení

Vyhrazená technická zařízení (VTZ) dle zákona o státním odborném dozoru nad bezpečností práce č. 174/1968 Sb., ve znění novel - § 6b. jsou zařízení se zvýšenou mírou ohrožení zdraví a bezpečnosti osob a majetku, která podléhají dozoru podle tohoto zákona. [8], [9]

Mezi tato VTZ patří zařízení: tlaková, zdvihací, elektrická a plynová.

Podle stupně nebezpečnosti se VTZ dále zařazují do tříd, popřípadě skupin a stanoví se způsob prověřování odborné způsobilosti organizací, podnikajících fyzických osob a fyzických osob k činnostem na těchto zařízeních.

U elektrických zařízení došlo v roce 2010 ke změně, když byla zrušena vyhláška č. 20/1979 Sb. a nahrazena vyhláškou č. 73/2010 Sb., o stanovení vyhrazených elektrických technických zařízení, jejich zařazení do tříd a skupin (zařízení třídy I., skupina A – E, zařízení třídy II., skupina A – J) a o bližších podmínkách jejich bezpečnosti (vyhláška o vyhrazených

elektrických technických zařízeních VETZ), která má již podle názvu zásadní význam pro činnosti v elektrotechnice. [8], [9]

VETZ, které je předmětem této zprávy, patří do třídy II., skupiny A - Zařízení užívaná k výrobě, přeměně, přenosu, rozvodu nebo užití elektrické energie s napěťovými převody vysokého napětí (vn), velmi vysokého napětí (vvn) nebo zvláště vysokého napětí (zvn) se jmenovitým výkonem nad 5 MW.

2.2 Rozsah, lhůty a evidence kontrol VETZ

Bezpečnost a spolehlivost přenosu elektrické energie má na starosti provozovatel přenosové soustavy. Bezpečnost a spolehlivost distribuce elektrické energie mají na starosti společnosti zabývající se jak distribucí elektrické energie, tak i například výrobou. Každá takováto společnost musí mít pro všechny typy elektrických zařízení svůj Řád preventivní údržby. [17]

ŘPÚ (blíže viz kap. 4.2) je definován jako předpis organizace pro provádění preventivní údržby elektrického zařízení obsahující způsob, lhůty a další nezbytné náležitosti zabezpečující provádění vlastní preventivní údržby.

Preventivní údržbou se pak rozumí souhrn činností zaměřený na udržení provozu schopného a bezpečného stavu elektrického zařízení. ŘPÚ obsahuje: úvodní ustanovení základní pojmy, pracovní postupy, záznamy o provedených kontrolách, vazby mezi dokumenty a další. [7]

2.2.1 Pracovní postupy pro vedení VVN

Součástí ŘPÚ jsou pracovní postupy. Na konkrétním zařízení se ve většině případů provádí i více druhů pravidelných kontrol a údržby v různých cyklických intervalech. Dle ŘPÚ vykonává vybraná společnost na vedení VVN následující pracovní postupy (viz Tab. 2.1). [17]

Tab. 2.1: Pracovní postupy dle ŘPÚ pro venkovní vedení VVN. (zdroj: [16], [17])

ID - - PP	Pracovní postup	Lhůty (měsíc)	Jednotky	Činnosti
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola dodržování ochranného pásma.
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola stavu lesních průseků a jednotlivých dřevin v ochranném pásmu.

601	prohlídka	12	(km)	Kontrola vzdáleností od objektů z hlediska dotykových napětí ve smyslu čl. 5.4.2. PNE 33 0000-1.
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola stavu izolátorových řetězců, armatur, tlumičů vibrací, distančních rozpěrek.
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola fázových vodičů, zemních lan, spojů, KZL včetně spojovacích krabic, příp. závěsného optokabelu.
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola optických spojovacích krabic, tlumičů vibrací.
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola celkového stavu stožáru vč. konstrukcí a jeho stability.
601	prohlídka	12	(km)	U stožárů z Atmofixu (1) věnovat mimořádnou pozornost korodování úhelníků a zejména šroubových spojů a místům vetknutí do betonových základů.
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola celistvosti základu a stavu okolních dřevin.
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola případného poškození nebo vychýlení podpěrných bodů z trasy.
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola stavu výstražných tabulek, číslování stožárů a značení systémů.
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola připojených uzemnění a stavu jeho uložení, svorek.
602	lezecká údržba	96	(km)	Kontrola stavu ocelové konstrukce a základu.
602	lezecká údržba	96	(km)	Kontrola pevnosti spojů, zejména uvolnění nebo deformace diagonál.
602	lezecká údržba	96	(km)	Kontrola kritických míst podléhajících zvýšené korozi, zejména vetknutí konstrukce do betonu.

602	lezecká údržba	96	(km)	Kontrola horních prutů konzol a jejich styků se svislou konstrukcí.
602	lezecká údržba	96	(km)	Kontrola šroubových spojů, svárů - zda se neobjevují trhliny.
602	lezecká údržba	96	(km)	U stožárů z Atmofixu (1) věnovat mimořádnou pozornost korodování úhelníků a zejména šroubových spojů a místům vetknutí do betonových základů.
602	lezecká údržba	96	(km)	Kontrola stavu povrchové ochrany stožárů, armatur.
602	lezecká údržba	96	(km)	Kontrola stavu vodičů a zemního lana.
602	lezecká údržba	96	(km)	Kontrola upevnění armatur, šroubových spojek, kotevních a nosných armatur.
602	lezecká údržba	96	(km)	Kontrola izolátorových závěsů, svorek zemního lana.
602	lezecká údržba	96	(km)	Kontrola vzdálenosti vodičů od konstrukcí, nejmenší vzdálenosti vodičů nad terénem, vzdálenosti od křižujících zařízení a objektů (včetně stromů) v ochranném pásmu vedení.
602	lezecká údržba	96	(km)	Kontrola, obnova barevného označení systémů.
603	měření uzemnění	48	Počet stožárů s uzemněním	Měření uzemnění stožárů a rezistivity půdy ve smyslu platné ČSN.
605	diagnostika - termovize	48	(km)	Měření oteplení proudových spojů a vybavení vedení termovizí.

Pozn.: (1) Atmofix (patinující ocel). Základní specifickou vlastností ocelí se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi (tzv. patinujících ocelí) je jejich schopnost tvořit za vhodných atmosférických podmínek postupně na svém povrchu vrstvu oxidů (patiny), která významně zpomaluje rychlost koroze. Oceli Atmofix byly v ČSSR vyvinuty po r. 1968 a v ČR využity pro celou řadu nosných ocelových konstrukcí i architektonických aplikací. Nejrozšířenější použití je u mostních konstrukcí a stožárů v přenosových soustavách VVN.

Jak je vidět z *Tab. 2.1*, každý pracovní postup obsahuje podrobnější seznam pracovních úkolů, které je nutno provést při vykonávání např. lezecké údržby nebo prohlídky (viz *Obr. 2.1*). Konkrétní úkoly se mohou v rámci pracovních postupů prolínat. Jednotlivá vedení bývají rozdělena do údržbových úseků. [17]



Obr. 2.1: Diagnostika a prohlídka venkovního vedení. (zdroj: [17])

2.2.2 Četnost a záznamy kontrol

V ŘPÚ jsou stanoveny lhůty vedené snahou po objektivní četnosti kontrol a úkonů ve vazbě na čas potřebný k odstranění zjištěných nedostatků, ve vazbě na složitost a rizikovost zařízení. [7]

Při stanovení lhůt se zvažují:

- provozní zkušenosti s jednotlivými druhy zařízení dle jejich konstrukčního a přístrojového vybavení,
- technické podmínky příslušného výrobce zařízení z hlediska lhůt stanovených pro údržbu,
- význam příslušného zařízení na provozní spolehlivost (úroveň smluvně stanovené spolehlivosti dodávky elektřiny),
- vyhodnocení působení vnějších vlivů v příslušné lokalitě, kde je zařízení umístěno. [7]

Kontroly a jednotlivé úkony jsou předepsány u každého druhu zařízení. Lhůty jsou maximální, a proto jsou závazné. V případě potřeby jsou úkony prováděny i v mezidobí dle uvážení provozovatele.

ŘPÚ stanovují i způsob evidence písemných záznamů podepsaných pověřeným pracovníkem. Forma písemných záznamů může být rozličná. Záznam však musí obsahovat vymezení rozsahu zařízení, stručný soupis provedených úkonů včetně výsledků měření a zkoušek, soupis zjištěných závad a způsob jejich odstranění (oprava, výměna, seřízení), jméno a podpis kontrolu provádějícího pracovníka. Pro svoji potřebu mají distribuční společnosti zpracovány tiskopisy záznamů pro jednotlivé druhy zařízení, které administrativní záležitosti zjednodušují. [7]

Doporučená lhůta pro aktualizaci ŘPÚ je 5 let. Důvody pro jejich aktualizaci jsou následující:

- Technický vývoj elektrických strojů, přístrojů a materiálů zařazovaných do elektrických rozvodných zařízení vyvolává odlišnou náročnost na obsah a lhůty jednotlivých údržbových a kontrolních úkonů
- Vyhodnocení praktické účinnosti prováděných údržbových a kontrolních úkonů v jednotlivých lokalitách může vyvolat nutnost změny jejich lhůt i změny jejich rozsahu;
- Rozvoj přenosové a distribuční soustavy výstavbou nových zařízení může ovlivnit stupeň důležitosti stávajících zařízení a tím i rozsah údržbových i kontrolních úkonů.

Nutno respektovat skutečnost, že v jednotlivých lokalitách nebo různých místech přenosové a distribuční soustavy mohou být lhůty pro stejný druh i typ zařízení stanoveny odlišně dle praktické potřeby. [7]

2.3 Spolehlivostně orientovaná údržba

Údržba je z hlediska spolehlivosti stav zařízení, kdy daný prvek (nebo skupina prvků) není schopný plnit svou funkci, protože je v údržbovém prostoji.

Pojem Spolehlivostně orientovaná údržba (Reliability Center Maintenance - RCM) se v oblasti elektroenergetiky objevuje až v 90. letech 20. století. Účelem RCM je změnit údržbové prostoje zařízení tak, aby byla zaručená spolehlivost tohoto zařízení. Jde o princip údržby podle skutečného stavu zařízení, nikoli podle času.

RCM je rozhodovací nástroj, který dovoluje řídit nebo zlepšovat program údržby, může jej zefektivnit a zoptimalizovat. [17]

2.3.1 Cíle systému RCM

Cílem RMC je vytvořit strategii údržby tak, aby se minimalizovali celkové provozní náklady při zachování nezbytné míry spolehlivosti, bezpečnosti a ohleduplnosti k životnímu prostředí provozovaných zařízení.

Znamená to, že se pro každé zařízení sestaví rovnice celkových provozních nákladů a hledá se její lokální minimum.

K sestavení této rovnice je potřeba vykonat řadu kroků:

- Určit všechna zařízení, která podléhají údržbě,
- Stanovení unce těchto zařízení,
- Určit výsledný model stárnutí zařízení,
- Stanovit důležitost zařízení,
- Identifikace poruch zařízení a jejich následky,
- Sestavit rovnici celkových provozních nákladů a nalezení vhodné formy údržby

Důležitým krokem při nasazení systému RCM je určit zařízení, která budou podléhat údržbě. Pro oblast přenosových a distribučních sítí se jedná o zařízení např. transformátory, venkovní a kabelová vedení, spínací prvky, ochranná zařízení a další. Pro tyto prvky je důležité určit model stárnutí a důležitost prvku (vyjádřeno náklady na údržbu prvku, na opravy prvku a náklady spojenými s výpadkem prvku).

K určení optimálního intervalu údržby pro systém či zařízení je nutno určit režimy poruch, které mohou mít prospěch z periodické údržby. Důležitostí se rozumí významnost zařízení z hlediska dopadu jeho poruchy na provoz celého systému. Čím jsou následky výpadku zařízení závažnější, tím je důležitější. Důležitost zařízení je přímo závislá na velikosti nákladů na výpadek zařízení.

2.3.2 Typy údržby

- **Prohlídka zařízení z účelem odhalení vznikající funkční poruchy**

Ve snaze odhalit potenciální poruchy se v určitých časových intervalech provede prohlídka zařízení.

- **Provoz do poruchy, korektivní údržba**

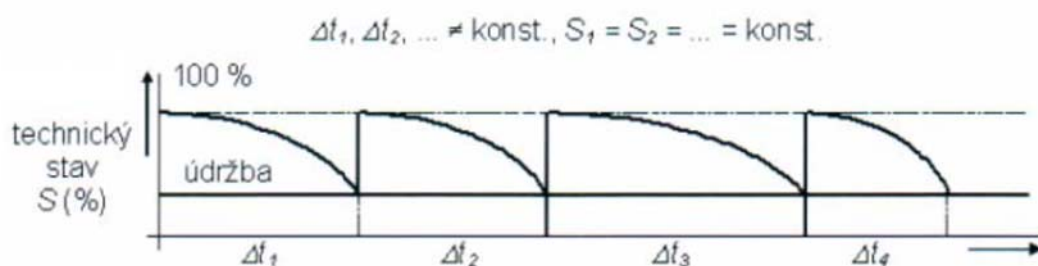
Zařízení je provozováno, dokud nedojde k poruše, až poté následuje buď oprava, nebo výměna za nový kus.

- **Plánovaná, preventivní údržba**

Bez ohledu na skutečný stav zařízení se na základě zkušeností z provozu, informací od výrobce, optimalizačního výpočtu stanoví termíny pravidelných prohlídek, údržby a oprav.

- **Údržba podmíněná stavem** (viz Obr. 2.2)

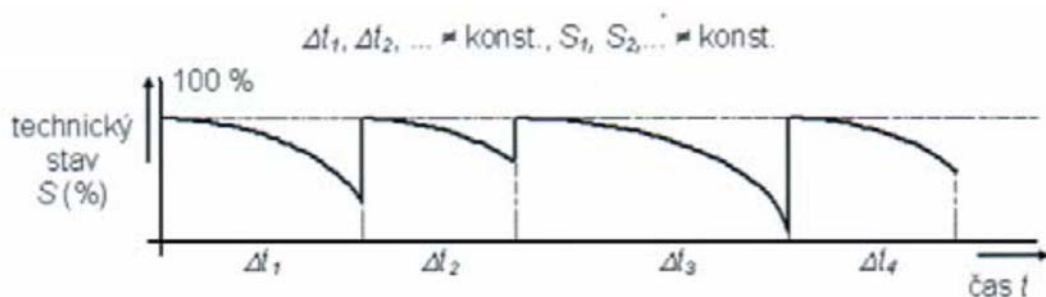
Stav zařízení se zjišťuje pomocí monitorovacích systémů a diagnostických metod. Na stavu zařízení se usoudí, jak dlouho bude zařízení pravděpodobně schopné normálního provozu do vzniku poruchy. Poměrně nákladná záležitost.



Obr. 2.2: Údržba podmíněná stavem. (zdroj: [17])

- **Spolehlivostně orientovaná údržba** (viz Obr. 2.3)

Za pomoci matematických modelů se pro daný prvek (skupinu prvků) stanoví optimální systém údržby tak, aby náklady na údržbu byly minimální, ale aby nebyl snížena spolehlivost daného systému. [17]



Obr. 2.3: Spolehlivostně orientovaná údržba. (zdroj: [17])

2.3.3 Přístupy k RCM

V rámci rozvodných elektrických sítí VVN je možné zvolit dva základní přístupy k zavádění RCM.

Jeden přístup vede k optimalizaci údržbového cyklu pro všechny prvky a skupiny prvků daného typu. Druhý přístup vede ke stanovení pořadí údržby konkrétních prvků téhož typu. Oba přístupy se shodují s teorií zavádění RCM. Aplikace jednotlivých přístupů se určuje podle konkrétního typu prvku distribuční sítě. Srovnání přístupů je vidět v *Tab. 2.2*.

Tab. 2.2: Srovnání přístupů k RCM. (zdroj: [17])

Optimalizace údržbového cyklu	Stanovení pořadí prvků pro údržbu
Počet prvků daného typu je vysoký.	Počet prvků daného typu není vysoký.
Obecně má prvek daného typu nízkou důležitost.	Prvek daného typu má vysokou důležitost
Není možno získat náklady na konkrétní prvek daného typu.	Musí se stanovit hranice, od kdy má cenu zahájit údržbu.
Při analýze události (porucha, výpadek) není možno zjistit konkrétní prvek.	Při analýze události (porucha, výpadek) je možno zjistit konkrétní prvek.
	Je možné monitorování zařízení (on-line).
	Musíme být schopni určit stav a důležitost zařízení.

Optimalizace údržbového cyklu je vhodná pro většinu prvků hladiny vn (nn) např. distribuční trafostanice vn/nn, vedení vn.

Stanovení pořadí prvků pro údržbu je vhodný pro prvky napěťové hladiny 110 kV, případně důležité prvky hladiny vn. Jde o vypínače 110 kV, transformátory 110 kV/nn, vedení 110 kV a další. [17]

2.3.4 Stanovení optimální periody údržby

Optimální perioda údržby vychází z nákladové funkce, kdy je pro každé zařízení sestavena rovnice celkových provozních nákladů jako funkce intenzity údržby a hledá se její lokální minimum.

Nákladová rovnice má tvar:

$$N_C = N_U + N_O + N_V \quad (\text{Kč/rok}),$$

kde:

- N_U (Kč/rok) ... náklady na údržbu,
- N_O (Kč/rok) ... náklady na opravu,
- N_V (Kč/rok) ... náklady na výpadek.

To, že se nebudou jednotlivé nákladové položky časem měnit nebo že jejich procentní nárůst bude přibližně stejný, je hlavním zjednodušujícím předpokladem pro vyčíslení nákladových položek. Náklady na údržbu a na opravu závisí na intenzitě údržby a intenzitě oprav, tedy na druh a stavu prvku (model stárnutí). Náklady na výpadek závisí na druhu, stavu a umístění prvku v elektrizační soustavě. [17]

3 Související legislativní předpisy

3.1 ČSN 33 1500

Revize elektrických zařízení (současně i revize všech vyhrazených technických zařízení) představují nedílnou a závažnou součást hlavních aktivit distribučních společností, jejichž základním posláním je zabezpečování nákupu, distribuce, prodeje elektřiny a poskytování souvisejících služeb zákazníkům na území vymezeném v licenci a plnění dalších úkolů vyplývajících ze zákona č. 458/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů, tj. "Zákona o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)".

Základní technickou normou pro provádění revizí elektrických zařízení a zařízení pro ochranu před účinky atmosférické a statické elektřiny (dále jen elektrických zařízení) je ČSN 33 1500 "Revize elektrických zařízení", která byla schválena 16. 6. 1990 a vstoupila v platnost v červnu 1991.

Při tvorbě normy byla jako cílový stav revize stanovena bezpečná funkce elektrických zařízení podmíněná pravidelnou a odbornou údržbou s posílením úlohy výchozích revizí. Výsledkem práce byla a nadále je stručná norma, stanovující hlavní obecné zásady pro provádění revizí elektrických zařízení.

Norma byla doplněna v srpnu 1996 o Změnu 1 a v dubnu 2000 o Změnu 2. Obě tyto změny (kromě dalšího) upravují i články řešící problematiku pravidelných revizí a z nich plynoucí možnosti při provádění pravidelných kontrol a údržby dle Řádu preventivní údržby organizace.

Změna 3 vydaná v dubnu 2004 a Změna 4 ze září 2007 aktualizují a doplňují (kromě dalších ustanovení) i přehled citovaných a souvisejících norem a souvisejících právních předpisů na současný stav.

Protože se na tvorbě normy a jejích změn podíleli zástupci energetiky, jsou v ní zapracovány i odchylky od běžných zvyklostí, které jsou nutné pro stavbu a provozování rozvodných zařízení.

Ve smyslu zákona číslo 22/97 Sb. ve znění pozdějších předpisů, tj. "Zákona o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů", přestala být ustanovení všech technických norem od 1. 1. 2000 závazná. Z tohoto pohledu by se mohlo zdát, že nezávazným se stalo i provádění revizí elektrických zařízení.

Předpisem vyšší právní síly, než je technická norma, je však vyhláška 73/2010 nahrazující vyhlášku ČÚBP a ČBÚ č. 20/1979 Sb., kterou se určují vyhrazená elektrická zařízení a stanoví se některé podmínky k zajištění jejich bezpečnosti. Organizaci provozující zařízení (provozovatel) je zde uloženo zajistit v rámci preventivní údržby vykonání předepsaných kontrol zařízení (revize, zkoušky, prohlídky apod.) se zřetelem k podmínkám, za nichž je zařízení provozováno.

Rovněž zákon č. 458/2000 Sb. ukládá v § II, odst. I pod bodem c) držitelům licence povinnost zajistit, aby technická zařízení používaná k výkonu licencované činnosti splňovala požadavky bezpečnosti a spolehlivosti, stanovené právními předpisy a technickými normami.

Z uvedeného i navazujících vyhlášek Ministerstva průmyslu a obchodu a Energetického regulačního úřadu vyplývá, že povinnost provádět revize elektrických zařízení neskončila se závazností technických norem. Obecně je možno konstatovat, že existují právní předpisy, kterými je stanovena povinnost dodržovat konkrétní technické normy. V těchto případech sice není technická norma závazná a její nedodržení není v rozporu se zákonem. Jde však o nedodržení toho právního předpisu, který povinnost dodržení technické normy stanovil. Příkladem toho je systém energetické legislativy, jakožto souboru právních předpisů a technických norem, které na sebe navazují.

Norma ČSN 33 1500 rozeznává dva druhy revizí, a to výchozí a pravidelné. Účelem revize elektrických zařízení je ověřování jejich stavu z hlediska požadavků základní bezpečnosti, které jsou na něj kladeny, tj. zda je zajištěno, že osoby, užitková zvířata a majetek budou přiměřeně chráněny před nebezpečími, která mohou elektrická zařízení (za stanovených podmínek provozu) elektrickým proudem, napětím nebo jevy vyvolanými účinky elektřiny způsobovat. [10]

Lhůty pravidelných revizí provozovaných elektrických zařízení stanovuje ČSN 33 1500 v tab. I a konkretizuje je v dalších člancích této normy s tím, že z povinností provádění pravidelných revizí vyjímá za určitých podmínek elektrická zařízení uvedená v čl. 3.2 normy.

Text znění čl. 3.2, který vstoupil v platnost vydáním změny Z2 - ČSN 33 1500 v dubnu 2000 zní: *"V distribuční a přenosové soustavě dodavatele elektrické energie se nemusí provádět pravidelné revize, pokud bezpečnost elektrických zařízení je zajišťována pravidelnými kontrolními a údržbou podle řádu preventivní údržby"*. Přičemž ŘPÚ je definovaný jako předpis organizace pro provádění preventivní údržby elektrického zařízení, obsahující způsob, lhůty a další nezbytné náležitosti zabezpečující provádění vlastní preventivní údržby. Preventivní údržbou se pak rozumí souhrn činností zaměřený na udržení provozu schopného a bezpečného stavu elektrického zařízení.

Organizacím s vypracovaným a vydaným řádem preventivní údržby, který pravidelnými kontrolami a údržbou elektrických zařízení zajišťuje jeho bezpečnost, umožňuje ČSN 33 1500 zněním čl. 3.3 prodloužit lhůty pravidelných revizí normou stanovených zařízení až na dvojnásobek za předpokladu, že pravidelné kontroly zařízení budou prováděny nejméně ve lhůtách pro pravidelné revize daného zařízení. Z uvedeného tudíž vyplývá, že řád preventivní údržby musí stanovit lhůty a způsob provádění pravidelných kontrol (kontrola elektrického zařízení je činnost, při které se zjišťuje stav elektrického zařízení prohlídkou, zkoušením, měřením apod.). V případech prodloužení lhůt pravidelných revizí dle čl. 3.3 normy stanovuje řád preventivní údržby i lhůty pravidelných revizí a způsob evidence jejích výsledků.

O výsledcích pravidelných kontrol a odstranění zjištěných závad je nutno provádět písemné záznamy podepsané organizací pověřeným pracovníkem, který nemusí mít kvalifikaci revizního technika. Ze záznamu musí vyplynout, zda zařízení je nadále schopno bezpečného provozu a jaký je technický stav zařízení z hlediska provedených úkonů. [11]

3.2 ČSN EN 50110-1

ČSN EN 50110 -1 "Obsluha a práce na elektrických zařízeních" vydaná v listopadu 2003 zmiňuje problematiku revizí v kap. 5 "Běžné provozní postupy, v souvislosti s kontrolou funkčního stavu zařízení". Za tyto kontroly norma považuje kromě revizí i měření a zkoušení elektrických zařízení.

Z hlediska revizí a s revizí souvisejících úkonů (prohlídka zařízení, zkoušení a měření) a požadavků pro provedení revize (kvalifikace osob, požadavek na technickou dokumentaci revidovaného zařízení, zaznamenání výsledků (i revize) nestanovuje norma žádné nové podmínky nad rámec našich legislativních předpisů a ČSN 33 1500.

ČSN EN 50110 -1 potvrzuje i základní účel revize, kterým je ověření, zda elektrické zařízení je v souladu s bezpečnostními a technickými ustanoveními příslušných norem a předpisů, připouští i revizí ověření normálního provozního stavu zařízení. Klade důraz u nových elektrických případně u stávajících rozšiřovaných zařízení na provedení výchozí revize před uvedením zařízení do provozu. U stávajících zařízeních pak na provádění pravidelných revizí a kontrol zařízení ve vhodných lhůtách s cílem předcházet závadám. Stanovuje však požadavek, provádět revize a související činnosti takovým způsobem, prostředky a postupy, aby zabránilo možnému nebezpečí zranění od elektrického zařízení. [11]

3.3 Podnikové normy energetiky

Revizní a kontrolní činnost je v distribučních společnostech chápána jako činnost, jejímž cílem je zabezpečování trvalé kvality služeb odběratelům. V této souvislosti nelze opomenout tvorbu podnikových norem energetiky (PNE) pro přenos a rozvod elektrické energie jako jeden z prvků pro zabezpečení kvality přejímaných a nakupovaných zařízení, pro zabezpečení činností souvisejících s posláním společnosti, ale zároveň i pro provádění revizí, kontrol a zajištění bezpečnosti při obsluze a práci na elektrických zařízeních.

Dokladem toho je norma **PNE 33 0000-3** "Revize a kontroly elektrických zařízení přenosové a distribuční soustavy" (blíže viz kap. 4), jejíž čtvrté vydání vstoupilo v platnost 1. 1. 2017 a která navazuje na základní ustanovení ČSN 33 1500 týkající se terminologie, základních požadavků na bezpečnost a na spolehlivost ve smyslu energetického zákona (č. 458/2000 Sb.).

Spolehlivost elektrického rozvodného zařízení je v uvedené normě definována (ve smyslu prováděných revizí a kontrol) jako stav elektrického rozvodného zařízení, který splňuje požadavky technických norem pro daný druh rozvodných zařízení a zajišťuje tak jeho provozuschopnost.

Norma PNE 33 0000-3 se vztahuje na výchozí revize nových elektrických rozvodných zařízení distribuční a přenosové soustavy a provádění pravidelné kontroly stávajících rozvodných zařízení podle Řádu preventivní údržby. Norma stanovuje základní podmínky a postupy pro ověřování elektrických rozvodných zařízení distribuční a přenosové soustavy z hlediska jejich bezpečnosti a spolehlivosti. Proto je součástí této zprávy samostatná kap. 4 věnovaná této normě.

Kontroly stávajících elektrických zařízení jsou uskutečňovány podle předpisů a norem platných v době uvedení rozvodného zařízení do provozu. Lze konstatovat, že norma svým obsahem je důležitým technickým podkladem pro zabezpečení požadavků již citovaných legislativních předpisů, PPPS, PPDS, ale i navazujících technických norem a předpisů. Dalším dokladem normotvorné činnosti energetických distribučních společností je zpracování **PNE 33 0000-6** "Bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických rozvodných zařízeních distribuční a přenosové soustavy". Tato norma, která vychází z ČSN EN 50110-1, stanovuje základní podmínky bezpečnosti při obsluze a práci na zařízení distribuční a přenosové soustavy a dále podmínky bezpečnosti při provádění činností vykonávaných za jiným účelem v blízkosti elektrických zařízení nebo v jeho ochranném pásmu s ohledem na nebezpečí úrazu od elektrického zařízení. [12]

V *Tab. 3.1* převzaté ze zmiňované normy PNE 33 0000-6 je např. možno vidět nejkratší vzdálenosti porostu od vodičů venkovního vedení VVN. [19]

Tab. 3.1: Nejkratší vzdálenosti porostu od vodičů venkovního vedení 110 kV, 220 kV a 400 kV. (zdroj [19])

1	2	3	4
Dle PNE 33 3300	Lze vylézt (ano/ne)	Minimální vzdálenost od vedení (m)	Vzdálenost pro ořez (m)
Vedení 110 kV	ano	2,5	4,5
	ne	1	3
Vedení 220 kV	ano	3,5	
	ne	2	
Vedení 400 kV	ano	4,5	
	ne	3	
Ve sloupci 2 je uvedeno rozdělení porostů, u kterých se předpokládá výstup osob a u kterých se nepředpokládá výstup osob. Vzhledem k vychýlení porostu účinkem klimatických nebo dynamických jevů jsou uvedené minimální vzdálenosti ve sloupci 3 u vedení 110 kV přiměřeně zvětšeny alespoň o 2 m, viz sloupec 4.			

V prosinci loňského roku vešla v platnost nová norma týkající se revizí venkovních vedení VVN, kterou je **PNE 33 3300-1** (1. vydání) "Metodika měření a vyhodnocování uzemnění venkovních vedení *vvn* a *zvn*", která je doplněním normy PNE 33 3300, kapitoly 6 včetně příloh G,H.

Odpor uzemnění stožáru má vliv na bezpečnost osob (dotykové a krokové napětí), provozní spolehlivost vedení (četnost výpadků při bouřkách) a správný provoz ostatních elektrozařízení v blízkosti elektrických vedení *vvn* a *zvn*.

Tato norma se zabývá:

- kontrolou správné funkce uzemnění stožárových konstrukcí měření,
- měřením rezistivity půdy pro správný návrh strojeným zemničů projektovaných vedení,
- kontrolním výpočtem dotykových napětí,
- doporučením pro návrh zemničů. [20]

3.4 Sdružení ČSRES a platné podnikové normy

Sdružení právnických osob ČSRES, které bylo založeno v Praze dne 4. dubna 1995 a jehož členy jsou ČEPS, PREdistribuce, E.ON Distribuce a ČEZ Distribuce zveřejňuje nově vydávané Podnikové normy energetiky (PNE), které jsou obecně nižším stupněm technických norem a které vhodným způsobem doplňují soustavu norem ČSN v oblasti elektroenergetiky.

Předmětem činnosti tohoto sdružení jsou aktivity zaměřené na podporu členů sdružení při uplatňování a ochraně jejich společných zájmů, zejména na:

- oblast legislativně – právní,
- oblast regulace provozovatelů distribučních soustav a provozovatele přenosové soustavy,
- oblast provozování distribučních soustav a oblast provozování přenosové soustavy,
- oblast ostatních činností sdružení a spolupráce se zájmovými korporacemi působícími v českém a zahraničním prostředí.

Z pohledu zákona č. 458/2000 Sb. lze chápat normy PNE jako technické normy výrazně oborového charakteru, přejímané organizacemi elektroenergetiky do svých vnitřních předpisů převážně závazného charakteru, a uplatňované při technických řešeních rozvodných zařízení i v rámci smluvních vztahů s dodavateli mimo elektroenergetiku. [13]

Mezi v současnosti platné normy PNE týkající se elektrotechnických zařízení patří:

- PNE 33 0000 – 1 (6. vydání): Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribučních soustavách a přenosové soustavě.
- PNE 33 0000 - 2 (5. vydání + Změna 1): Stanovení základních charakteristik vnějších vlivů působících na rozvodná zařízení distribuční a přenosové soustavy.
- **PNE 33 0000 - 3 (4. vydání): Revize a kontroly elektrických zařízení přenosové a distribuční soustavy.**
- PNE 33 0000 - 4 (3. vydání): Příklady výpočtů uzemňovacích soustav v distribuční a přenosové soustavě dodavatele elektřiny.
- **PNE 33 0000 - 6 (3. vydání + Změna 1): Obsluha a práce na elektrických zařízeních pro přenos a distribuci elektrické energie.**
- PNE 33 0000 - 9 (1. vydání): Navrhování a umístování svodičů přepětí v sítích 110 kV.
- PNE 33 0122 (1. vydání): Pokyn pro používání evropské normy EN 50160.

- PNE 33 0405 - 1 (1. vydání): Navrhování venkovní elektrické izolace podle stupně znečištění – Část 1: Porcelánové a skleněné izolátory pro sítě se střídavým napětím.
- PNE 33 0405 - 2 (1. vydání): Navrhování venkovní elektrické izolace podle stupně znečištění, část 2: Polymerové izolátory pro sítě se střídavým napětím.
- PNE 33 3041 (3. vydání): Zkratové proudy - výpočet účinků, část 2: příklady výpočtů
- PNE 33 3042: Příklady výpočtů zkratových proudů ve střídavých sítích.
- **PNE 33 3300 - 1 (1. vydání): Metodika měření a vyhodnocování uzemnění venkovních vedení vvn a zvn.**
- PNE 33 3300 (1. vydání): Navrhování a stavba venkovních vedení nad AC 45 kV.
- PNE 34 7509 (+ změna 1): Holé vodiče pro venkovní vedení ze soustředěně slaněných kruhových drátů.
- PNE 35 7041 (1. vydání): Bezpečnostní označení trvalého charakteru osazená v distribučních soustavách a přenosové soustavě.
- PNE 35 9700 (4. vydání): Dielektrické pracovní pomůcky pro běžné použití v distribuční a přenosové soustavě.
- PNE 35 9705 (2. vydání): Uzemňovací a zkratovací soupravy pro distribuční a přenosovou soustavu.
- PNE 35 9705 (2. vydání) - změna 1: Uzemňovací a zkratovací soupravy pro distribuční a přenosovou soustavu.
- PNE 38 1981 (3. vydání): Osobní ochranné prostředky a pracovní pomůcky pro elektrické stanice distribučních soustav a přenosové soustavy
- PNE 73 4450 - 2 - 1: Fyzická ochrana prvků kritické infrastruktury a ostatních objektů odvětví energetika - elektřina - Přenosová a distribuční soustava. [14]

Pozn.: Normy zaměřené přímo na zkoumanou problematiku týkající se diagnostiky a inspekce venkovních vedení VVN jsou v seznamu zvýrazněny.

4 PNE 33 0000 – 3 (4. vydání)

Podniková norma energetiky pro přenos a rozvod elektrické energie PNE 33 0000 – 3 (4. vydání) s názvem Revize a kontroly elektrických zařízení přenosové a distribuční soustavy nahrazuje podnikovou normu PNE 33 0000 – 3 z 1. 1. 2009 (3. vydání) a platí pro výchozí revize nových elektrických rozvodných zařízení DS a PS a prováděné pravidelné kontroly stávajících rozvodných zařízení podle Řádu preventivní údržby. [15]

Její konečný návrh odsouhlasily tyto organizace: ČEPS, ČEZ Distribuce, E.ON Czech, E.ON Distribuce a PREdistribuce.

Pro potřeby předkládané zprávy jsou dále vybrány pouze související pasáže.

4.1 Pravidelné kontroly a revize

Provozovaná elektrická rozvodná zařízení přenosové a distribuční soustavy jsou ve smyslu platných zákonných předpisů považována za vyhrazená elektrická technická zařízení. Proto jejich bezpečnost musí být ověřována revizemi a průběžně musí být prováděna údržba včetně kontrol ve stanovených lhůtách a ve stanoveném rozsahu.

Dle čl. 3.2 Změny 2 ČSN 33 1500 mohou být pravidelné revize nahrazeny průběžně prováděnými údržbovými úkony včetně kontrol stanovených ve vlastním Řádu preventivní údržby.

Ve smyslu zákona č. 458/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů zajišťuje PDS spolehlivé provozování distribuční soustavy. Je proto povinen vedle úkonů prováděných k zajištění bezpečnosti vykonávat i úkony vedoucí k zajištění spolehlivosti dodávky elektrické energie.

4.2 Řád preventivní údržby

Elektrická rozvodná zařízení přenosové a distribuční soustavy včetně smluvně provozovaných elektrických stanic, přímých vedení a elektrických přípojek musí splňovat požadavky platných právních předpisů a technických norem z hlediska jejich bezpečnosti a spolehlivosti. Pro průběžné ověřování stavu bezpečnosti a spolehlivosti je třeba provádět údržbové úkony včetně kontrol v rozsahu a lhůtách dle ŘPÚ.

4.1.1 Obsah ŘPÚ

ŘPÚ musí být zpracován v rozsahu kapitoly 4 PPDS nebo části III. PPPS.

ŘPÚ musí být zpracován na všechna elektrická zařízení přenosové a distribuční soustavy, na smluvně provozovaná přímá vedení, elektrické stanice a elektrické přípojky včetně souvisejících zařízení nezbytných pro zajištění jejich provozu.

Pro každý druh zařízení má být stanoven rozsah preventivní údržby podle účelu v následujícím členění:

- úkony prováděné z důvodu zajištění bezpečnosti,
- úkony prováděné s ohledem na zajištění spolehlivosti.

Z hlediska formy a náplně se rozlišují:

- **Prohlídka** - pohledová kontrola stavu zařízení a jeho okolí (včetně ochranného pásma) během provozu (pod napětím)
- **Zkoušení a měření** - porovnání parametrů zařízení měřeními a zkouškami pro ověření stavu jejich bezpečnosti a provozuschopnosti. Dle charakteru diagnostických zkoušek v návaznosti na přístrojové vybavení měřící a diagnostickou technikou se provádí:
 - na zařízení za provozu (pod napětím)
 - na zařízení mimo provoz (bez napětí) při provádění běžné údržby
- **Údržba** - úkony zajišťující bezpečný a provozuschopný stav zařízení. Dle charakteru a obsahu stanoveného úkonu se provádí:
 - na zařízení za provozu (např. čištění prostorů a okolí příslušného zařízení atp.)
 - na zařízení mimo provoz zejména v případech, kdy je nezbytná částečná demontáž kontrolovaného zařízení atp.

Doporučuje se v rámci provádění plánovaného úkonu běžné údržby na zařízení mimo provoz současně dle technických možností odstranit zjištěné závady při úkonech prohlídky a diagnostických měření.

4.1.2 Lhůty dle ŘPÚ

Lhůty úkonů ŘPU pro jednotlivé druhy zařízení v souladu s kapitolou 4 PPDS nebo částí III. PPPS jsou určovány dle:

- významu příslušného zařízení na provozní spolehlivost přenosové nebo distribuční soustavy,
- úrovně smluvně stanovené spolehlivosti dodávky elektřiny odběratelům zásobovaných z příslušného zařízení (tj. jednotlivého vedení nebo stanice),
- provozní zkušenosti s jednotlivými druhy zařízení dle jejich konstrukčního a přístrojového vybavení,
- technických podmínek výrobce příslušného zařízení pro jeho údržbu,
- vyhodnocení působení vnějších vlivů v příslušné lokalitě, kde je zařízení umístěno.

Pozn.:

1. Dle uvedených zásad je třeba respektovat, že v jednotlivých lokalitách nebo různých místech přenosové a distribuční soustavy mohou být lhůty pro stejný druh i typ zařízení stanoveny odlišně dle praktické potřeby.
2. Doporučuje se zkrácení základních lhůt jednotlivých úkonů pro jejich první provedení u nových zařízení pro případné zjištění skrytých závad (pro možnost uplatnění jejich odstranění v rámci záruční doby), které nemohly být zjištěny při výchozí revizi a technické přejímce. Nejdelší lhůty kontrol prováděných z důvodu bezpečnosti jsou 4 roky ve smyslu ČSN 33 1500.

4.1.3 Aktualizace ŘPÚ

Doporučuje se, aby byl **ŘPÚ v souladu s kapitolou 4 PPDS nebo částí III. PPPS minimálně jednou za pět let aktualizován z těchto důvodů:**

- technický vývoj elektrických strojů, přístrojů a materiálů zařazovaných do provozu přenosové a distribuční soustavy vyvolává odlišnou náročnost na obsah a lhůty jednotlivých údržbových i kontrolních úkonů,
- vyhodnocení praktické účinnosti prováděných údržbových a kontrolních úkonů v jednotlivých lokalitách může vyvolat nutnost změny jejich lhůt nebo i jejich rozsahu,
- rozvoj přenosové a distribuční soustavy výstavbou nových zařízení může ovlivnit stupeň důležitosti stávajících zařízení a tedy i ovlivnit rozsah údržbových a kontrolních úkonů.

4.2 Hlavní zásady ŘPÚ pro venkovní vedení

(viz kapitola 4 PPDS nebo část III. PPS)

Pro jednotlivé druhy zařízení je třeba v ŘPÚ konkretizovat obsah příslušných úkonů stanovených v čl. 4.1.1 a konkrétně stanovit jejich lhůty dle zásad v čl. 4.1.2.

Pro potřeby řešené problematiky zde budou uvedeny pouze záležitosti týkající se revizí venkovních vedení.

- **Prohlídka** - pohledová kontrola prováděna pochůzkou, popř. možno dopravním prostředkem (např. letecká kontrola vedení vvn a zvn).

Provádí se na zařízení pod napětím. Obsah a lhůty musí být stanoveny při respektování technického provedení vedení (např. holé nebo izolované vodiče, typ izolátorů atp.) a lokality jeho umístění (např. lesní průsek, zastavené území, volný terén atp.) včetně k přihlédnutí působení vnějších vlivů (např. znečištění, námrazová oblast atp.). Proto mohou být pro jednotlivé úseky trasy jednoho vedení stanoveny různé lhůty.

- **Zkoušení a měření** - ověření parametrů měřením na vedení pod napětím.

Obsah a lhůty musí být stanoveny dle stejných zásad jako úkon prohlídky s přihlédnutím k důležitosti jednotlivých bodů (např. křížovatkový stožár, stožár s úsekovým vypínačem, stožár se svodičem přepětí atp.). Proto v příslušném úseku vedení může být rozsah a četnost diagnostických zkoušek pro jednotlivé body rozdílný.

- **Údržba**

Stanovení rozsahu úkonu se doporučuje členit na údržbu ochranného pásma a údržbu zařízení s přihlédnutím na to, které činnosti je možné provádět na zařízení pod napětím (např. obnova výstražných tabulek, vyčištění ochranného pásma atp.).

Podrobněji již byly jednotlivé pracovní postupy prováděné na vedeních VVN shrnuty v kap. 2.2.1.

4.2 Kvalifikace pracovníků

Revize (viz čl. 2.2) provádí revizní technik, pracovník s kvalifikací podle § 9 vyhlášky ČÚBP a ČBÚ č. 50/1978 Sb.

Kontroly elektrických zařízení mohou provádět pouze pověření pracovníci s příslušnou kvalifikací podle vyhlášky ČÚBP a ČBÚ č. 50/1978 Sb., kterou pro danou činnost požaduje norma PNE 33 0000-6.

4.3 Zprávy o revizi

O provedených revizích a kontrolách musí být provedeny písemné záznamy (viz kap. 4 PPDS nebo část III. PPPS.)

Zpráva o revizi elektrického zařízení musí obsahovat:

- určení druhu revize (výchozí, pravidelná),
- vymezení rozsahu revidovaného elektrického zařízení,
- soupis použitých přístrojů,
- soupis provedených úkonů (prohlídky, měření, zkoušky),
- soupis zjištěných závad,
- datum zahájení a ukončení revize, vypracování a předání zprávy o revizi,
- jméno a podpis revizního technika s jeho evidenčním číslem,
- naměřené hodnoty, pokud nejsou obsaženy v dokladech použitých pro sestavení zprávy o revizi,
- výsledky (prohlídky a zkoušek, naměřené hodnoty) podstatné z hlediska sledování stavu bezpečnosti zařízení, pokud nejsou obsaženy v dokladech použitých pro sestavení zprávy o revizi.

Pokud se při sestavení zprávy o revizi využívá písemných dokladů, musí zpráva obsahovat jejich seznam a místo jejich uložení. Při revizi prováděné dodavatelským způsobem musí být všechny tyto doklady součástí zprávy o revizi.

V závěru zprávy o revizi musí být uvedeno, zda elektrické zařízení je z hlediska bezpečnosti a spolehlivosti schopné provozu. V případě, že při revizi byly zjištěny závady, musí být ve zprávě o revizi uvedené, s jakým ustanovením normy nebo jiného předpisu jsou v rozporu, popř. jaké je v důsledku závady riziko ohrožení bezpečnosti.

Záznamy o provedených kontrolách podle čl. 3.5 a 4 jsou vedeny na formulářích, které zpracovávají jednotliví provozovatelé elektrických zařízení buď v písemné, nebo elektronické podobě.

Pokud je revize nebo kontrola elektrického zařízení (vzhledem k jeho rozsahu) prováděna po částech, je možné:

- zprávu o výchozí revizi vypracovat na základě písemných dokladů s výsledky kontrol částí elektrického zařízení,
- záznam o kontrole provedené v rámci Řádu preventivní kontroly vypracovat na základě výsledků provedených dílčích kontrol elektrického zařízení.

Zpráva o revizi musí být uložena u provozovatele elektrického zařízení a přístupná orgánům státního odborného dozoru.

Zpráva o výchozí revizi musí být uložena trvale až do zrušení nebo rekonstrukce elektrického zařízení.

Záznam o pravidelné kontrole provedené v rámci Řádu preventivní údržby musí být uložen nejméně do vyhotovení záznamu z následné kontroly stejného druhu. [15]

Pozn.: Výsledky měření je vhodné uchovávat po celou dobu životnosti zařízení. Sledování a vyhodnocování změn naměřených hodnot může signalizovat pravděpodobnost překročení mezních hodnot před provedením následující pravidelné kontroly.

Závěr

Elektrická energie bude stále patřit mezi jednu z nejdůležitějších potřeb pro život člověka na Zemi. Elektrická energie je nezbytná pro růst ekonomiky a životní úroveň celé společnosti. Proto je otázka kvality a spolehlivosti dodávky elektrické energie důležitým parametrem. Přerušení dodávky elektrické energie a energií vůbec je velkým problémem jak z hlediska výroby, tak i finančního vyrovnaní. Podniky ztratou energie přicházejí o zisky z výroby a distributoři elektrické energie o zisky z prodeje elektřiny. Řešení spolehlivosti dodávek všech energií je jak z regionálního, tak i globálního pohledu na rozvoj společnosti velice důležitým tématem. Jednou z nejdůležitějších činností pro zajištění spolehlivé a kvalitní dodávky elektřiny a chodu celé elektrické sítě je preventivní údržba zařízení. [17]

Účelem údržby je udržet elektrické zařízení v požadovaném stavu. Každá zjištěná závada, která znamená bezprostřední nebezpečí, je odstraněna nebo vadné části jsou odpojeny a zajištěny proti opětovnému zapnutí.

Údržba sestává z:

- **preventivní údržby**, která je vykonávána na základě zkušeností se záměrem zabránit poruše a udržovat zařízení v provozním spolehlivém a bezpečném stavu,
- **opravné údržby**, kterou se opravují nebo nahrazují poškozené části.

Výměna opotřebených nebo poškozených částí a odstraňování drobných závad je prováděna podle uzavřené smlouvy v rámci drobných oprav.

Rozsah a způsob provádění udržovacích prací na vedení VVN se provádí podle konkrétního **Řádu preventivní údržby** příslušného PPS či PDS, přičemž ŘPÚ je předpis technických a organizačních opatření zaměřený na udržování nebo obnovování provozuschopného a bezpečného stavu zařízení, tj. přehled činností preventivní údržby.

Pro každý druh zařízení přenosové a distribuční soustavy je stanovován rozsah preventivní údržby v dále uvedeném základním členění, jehož rozsah je věcně konkretizován podle vlastního druhu zařízení:

- **Prohlídka** - pohledová kontrola stavu zařízení a jeho okolí (včetně ochranného pásma) během provozu zařízení,
- **Diagnostické zkoušky** - porovnání parametrů zařízení měřeními a zkouškami pro ověření stavu bezpečnosti a provozuschopnosti zařízení,
- **Běžná údržba** - úkony zajišťující pro daný druh zařízení bezpečný a provozuschopný stav, přičemž se doporučuje v rámci plánovaného úkonu údržby odstranit závady zjištěné při úkonech prohlídky a diagnostických měření. [7], [17]

Obecně lze říci, že údržba každého objektu úzce souvisí s diagnostikou a lze ji realizovat třemi způsoby:

- údržbou dle skutečného stavu objektu,
- údržbou dle časového plánu,
- údržbou po poruše objektu.

Nejméně vhodným způsobem je **údržba po poruše objektu**. Úplná porucha chování objektu má za následek výpadek technologického procesu, možnost následného porušení dalších objektů, narušení bezpečnosti provozu.

Údržba dle časového plánu je vykonávána dle statistických podkladů oprav jednotlivých komponentů objektu v předem pevně stanovených časových úsecích. Tento způsob je nevýhodný, neboť k údržbě objektu dochází buď příliš brzy, nebo příliš pozdě, přičemž je známo, že parametry zařízení se velmi často zhorší vlastní demontáží a zpětnou montáží.

Optimální metodou je tedy **údržba založená na monitorování technického stavu objektu**. [24]

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] TOMAN, Petr. *Provoz distribučních soustav*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04935-8.
- [2] *Venkovní vedení VVN (I). Úvod do problematiky přenosové soustavy*. [online]. [cit. 2017-10-24]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/teorie-elektrotechnika/4142-venkovni-vedeni-vvn-i>
- [3] *Venkovní vedení VVN (II). Namáhání vodičů venkovních vedení*. [online]. [cit. 2017-10-24]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/teorie-elektrotechnika/4151-venkovni-vedeni-vvn-ii>
- [4] *Stožáry VVN (I). Funkční požadavky na stožáry*. [online]. [cit. 2017-10-24]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/teorie-elektrotechnika/4170-stozary-vvn-i>
- [5] *Stožáry VVN (II). Stožáry dálkového vedení*. [online]. [cit. 2017-11-04]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/teorie-elektrotechnika/4183-stozary-vvn-ii>
- [6] *Stožáry VVN (III). Konstrukční řešení stožárů*. [online]. [cit. 2017-11-04]. Dostupné z: <http://elektro.tzb-info.cz/teorie-elektrotechnika/4192-stozary-vvn-iii>
- [7] *Řád preventivní údržby (3.)*. [online]. [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-07-28.9171670310>
- [8] *Vyhrazená technická zařízení*. [online]. [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: <http://revizekontroly.cz/odborne-clanky/elektricka-zarizeni/vyhrazena-technicka-zarizeni>
- [9] *Vyhrazená elektrická technická zařízení*. [online]. [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/vyhrazena-elektricka-technicka-zarizeni>
- [10] *Řád preventivní údržby (1.)*. [online]. [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-07-28.3557182725/view>
- [11] *Řád preventivní údržby (2.)*. [online]. [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/kk-clanek.2005-07-28.7490320480/view>
- [12] *Řád preventivní údržby (4.)*. [online]. [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-07-28.4813617443/view>
- [13] ČSRES. *O sdružení*. [online]. [cit. 2017-12-07]. Dostupné z: <http://www.csres.cz/CZ/o-sdruzeni>

- [14] ČSRES. *Podnikové normy platné*. [online]. [cit. 2017-12-07]. Dostupné z: <http://www.csres.cz/CZ/podnikove-normy>
- [15] PNE 33 0000-3. *Revize a kontroly elektrických zařízení přenosové a distribuční soustavy*. [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <http://www.csres.cz/Upload/PNE%2033%20000-3%20kn%2022.11.pdf>
- [16] Řád preventivní údržby. [online]. [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file-other/cezes/pro-zakazniky/rad-preventivni-udrzby.xlsx>
- [17] SOJKA Jaroslav, GOŇO Radomír.: *Problematika údržby vedení vvn*. Conference Proceedings of the 12th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2011, EPE 2011, ISBN 978-16-299-3917-9
- [18] *Distributor, nebo dodavatel? Kdo je kdo?* [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/distribuce-elektriny>
- [19] PNE 33 0000-6. *Obsluha a práce na elektrických zařízeních pro přenos a distribuci elektrické energie*. [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: http://www.csres.cz/Upload/PNE_33_0000-6_ed.3.pdf
- [20] PNE 33 0000-1. *Metodika měření a vyhodnocování uzemnění venkovních vedení vvn a zvn*. [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: [http://www.csres.cz/Upload/PNE%2033%203300-1%20\(1%20vyd%C3%A1n%C3%AD\).pdf](http://www.csres.cz/Upload/PNE%2033%203300-1%20(1%20vyd%C3%A1n%C3%AD).pdf)
- [21] *Přenosová a distribuční soustava 1. část - vedení velmi vysokého napětí (VVN)*. [online]. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://www.eon-distribuce.cz/o-nas/novinky/media/prenosova-a-distribucni-soustava-elektricke-energie>
- [22] MERTLOVÁ, Jiřina a Lucie NOHÁČOVÁ. *Elektrické stanice a vedení*. V Plzni: Západočeská univerzita, Fakulta elektrotechnická, 2008. ISBN 978-80-7043-724-7.
- [23] TLUSTÝ, Josef. *Monitorování, řízení a chránění elektrizačních soustav*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04940-2.
- [24] *Technická diagnostika*. [online]. [cit. 2017-12-14]. Dostupné z: http://elektrika.cz/terminolog/co-je-to-udrzba/eTerminolog2Definition_simple_view