

**Fakulta elektrotechnická
Regionální inovační centrum elektrotechniky**

**Metodika diagnostiky a monitorování
elektrických přenosových sítí pro NET Robotics**

průběžná zpráva (metodika)

Pracoviště: Katedra elektroenergetiky a ekologie,
Regionální inovační centrum elektrotechniky,
Energon, s.r.o.

Číslo dokumentu: 22190-063-2018

Typ zprávy: Výzkumná zpráva – průběžná zpráva (metodika)

Řešitelé: doc. Ing. Pavla Hejtmánková, Ph.D., Ing. Vladimír
Vajnar, Ing. Václav Mužík (Energon s.r.o.),
Ing. Jana Jiříčková, Ph.D. (ZČU-FEL)

Vedoucí projektu: doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.

Počet stran: 25

Datum vydání: 2018

Oborové zařazení: JE – Nejaderná energetika, spotřeba a užití energie

Zpracovatel / dodavatel:

Západočeská univerzita v Plzni
Regionální inovační centrum elektrotechniky
Univerzitní 8
306 14 Plzeň

Kontaktní osoba:

Ing. Jana Jiříčková, Ph.D.
tel. 377634018
jjiricko@rice.zcu.cz

Zpráva vznikla s podporou projektu TA ČR TH02020319.

Výsledek TH02020319-2018V005 ISTA TH02020319-V13

Metodika diagnostiky a monitorování elektrických přenosových sítí pro NET Robotics

X – jiné výsledky

Prosinec 2018

**Projekt TH02020319: Robot pro inspekci a diagnostiku distribuční a přenosové
sítě (EPSILON)**

**Metodika diagnostiky a monitorování elektrických
přenosových sítí pro NET Robotics**

Průběžná zpráva (metodika) vedoucí k

Autoři: Doc. Ing. Pavla Hejtmánková, Ph.D., Ing. Vladimír Vajnar, Ing. Václav Mužík,
Energon s.r.o.

Ing. Jana Jiříčková Ph.D. Západočeská univerzita v Plzni Fakulta elektrotechnická

Abstrakt:

Tato metodika zavádí nové postupy při zpracování a vyhodnocování dat z diagnostických a měřících systémů robota vyvíjeného v rámci projektu NET Robotics. Robot samotný přináší nové možnosti diagnostického pokrytí a je tedy nezbytné poskytnutá data správně interpretovat pro následné zpracování. Důležitou částí je i popis a způsob zacházení s vlastním robotem. Precizace výše popsaného procesu formou metodiky je hlavní náplní tohoto dílčího výstupu.

Klíčová slova:

robot, diagnostika, přenosové sítě, spolehlivost

Abstract:

The presented methodology initiates new ways of processing and evaluating of data from diagnostic and measurement systems of the robot, developed under the project NET Robotics. The robot itself brings new possibilities of diagnostic applicability, hence the data need to be interpreted correctly and evaluated valuably. The important part is a description and operability of the robot. Precision of the process as a methodology is the key part of this partial goal.

Keywords:

robot, diagnostics, transmission line, reliability

Obsah

Obsah	3
Seznam symbolů a zkratk	4
1 Úvodní část	5
2 Úkony diagnostiky a monitoringu vedení VVN	5
2.1 Pracovní postupy kontroly a údržby prováděné dle ŘPÚ	5
2.2 Podrobný rozbor jednotlivých úkonů	8
2.2.1 ID 601 - Venkovní vedení vvn – prohlídka	9
2.2.2 ID 602 – Venkovní vedení vvn – lezecká	15
2.2.3 ID 603 - Venkovní vedení vvn – měření uzemnění	16
2.2.4 ID 605 - Venkovní vedení vvn - diagnostika – termovize	17
2.3 Činnost navrhovaného robota a jeho vybavení	17
3 Dostupné funkcionality robota	18
3.1 Blokové schéma systémového návrhu komponent	18
3.2 Kamerové systémy robota	19
3.3 Další funkcionality	20
4 Využitelnost a post-processing diagnostických dat	20
4.1 Klasifikace získaných dat	20
4.2 Databázové a vyhodnocovací operace	21
5 Závěr	23
Seznam použité literatury a informačních zdrojů	25

Seznam symbolů a zkratek

ČBÚ	...	Český báňský úřad
ČBÚP	...	Český úřad bezpečnosti práce
ČR	...	Česká republika
DS	...	distribuční soustava
ES	...	elektrizační soustava
KZL	...	kombinované zemní lano
PB	...	podpěrný bod
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
ŘPÚ	...	Řád preventivní údržby
SJZ	...	Systém jednotného značení prvků distribuční sítě
VETZ	...	vyhrazené elektrické technické zařízení
VVN	...	velmi vysoké napětí
ZPK	...	záznam o pravidelné kontrole

1 Úvodní část

Elektrická energie patří a bude stále patřit k jedné z nejdůležitějších potřeb pro život člověka na Zemi. Je nezbytná pro růst ekonomiky a životní úroveň celé společnosti. Proto je otázka bezpečnosti, kvality a spolehlivosti dodávky elektrické energie jejím podstatným parametrem. Přerušení dodávky elektrické energie je velkým problémem jak z hlediska spotřeby, tak i z hlediska finančního vyrovnání. Podniky ztratou energie přicházejí o zisky z výroby a distributoři elektrické energie o zisky z prodeje elektřiny. Řešení bezpečnosti a spolehlivosti dodávek elektřiny je tedy velice důležitým tématem. Jednou z hlavních činností pro zajištění bezpečné, spolehlivé a kvalitní dodávky elektrické energie a chodu celé elektrické sítě je údržba zařízení.

Údržbu přenosové soustavy (PS) zajišťuje Provozovatel přenosové soustavy (PPS), kterým je u nás společnost ČEPS, a.s. odpovídající za bezpečný a spolehlivý provoz PS a za její údržbu. Provozovatelé distribučních soustav (PDS), kterými mohou být fyzické či právnické osoby, jakožto držitelé licence na distribuci elektřiny, odpovídají za údržbu a bezpečný a spolehlivý provoz svých distribučních soustav (DS).

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 opětnému zapnutí.

Rozsah a způsob provádění udržovacích prací na vedení VVN je realizován podle konkrétního Řádu preventivní údržby (ŘPÚ) příslušného PPS či PDS. ŘPÚ je předpis technických a organizačních opatření zaměřený na udržování nebo obnovování provozuschopného a bezpečného stavu zařízení, tj. konkrétní 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. [1]

Obecně lze říci, že údržba každého zařízení úzce souvisí s jeho diagnostikou a monitoringem, které dosud pro venkovní vedení VVN provádí dle níže uvedeného plánu činností pracovní četa a které může v budoucnu provádět navrhovaný robot,

Tato zpráva se zabývá možnostmi využití robota k diagnostice a monitorování venkovních vedení přenosových a distribučních sítí VVN (konkrétně 110 kV, pro které je jeho použití plánováno) a způsoby vyhodnocování získaných dat. Shrnuje úkony, které jsou prováděny na těchto linkách při preventivní údržbě, a přibližuje konkrétní pracovní postupy přispívající k bezpečnému a spolehlivému provozu zmíněných zařízení. Dále ukazuje funkce robota potřebné pro uvedenou inspekci a způsob zpracování pořízených dat.

Některé údaje týkající se ŘPÚ, které jsou rovněž podrobněji rozebrány v [1], jsou zde stručně zopakovány z důvodu srozumitelnosti a celistvosti této zprávy.

2 Úkony diagnostiky a monitoringu vedení VVN

2.1 Pracovní postupy kontroly a údržby prováděné dle ŘPÚ

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

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. (podrobněji viz [1])

Bezpečnost a spolehlivost přenosu elektrické energie má na starosti provozovatel přenosové soustavy. Bezpečnost a spolehlivost distribuce elektrické energie zajišťují společnosti zabývající se jak distribucí elektrické energie, tak i například výrobou. Jak bylo již zmíněno, každá takováto společnost musí mít pro všechny typy elektrických zařízení svůj Řád preventivní údržby.

ŘPÚ 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 (ZPK), vazby mezi dokumenty a další. [2]

Součástí ŘPÚ jsou tedy i pracovní postupy prováděné dosud četou k tomu vyškolených pracovníků. Většinu těchto úkonů může převzít zmíněný robot. Na konkrétním zařízení se ve většině případů provádí i více druhů pravidelných kontrol a údržby v různých cyklických intervalech. Na vedení VVN dle ŘPÚ vykonává jedna z distribučních společností následující pracovní postupy (viz Tab. 1). [4]

Tab. 1: Pracovní postupy dle ŘPÚ pro venkovní vedení VVN. (zdroj: [3], [4])

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 hle-diska 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 mimo-řádnou pozornost korodování úhelníků a zejména šroubových spojů a místům vetknutí do betonových základů.
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola celistvosti základu a stavu okol-ních dřevin.
601	prohlídka	12	(km)	Kontrola případného poškození nebo vy-chýlení 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 uvo-lnění 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 mimo-řádnou 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 konstruk-cí, nejmenší vzdálenosti vodičů nad terénem, vzdálenosti od křížujících zaří-zení a objektů (včetně stromů) v ochran-ném 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) *KZL (kombinované zemní lano) – Jedná se o náhradu původních metalických zemních lan (Re, AlFe) speciálními, ve kterých jsou do kostry z vodivých lan vpleteny optické telekomunikační kabely sloužící k realizaci širokopásmových telekomunikačních kanálů na běžných principech užívaných v dálkové telekomunikační přenosové technice. [15]*
- (2) *Atmofix (tzv. 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. [4]*

Jak je vidět z *Tab. 1*, každý pracovní postup obsahuje podrobnější seznam pracovních úkolů, které je nutno provést při vykonávání např. lezecké údržby nebo prohlídky. Konkrétní úkoly se mohou v rámci pracovních postupů prolínat. Jednotlivá vedení bývají rozdělena do údržbových úseků. [4]

V ŘPÚ jsou stanoveny rovněž lhůty kontrol a úkonů ve vazbě na čas potřebný k odstranění zjištěných nedostatků a na složitost a rizikovost zařízení. Lhůty jsou maximální, a proto jsou závazné. V případě potřeby jsou úkony prováděny i v mezidobí dle uvážení provozovatele. Je 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. I díky tomu lze usuzovat, že pravidelný monitoring a diagnostika vedení s využitím robota, neustále se pohybujícího po lince, bude přínosem.

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. [2]

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 pověřeni pracovníci s příslušnou kvalifikací podle vyhlášky ČÚBP a ČBÚ č. 50/1978 Sb., kterou pro danou činnost požaduje norma PNE 33 0000-6.

O provedených revizích a kontrolách musí být provedeny písemné záznamy (viz kap. 4 PPDS nebo část III. PPPS.). 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. 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. Výsledky měření je však vhodné uchovávat po celou dobu životnosti zařízení. Sledování a vyhodnocování změn naměřených hodnot může signalizovat pravděpodobnost překročení mezních hodnot před provedením následující pravidelné kontroly. [8]

2.2 Podrobný rozbor jednotlivých úkonů

Řád preventivní údržby nahrazuje pravidelné revize elektrického zařízení. Účelem je zajistit bezpečný a spolehlivý provoz zařízení distribuční soustavy.

Účelem dále popsaného ŘPÚ je stanovení zásad pro zajištění pravidelných kontrol, diagnostiky a údržby zařízení venkovních vedení VVN distribuční soustavy v majetku společnosti ČEZ Distribuce, a.s., držitele licence pro distribuci elektřiny dle zákona č. 458/2000 Sb. v platném znění. Povinností držitele uvedené licence je zajistit bezpečný a provozuschopný stav technických zařízení používaných k licencované činnosti při splnění požadavků stanovenými právními předpisy, technickými normami a „Pravidly pro provozování

distribučních soustav“. Zkušenosti pracovníků společnosti E.ON Distribuce, a.s. jsou však obdobné a jsou rovněž zaznamenány v této zprávě.

Jednotlivé úkony definované Řádem preventivní údržby by měly zaručit kontrolu splnění podmínek základní ochrany a ochrany při poruše z hlediska zajištění ochrany před úrazem elektrickým proudem. Bohužel v tomto směru má ŘPÚ určité rezervy. Nicméně toto nezbavuje zaměstnance provádějícího kontroly zařízení odpovědnosti, neboť je to on, kdo svým podpisem na protokolu osvědčuje, že zařízení je schopné bezpečného provozu.

Jednotlivé postupy jsou:

- ID 601 - Venkovní vedení vvn - prohlídka (blíže viz kapit. 2.2.1)
- ID 602 - Venkovní vedení vvn - lezecká údržba za provozu (blíže viz kapit. 2.2.2)
- ID 603 - Venkovní vedení vvn - měření uzemnění (blíže viz kapit. 2.2.3)
- ID 605 - Venkovní vedení vvn - diagnostika - termovize (blíže viz kapit. 2.2.4)

Po skončení níže zmíněných kontrol je nutno vyplnit protokol a provést vyhodnocení. Do tohoto protokolu se uvádí všechny provedené úkony, v případě neprovedení je uvedeno NE a je nutné uvést důvody neprovedení (slovní komentář). Na základě provedených kontrol jsou na ZPK zaevidovány zjištěné závady. Na základě zjištěných závad je nutné rozhodnout o bezpečném a spolehlivém provozu celého údržbového úseku.

V případě, že jsou zjištěny závažné závady a údržbový úsek není schopen bezpečného a spolehlivého provozu (došlo k poruše či havárii), je nutné kontaktovat příslušný dispečink a zařízení odstavit, resp. vyžaduje-li to situace, bezprostředně odstranit závady bránící bezpečnému a spolehlivému provozu (není-li např. možnost náhradního napájení, o čemž rozhoduje dispečer). [10], [11], [12]

2.2.1 ID 601 - Venkovní vedení vvn – prohlídka

Prohlídku vedení vvn provádějí ze země bez odstávky 2 pracovníci (každý svoji část vedení samostatně) 1x za 12 měsíců pochůzkovou vizuální kontrolou za pomoci dalekohledu, s využitím měřiče výšky a vzdáleností a příp. pily, bez další mechanizace. Prohlídka sestává z níže uvedených činností (1. – 12.) směřujících k ověření bezpečnosti a spolehlivosti daného zařízení DS. Výstupem je ověření bezpečného a spolehlivého provozu kontrolovaného venkovního vedení, aktuálního stavu již evidovaných závad a evidence nových závad.

Součástí kontroly je odstranění drobných závad, jako je zejména výměna poškozených či chybějících bezpečnostních tabulek (nebývá často), odstranění ojedinělých keřů a větví bránících bezpečnému a spolehlivému provozu vedení (např. zakrytí bezpečnostních tabulek,...). Drobné závady jsou odstraňovány nejpozději před dokončením prohlídky, resp. před odevzdáním protokolu (závady jsou pak evidovány jako odstraněné).

Prohlídky jsou termínovány zpravidla do jarních a podzimních měsíců s ohledem na polní plodiny a ztíženou dostupnost v zimních měsících (např. v horských oblastech).

Mezi časté závady zjištěné při prohlídce lze řadit:

- vegetaci v ochranném pásmu,
- zasypané základy – provádí se čištění základů s odstraněním náletových dřevin,
- zarostlé základy – provádí se odstranění náletových dřevin,
- korozi stožárů (obvykle v místech vetknutí či u šroubových spojů),
- prasklé izolátory,
- rozpletené vodiče nebo KZL.
- vegetaci v ochranném pásmu, [10], [11], [12]”

Jednotlivé komentované činnosti prohlídky následují. Jsou to:

1. Kontrola dodržování ochranného pásma

Jde o kontrolu ochranného pásma z hlediska bezpečnosti zejména pod vedením s ohledem na výskyt objektů a na prováděné činnosti v tomto pásmu (budovy, cyklostezky, oplocení, zemní práce, ...), a dále o zaevidování případné závady na ZPK a vyplnění protokolu o porušení ochranného pásma.

Ochranné pásmo nadzemního vedení je souvislý prostor vymezený svislými rovinami vedenými po obou stranách vedení ve vodorovné vzdálenosti měřené kolmo na vedení, která činí od krajního vodiče vedení na obě jeho strany 15 m u vedení postavených (resp., na něž bylo vydáno územní rozhodnutí, které nabylo právní moci) do 31. 12.1994. U vedení, na něž bylo vydáno územní rozhodnutí po tomto datu, činí ochranné pásmo u vedení s holými vodiči 12 m, u vedení s izolovanými vodiči 5 m.

V ochranném pásmu venkovních vedení je zakázáno:

- zřizovat bez souhlasu vlastníka těchto zařízení stavby či umisťovat konstrukce a jiná podobná zařízení, jakož i uskladňovat hořlavé a výbušné látky,
- provádět bez souhlasu jeho vlastníka zemní práce,
- provádět činnosti, které by mohly ohrozit spolehlivost a bezpečnost provozu těchto zařízení nebo ohrozit život, zdraví či majetek osob,
- provádět činnosti, které by znemožňovaly nebo podstatně znesnadňovaly přístup k těmto zařízením.
- v ochranném pásmu nadzemního vedení je zakázáno vysazovat chmelnice a nechávat růst porosty nad výšku 3 m.

2. Kontrola stavu lesních průseků a jednotlivých dřevin v ochranném pásmu

Provádí se v případě zjištění změny okolí (např. nová stavba), činností v ochranném pásmu (např. zemní práce), nebo podezření na nevyhovující výšku. U nových zařízení je řešeno v rámci projektové dokumentace, řeší se tedy změny stavu oproti stavu při uvedení do provozu. Provede se měření a výšek všech vodičů v daném místě (rozpětí) výškoměrem, toto měření se poté vyhodnotí. V případě nevyhovující výšky se zaeviduje do ZPK závada včetně uvedení změřené hodnoty výšky a pořízené fotodokumentace.

Základní vzdálenosti vodičů jsou pro:

- dálnice a rychlostní komunikace - 7 m
- silnice I., II. a III. třídy, ostatní komunikace, pole, louky a volný terén - 6 m
- železnice bez elektrifikace 6,6 m, vzdálenost od troleje - 2,5 m
- konstrukce (veřejné osvětlení, reklamy, antény,...) - 3 m

3. Kontrola vzdáleností od objektů z hlediska dotykových napětí ve smyslu čl. 5.4.2 PNE 33 0000-1

Jde o kontrolu, která se provádí v případě zjištění nové výstavby a která souvisí i s kontrolou ochranného pásma. Zjišťuje se, zda není nutné zajistit opatření z pohledu dotykových napětí ve smyslu čl. 5.4.2 [PNE 33 0000-1](#).

Při tomto úkonu je třeba zkontrolovat, zda se stožár (okolí podpěrných bodů) nenachází v místě, které je často navštěvováno lidmi, přičemž za místa, kde se lidé vyskytují zřídka (původně tzv. místa odlehlá, viz též ČSN EN 50341-3, změna Z2, čl. 6.2.4.2/CZ.1 a ČSN EN 50423-3, národní příloha NA, čl. 6.2.4.2/CZ.1), se považují:

- místa v nezastavěných prostorách (např. pole) ve vzdálenosti větší než 10 m od okraje dálnic, silnic a místních komunikací,
- místa dále než 50 m od soustředěné občanské a bytové zástavby,
- místa dále než 25 m od jednotlivých osamělých budov a továrních objektů mimo soustředěnou zástavbu,
- místa dále než 50 m od okraje volných rekreačních a sportovních ploch mimo soustředěnou zástavbu (např. areálu zdraví, jednoduchých hřišť, parkových ploch apod.),
- polní a lesní cesty.

U venkovních vedení vn, vvn a zvn, u nichž je zajištěno rychlé automatické odpojení od zdroje, přičemž za rychlé automatické odpojení od zdroje, tj. rychlé automatické vypínání poruchy ve smyslu ČSN EN 50341-3, změny Z2, čl. 6.2.4.2/CZ.2 a ČSN EN 50423-3, národní přílohy NA, čl. 6.2.4.2/CZ.1, se pokládá automatické odpojení od zdroje hlavní ochranou v čase do 1 s a záložní ochranou v čase do 5 s, se velikost dotykových napětí ani krokových napětí nemusí dodržet (nemusejí se kontrolovat), jsou-li splněna tato opatření:

- v místech často navštěvovaných lidmi, v sídlištích a závodech je povrch terénu v okolí podpěrného bodu izolován do vzdálenosti alespoň 1,5 m od kovové konstrukce trvanlivou izolační vrstvou např. z živичné směsi o minimální tloušťce 10 cm, přičemž zemniče nesmějí přesahovat okraj této vrstvy. Nebo je-li provedeno ohrazení podpěrného bodu nevodivým plotem nebo drátěným plotem pokrytým nevodivým plastem (i s holými vodivými sloupky),
- v místech, která nejsou často navštěvována lidmi (v místech odlehlých), nezasahují-li uložené zemniče podpěrného bodu do vzdálenosti větší než 15 m od přístupných částí podpěrného bodu. Toto omezení neplatí pro spojení stožárů mezi sebou v zemi.

V praxi to znamená, že v případech, kdy stožár není dále, než uvádí výše zmíněná definice míst, kde se lidé vyskytují zřídka (místa odlehlá), musí být okolí stožáru vysypáno (izolováno) do vzdálenosti alespoň 1,5 m od kovové konstrukce trvanlivou izolační vrstvou např. z živičné směsi o minimální tloušťce 10 cm.

4. Kontrola stavu izolátorových řetězců, armatur, tlumičů vibrací, distančních rozpěrek

Provádí se pohledovou kontrolou s využitím dalekohledu, přičemž je třeba vizuálně zkontrolovat neporušenost izolátorových řetězců, armatur, tlumičů vibrací, distančních rozpěrek. Zde je zřejmá výhoda robota pohybujícího se po lince, jelikož vidí na zmíněná zařízení z boku, zatímco pracovník s dalekohledem stojí na zemi a jeho úhel pohledu je tedy jen zespodu. Ideálem je zde pohled svrchu, např. při letecké kontrole (vrtulník, dron), která je ale velmi drahá a má svá jiná úskalí.

5. Kontrola fázových vodičů, zemních lan, spojů, KZL včetně spojovacích krabic, příp. závěsného optokabelu

Jde o kontrolu celistvosti vodičů a stavu proudových spojů, kombinovaných zemních lan (KZL) včetně příslušenství (tlumiče vibrací, spojovací krabice), je-li osazeno, stejnoměrnost napnutí v jednotlivých polích a fázích, případně zemním lanu (průhyb a vibrace, cizí tělesa na vodičích). Provádí se pohledovou kontrolou s využitím dalekohledu.

Vizuálně se kontroluje stav vodičů, zda nejsou roztřepené nebo jinak mechanicky poškozené. Zjišťuje se, jsou-li průhyby fázových vodičů přibližně stejné (větší průhyb u jednoho z vodičů by mohl svědčit o jeho mechanickém poškození). Dále se kontroluje, zda nedošlo k přerušení nebo dokonce odcizení zemního lana. A rovněž se vizuálně kontroluje stav spojovacích krabic KZL (pokud jsou usazeny na stožáru) a uchycení svodu KZL po stožáru.

6. Kontrola optických spojovacích krabic, tlumičů vibrací

Při této kontrole se opětovně kontroluje stav optických spojovacích krabic a tlumičů vibrací (duplicita).

7. Kontrola celkového stavu stožáru vč. konstrukcí a jeho stability

Jde o vizuální kontrolu celkového stavu podpěrných bodů (PB) vč. konstrukcí, jejich stability a mechanického poškození. U ocelových stožárů je třeba věnovat zejména mimořádnou pozornost šroubovým spojům a místům vetknutí do betonových základů (rozlišovat korozi od zeslabení profilů úhelníků).

Rovněž je nutné zkontrolovat, zda nedošlo k odcizení příček stožáru (viz Obr. 1).



Obr. 1: Odcizení příček stožáru. [10]

8. U stožárů z Atmofixu věnovat mimořádnou pozornost korodování úhelníků a zejména šroubových spojů a místům vetknutí do beton. základů

Viz Obr. 2.



Obr. 2: Příklad koroze v místě šroubového spoje. [10]

9. Kontrola celistvosti základu a stavu okolních dřevin

Jde o pohledovou kontrolu mechanického stavu základu a okolí základu, kontrolu stability podpěrného bodu, jeho vychýlení (poddolování, zemní práce v okolí, pískovny,...). Zejména se kontroluje celistvost základu, praskliny, poškození mechanizací nebo prorůstajícími dřevinami a dále i okolní terén (prohlubně, odvodnění, zasypání nebo odkrytí podpěrných bodů).

Jde o pohledovou kontrolu mechanického stavu základu a okolí základu, kontrolu stability podpěrného bodu, jeho vychýlení (poddolování, zemní práce v okolí, pískovny,...). Zejména se kontroluje celistvost základu, praskliny, poškození mechanizací nebo prorůstajícími

dřevinami a dále i okolní terén (prohlubně, odvodnění, zasypání nebo odkrytí podpěrných bodů).

Je otázkou, zda robot usazený na lince vedení na základy podpěrných bodů dobře dohlédne. Distribuční společnosti mají v tomto směru negativní zkušenost s použitím Dronů, které nebyly schopny základ stožáru zkontrolovat.

10. Kontrola případného poškození nebo vychýlení podpěrných bodů z trasy

Mechanicky poškozené stojiny a příčky mají sníženou mechanickou pevnost, což může vést při extrémním namáhání (silný vítr, námraza, přetržení vodiče) k havárii celého stožáru.

11. Kontrola stavu výstražných tabulek, číslování stožárů a značení systémů

Jde o obecnou kontrolu atributů technické evidence v záhlaví ZPK dle konkrétních údajů, kterými jsou provozované napětí, počet PB, délka holého vodiče, apod.

Provádí se kontrola stavu označení vedení a podpěrných bodů z pohledu Systému jednotného značení prvků distribuční sítě (SJZ), tj. kontrola označení linky, číslování podpěrných bodů, barevného označení vícenásobných vedení, označení bezpečnostními tabulkami (v případě zjištění ojedinělých chybějících nebo poškozených bezpečnostních tabulek je provedena jejich výměna), stavu výstražných nátěrů u vedení v letových trasách (v případě osazení se provádí vizuální kontrola z pohledu uchycení a kompletnosti), rozlišení a označení vedení v souběhu a křížovatkách.

Každý stožár musí být očíslován.

Výstražná tabulka se umísťuje na každý stožár vedení vvn ve spodní části podpěrného bodu na obou stranách ve směru vedení. Tabulka se umísťuje ve vhodné výšce nad zemí. U vícedříkových podpěrných bodů se minimálně na každém z krajních dřívků umístí jedna tabulka tak, aby tabulky směřovaly na obě strany vedení. V případě, že se podpěrný bod nachází v blízkosti veřejné cesty, musí z ní být tabulka viditelná, tudíž se v případě potřeby některá ze dvou tabulek, které mají být na podpěrný bod instalovány, umístí na stranu podpěrného bodu, která je z cesty viditelná. Tabulka obsahuje text: "Vysoké napětí - životu nebezpečno dotýkat se elektrického zařízení nebo drátů i na zem spadlých!".

U dvojitých a vícenásobných vedení musí být jednotlivé systémy na každém podpěrném bodu jednoznačně rozlišeny označením. K tomu se používá rozlišení pomocí barev a to dvěma způsoby:

- nátěrem přímo na konstrukci,
- tabulkami.

Značení se provádí:

- Na dřívku pod každou konzolou, případně přímo na konzolách. Jsou-li na společných konzolách umístěny vodiče různých systémů, neprovádí se značení na dřívku, ale přímo na konzolách v místě závěsných bodů izolátorových závěsů.

- U příhradových podpěrných bodů se při značení nátěrem natírají stojiny na obou stranách podpěrného bodu ve směru vedení v délce přibližně 0,5 m. Při značení tabulkami se tyto tabulky umísťují na stojinách nebo vedle nich.
- U sloupů se provádí svislými pruhy na dřiku v délce přibližně 0,5 m ve směru co nejvíce se blížícímu rovnoběžnosti s osou konzol. Při značení tabulkami se tyto umísťují na dřících obdobně jako při provádění nátěrů.

Barvy musí být dostatečně kontrastní vůči barvě povrchu podpěrného bodu. Vždy musí být dodržena zásada, že každý jednotlivý systém musí být označen stejnou barvou v celé své délce.

12. Kontrola připojených uzemnění a stavu jeho uložení, svorek.

Jde o pohledovou kontrolu, která se provádí v případě existence uzemnění, kontroluje se zejména celistvost (ureznutí, přetržení) uzemnění.

Stožáry VVN se přizemňují v případě, že rezistivita půdy v okolí stožáru je vyšší než 150 Ωm (viz kapit 2.2.3). Ne každý stožár tedy musí být přizemněn strojeným zemničem. V případě strojeného zemniče je třeba vizuálně zkontrolovat i okolí stožáru, zda nedošlo např. k vyoraní zemniče. Vyorané uzemnění kromě toho, že není funkční, může např. způsobit poškození zemědělské techniky. [10], [11], [12]

2.2.2 ID 602 – Venkovní vedení vvn – lezecká

Lezeckou revizi vedení vvn provádějí obvykle ve vypnutém stavu společně 2 pracovníci 1x za 96 měsíců. Sestává z následujících úkonů:

- 1. Kontrola stavu ocelové konstrukce a základu.**
- 2. Kontrola pevnosti spojů, zejména uvolnění nebo deformace diagonál.**
- 3. Kontrola kritických míst podléhajících zvýšené korozi, zejména vetknutí konstrukce do betonu.**
- 4. Kontrola horních prutů konzol a jejich styků se svislou konstrukcí.**
- 5. Kontrola šroubových spojů, svárů - zda se neobjevují trhliny.**
- 6. U stožárů z Atmofixu věnovat mimořádnou pozornost korodování úhelníků a zejména šroubových spojů a místům vetknutí do betonových základů.**
- 7. Kontrola stavu povrchové ochrany stožárů, armatur.**
- 8. Kontrola stavu vodičů a zemního lana.**
- 9. Kontrola upevnění armatur, šroubových spojek, kotevních a nosných armatur.**
- 10. Kontrola izolátorových závěsů, svorek zemního lana.**
- 11. Kontrola vzdálenosti vodičů od konstrukcí, nejmenší vzdálenosti vodičů nad terénem, vzdálenosti od křižujících zařízení a objektů (včetně stromů) v ochranném pásmu vedení.**
- 12. Kontrola, obnova barevného označení systémů.**

2.2.3 ID 603 - Venkovní vedení vvn – měření uzemnění

1. Měření uzemnění stožárů a rezistivity půdy ve smyslu platné ČSN.

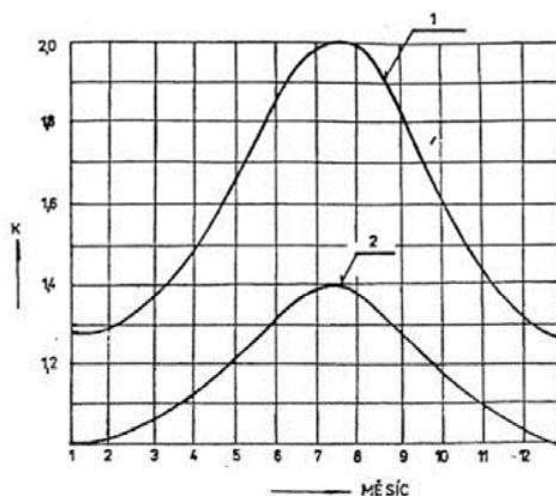
Uzemněním stožárů se vedení chrání před zpětným přeskokem. Zpětný přeskok může nastat při úderu blesku do zemního lana nebo stožáru. V případě špatného uzemnění se náboj z bleskového výboje neodvede do země, ale může přeskočit z kovové konstrukce na fázový vodič a způsobit tak zkrat a následný výpadek postižené fáze.

Stožáry jsou uzemněny svými patkami. Celokovové stožáry s betonovým základem v běžné půdě a s měrným elektrickým odporem do 150 Ωm se již strojeným zemničem neuzemňují. V takovém případě již samotná ocelová konstrukce stožáru v betonovém základě sama o sobě zajišťují přijatelnou hodnotu přechodového odporu uzemnění.

Opakované měření rezistivity půdy v pravidelných intervalech není opodstatněné. Rezistivita půdy se sice mění v závislosti na ročním období, ale nikterak zásadně. Opakovaně měřit uzemnění stožárů již může mít svůj smysl, ale je třeba vědět, kde měřit a jakou hodnotu je třeba změřit.

V případech, kdy hodnota rezistivity půdy je nižší nebo rovna 150 Ωm , měření uzemnění stožáru nebo strojených zemničů se neprovádí. Ve všech ostatních případech se měří uzemnění stožáru včetně připojeného strojeného zemniče (měřením pouze strojeného zemniče bychom dostali hodnotu výrazně horší, než je skutečná hodnota uzemnění stožáru). Je nutné použít takové vybavení a takovou měřicí metodu, která umožňuje toto měření provést bez nutnosti odpojení zemního lana. Naměřená hodnota nemá překročit 15 Ω . Pokud naměřená hodnota převyšuje tuto hodnotu, je nutné provést doplňující měření rezistivity půdy (pokud její hodnota není známa z předchozích měření) a vyhodnotit naměřené hodnoty dle níže uvedené tabulky. Rezistivita půdy se měří v hloubkách 1, 2 a 3 metry. Vliv kolísání rezistivity půdy do hloubky 3 m v závislosti na ročním období se eliminuje tak, že naměřená hodnota rezistivity půdy se násobí činitelem K podle křivek znázorněných na Obr. 3. Pro další posuzování se vybírá nejvyšší hodnota takto zjištěné rezistivity půdy. [10], [11], [12]

Měrný elektrický odpor půdy (Ωm)		Odpor uzemnění [Ω]
nad	do	
	500	15
500	1000	20
1000	2000	30



1 Měření v deštivém období
2 Měření v období sucha

Obr. 3: Měření rezistivity půdy [10]

2.2.4 ID 605 - Venkovní vedení vvn - diagnostika – termovize

V rámci této diagnostiky vedení se provádí jediná kontrola a to:

1. Měření oteplení proudových spojů a vybavení vedení termovizí.

Jde o rychlý, moderní a spolehlivý způsob diagnostiky pro všechny napěťové hladiny zařízení pro přenos výkonu umožňující kontrolu velkého rozsahu zařízení v krátkém čase.

Provádí se měření kvality proudových spojů a příp. i svodičů přepětí venkovního vedení VVN na všech napěťových hladinách za účelem prověřování, zda nedochází k přehřívání částí pod napětím (oteplení spojů) vlivem přechodového odporu. [13], [14]

Výhody termografického měření jsou:

- rychlost vlastního měření (výstup z měření je k dispozici okamžitě),
- cena,
- operativnost použití, neomezování provozu (měřené zařízení není nutno vypínat, není narušen běžný provoz a odběry energie),
- zaznamenává skutečný stav (přesné výstupy),
- srozumitelný výstupní protokol z měření,
- efektivnost – přesně lokalizuje poruchová místa a určuje jejich závažnost.

2.3 Činnost navrhovaného robota a jeho vybavení

Z výše uvedeného podrobného rozboru činností prováděných při pravidelných revizích venkovního vedení VVN je zřejmé, že autonomní robot pohybující se s příslušným vybavením po linkách by mohl zastat funkci celé čtyř pracovníků a nepřetržitě kontrolovat stav zařízení, zjišťovat a hlásit závady a měřit, sbírat a vyhodnocovat příslušná data (např. změřit výšku daného místa vodiče nad terénem a porovnat ji s hodnotami dle ČSN EN 50341-1).

Půjde o reálné posouzení „stavu“ vodičů, stožárů a dalšího příslušenství venkovních vedení VVN pro potřeby stavově-spolehlivostní údržby (RCM, podrobněji v [1]).

Výhodou je možnost pravidelné (nepřetržitě) objektivní kontroly ve stavu vedení pod napětím. Nevýhodou je fakt, že robot bude „jen“ provádět monitoring a diagnostiku stavu, údržbu či odstranění závad musí v návaznosti na vyhodnocené skutečnosti provést montéři.

K datům, jejichž sběr a sekundární diagnostiku může robot provádět, lze řadit veškeré informace o:

- stavu zařízení
- bezpečných vzdálenostech od okolních objektů
- výšce nad terénem
- velikosti námrazku a síle větru
- pohybu lidí kolem zařízení, příp. záznam krádeže (dříve velký problém, dnes se poněkud vylepšilo)

Zatím příslušná data pořizují montéři. Každý má při jejich vyhodnocení jiný pohled na věc. Někomu se zdá závada banální, někomu obrovská. Stejně tak i odhad bezpečných vzdáleností např. od porostu při pohledu ze země není objektivní. Je možno využít firmy, které provedou přesná měření, ale tato měření jsou velmi drahá. Zde by robot vybavený měřicím zařízením velkým přínosem.

Dalšími činnostmi, pro které by byl robot vhodný, je nalezení na lince místo přeskočení po předchozím opětovém zapnutí (OZ) vedení, popřípadě hlídání korony (na 110 kV se zatím neprovádí, ČEPS na VVN řeší).

K úvaze je možnost využití robota k odpuzování ptáků (např. nepříjemným zvukem) od usedání na vedení. [11], [12]

K výše uvedeným účelům by měl být navrhovaný robot vybaven následujícím zařízením:

- kamerou k prohlídce všech zařízení viz kapit. 2.2.1 (pozor na dodržení podmínek pro provozování kamerového systému),
- zařízením pro měření výšky (nad terénem) a vzdáleností (od okolních objektů),
- termokamerou ke kontrole porušení spojů a vodičů termovizí,
- GPS senzory k možnosti podávání informace o své poloze,
- meteorologická stanice (měření teploty, tlaku, síly větru, tloušťky námrazky).

3 Dostupné funkcionality robota

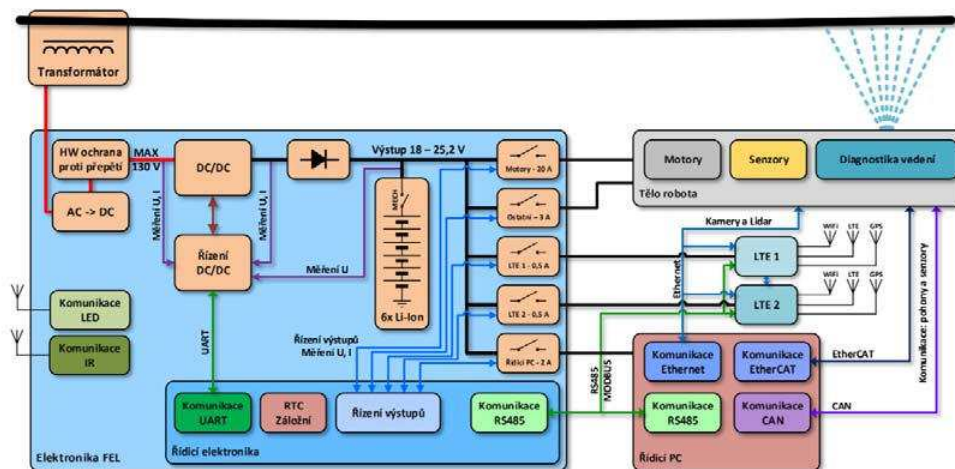
3.1 Blokové schéma systémového návrhu komponent

V rámci návrhu výsledného prototypu inspekčního robota bude zcela zásadní systém kombinování jednotlivých systémů robota, jmenovitě napájecí a rozvodný systém elektrické energie, pohonný mechanismus a další mechanika robota, řídicí elektronika, vlastní monitorovací a diagnostické systémy, komunikační rozhraní a vlastní řídicí jednotka. Jedním z nejobtížnějších úkolů představující největší výzvu je kombinace těchto systémů a dosažení elektromagnetické kompatibility systémů tak, aby nedocházelo k jejich vzájemnému ovlivňování. Klíčové mechanické, diagnostické a funkční požadavky na chování robota v průběhu operace jsou následující:

- Pohonné zařízení musí být v přímé pohybové ose symetrické, aby bylo schopné konat pohyb po laně oběma směry a překonávat definované překážky, nebo zajistit možnost otáčení na laně (symetrie je v principu výhodnější z důvodu možného couvání v případě řešení problémů s přejezdy překážek na průvěsu a blízko překážky, kde už není místo pro otočení),
- pro pohyb na jednom laně musí být robot pasivně podvěšen pro řízené snížení těžiště robota, nebo aktivně balancován pro rovnovážné udržení na laně,
- balanční vyvážení a případné kyvy stroje, způsobené nejčastěji samotným posuvem po laně a přes překážky nebo působením větru je možné tlumit pomocí posuvné zátěže, gyroskopu nebo vrtule,

- je funkčně nutné umístit některé senzory v dostatečné vzdálenosti od korony lana (GPS senzory, GSM modul apod.), aby vysokofrekvenční projevy koronového výboje neovlivnily diagnostická data,
- pro průměry a profil kladek je rozhodující průměr lana, maximální křivost a tvary překážek (předpokládáme široké kolo s takovým poloměrem, aby bylo schopné přejet spojky, opravné spirály a tlumič švihů)-

Z výše uvedeného vyplývají následující fundamentální vlastnosti konstrukce robota.



Obr. 4: Základní blokové schéma systémů robota

3.2 Kamerové systémy robota

Základním inspekčním prvkem robota a prováděné inspekce bude kamera zaměřená na následující prvky:

- a) ve viditelném spektru
 - lano samotné a jeho kotvení
 - izolátory a jejich kotvení
 - sloupy a patky sloupů
 - uzemnění
 - průseky
 - štítky (značení)
- b) v infračerveném spektru
 - svody na kotvení
 - izolátory

Dle současných výsledků řešení projektu a dosažených výstupů jsou možnosti robota takové, že lze očekávat, že robot bude schopen překonat všechny dodané překážky (horizontální kotvení, vertikální kotvení, tlumič švihů, opravné spirály a spojky) a ty také snímat kamerou (některé možná jen v řezu), některé i jinými senzory, ale asi ne vhodné pro inspekční postupy. Dále se předpokládá umístění kamery blízko u cívky, která bude snímat lano ze všech

stran a bude tak poskytovat vizuální podobu celého povrchu vodiče (detailní snímání pomocí krytovaného zrcátka) a také snímat polohu napájecí cívky. Dále se předpokládá umístění čelní směrové kamery, která bude namířena šikmo vpřed po směru lana a pohybu tak, aby bylo možné vzdálené ovládání (teleoperátorské navádění) a také snímat kotvení lana a další prvky v pohledové perspektivě.

Systém bude dále připraven na připojení dodatečných kamer typu termokamera a NIR kamera pro záznam obrazu v infračerveném spektru nebo pro rozpoznávání lesních průseků pod vedením. V tomto případě je otázkou další kumulace funkcionalit, která citelným způsobem navýší výslednou cenu robota. Na druhou stranu ale dovoluje vývoj několika variantních řešení s možnostmi základní a pokročilé výbavy robota, v následné fázi dle přání konkrétního zákazníka či odběratele.

3.3 Další funkcionality

Vedle dostupných kamerových systémů (snímajících viditelné i IR spektrum) tak robot bude obsahovat výše zmíněné součásti usnadňující diagnostické a inspekční procesy, zejména pak GPS moduly pro kompletní geografickou lokaci diagnostikovaného místa jakož i meteorologické snímače poskytující plné spektrum meteorologických dat a podmínek, při nichž došlo či docházelo k provádění inspekci. Při každém požadovaném nasnímání konkrétního objektu tak dojde k uložení všech klíčových informací, čímž vznikne rozsáhlá databáze vizuálních a numerických dat popisujících objekty pod prováděnou inspekci. Součástí sady dat bude i výška robota či po přepočtu odvozená výška lana nad zemí. V rámci online monitoringu se doporučuje, aby součástí firmware robota a vyhodnocovacího software byl i algoritmus porovnávající aktuální průběh lana a meteorologické podmínky s minimálním či maximálním průběhem. Tím by tak robot dával prediktivní informaci o nebezpečí překročení maximálního povoleného průběhu a kontaktu živého vodiče s uzemněnými objekty.

Další vhodnou funkcionalitou může být využití napájecího systému k online měření procházejícího proudu lanem. Při znalosti vzájemné vazby mezi měřeným lanem a napájecím transformátorem je možné odvodit převodní charakteristiku a velikost zdrojového napětí robota vyhodnocovat i jako informaci o procházejícím proudu. Tím bude sada získaných hodnot rozšířena i o velikost proudového zatížení a tím i o informaci o Jouleových ztrátách ve vodiči, které ovlivňují velikost generovaného tepla na kontaktních spojích. Funkcionalita měření proudu pak může mít též využití pro dlouhodobé měření – např. s definovanou vzorkovací frekvencí (sekunda, 15 sekund, minuta, 2 minuty, ...) měřit procházející proud. Při dlouhých časových úsecích, v nichž by docházelo k samotným inspekčním tak je možné získat zatěžovací diagramy jednotlivých linek.

Při znalosti mechanického návrhu robota (a souvisejícího blokového schématu dle Obr. 4) je tak možné vyhradit platformu a limity (konstrukční a elektrické) pro rozšíření o vhodné diagnostické a inspekční systémy.

4 Využitelnost a post-processing diagnostických dat

4.1 Klasifikace získaných dat

Inspekční a diagnostické systémy tedy přináší spoustu variant získávání a vyhodnocování dat, které samy o sobě mohou být buď velmi abstraktní a instantně nezajímavé, nicméně při vhodné interpretaci velice zásadní pro prováděnou revizi distribuční či přenosové linky.

V průběhu činnosti robota tak může docházet ke snímání a získání informací trojího typu:

Robot pro inspekci a diagnostiku distribuční a přenosové sítě

TH02020319

Západočeská univerzita v Plzni a ENERCON s.r.o.

Strana 20/25

- I. **Non-stop provozní informace** – informace o provozu robota a aktuálních podmínkách, např. tedy:
 - GPS modul – poloha robota
 - Mechanický modul – aktuální rychlost pohybu robota, výška robota nad zemí
 - Velikost napájecího napětí (pro pohonné systémy a možnosti komunikace)
 - Stav robota – binární logika (0 - neprobíhá inspekce, 1 - probíhá inspekce)
- II. **Inspekční informace** – informace logované v průběhu prováděné inspekce, kdy je robot umístěn na vedení
 - GPS modul – poloha robota, včetně logování pro vyhodnocení celé cesty robota v průběhu inspekčního cyklu
 - Mechanický modul – rychlost robota, aktuální náklon (pro vyhodnocení, zda náklon robot překoná), výška robota nad zemí
 - Meteorologický modul – pro vyhodnocení aktuálních meteorologických podmínek, včetně např. signalizace velké rychlosti větru či nebezpečně vysoké teploty
 - Stavové informace – typ, označení a vlastnosti zkoumaného vedení (pro kategorizaci získaných dat v rámci ŘPÚ)
- III. **Diagnostické informace vyžádané obsluhou** – sada všech dostupných hodnot z jednotlivých systémů doprovázených vizuální dokumentací z kamerových systémů pro uložení vizualizace kritického objektu a všech okrajových podmínek.
 - V podstatě uložení všech měřených a zjišťovaných signálů pro propojení kritického objektu s okrajovými podmínkami

Všechna získaná data budou mít databázovou podobu, kde hlavním třídícím znakem bude čas získání/uložení informace. V závislosti na dalších stavových vlastnostech pak bude možné třídit, hledat a filtrovat data dle požadované povahy. V tomto bodě je nutné prvotní roztržidění toho, která data budou přenášeny obsluze v reálném čase a která data se budou vyhodnocovat následně, což předkládá nároky na řídicí jednotku a interní datové úložiště. Je zde předpoklad online přenosu obrazu kamery z viditelného spektra obsluze, která zpětně volí povel, který záběr kamery uložit v podobě statické fotografie. Tato fotografie je pak uložena se zmíněnými daty z GPS modulu, meteorologického modulu, atp.

Množství získaných dat ukládá velké nároky na uložení a zpětné vyhodnocení dat. S rostoucím počtem inspekčních cyklů a inspekčních robotů tak roste případná míra nepřehlednosti získaných dat, což klade vysoké nároky na automatizovaný software ukládající data ve správné podobě v souvislosti s dostupnými diagnostickými systémy a plně proškolená obsluha provádějící výsledné vyhodnocení.

4.2 Databázové a vyhodnocovací operace

Úspěšné testy komunikace měřicího modulu s sebou přináší otázku zpracování a úpravy naměřených dat. Redundantní komunikace modulu zajišťuje porovnatelnost dat, omezení chyby a tím zvýšení relevance měřených veličin. V případě většího množství provozovaných robotů současně se také zvyšují nároky na dostupnost a přehlednost dat.

Jelikož se počítá s nepřetržitým provozem nasazeného robota, nároky na strukturu získaných dat budou vysoké. Při plném provozu bude nutné optimalizovat i komunikaci robota se serverem, jelikož je výhodné minimalizovat velikost odesílaných zpráv vzhledem k množství a riziku rušení zprávy. Správa již přenesených dat se vzhledem k potřebě vzorkování již řadí do kategorie big data.

- Co se velikosti dat týče, je zřejmé, že provoz i jednoho robota bude z hlediska generování dat znamenat relativně velké nároky na databáze. Souběžné používání bude chtít dimenzovat i serverovou stranu.
- Pro testovací účely by bylo možné postavit server s například SQL či obdobnou databází, do které by každý robot zapisoval svá měřená data.
- To umožňuje stavbu interpretačního grafického software, který může v realtime provedení načítat informace z robota a interpretovat je pro danou linku, na které robot operuje. Důležité nejen pro aktuální stav vedení, ale historické analýzy.
- Separátně je však nutné řešit druhou stranu komunikace – dotazy ze serveru robota.
- Pro zpracování dat ve spolupráci s databází je samozřejmě možné použít například MATLAB, ale pro komerční uplatnění (složitá licenční politika MATLABu) se nabízí využití open source či GNU/GPL platform, které s databázovými systémy také spolupracují.
- U placené varianty (MATLAB) lze využít prostředí AppDesigner, které umožňuje napsání jednoduchého multi-window prostředí, jehož vývoj kombinuje WYSIWIG a psané programování. Výhodou je jednoduchá editace, připravené grafické knihovny a jednoduchá spolupráce s databázemi. Nevýhodou je však omezená funkčnost standalone aplikace bez celého licencovaného balíku MATLAB a také hardwarové nároky na finální standalone aplikaci, jejíž instalace je z hlediska konfigurace instalačního balíku značně omezená.
- Naproti tomu stojí různá GNU/GPL řešení jako například GNU Octave. Pro toto výpočtové prostředí existuje databázový balík, pod kterým je také možné načítat do prostředí Octavu data z SQL databáze. Po načtení je možné s daty již pracovat stejně jako s běžně vytvořenými proměnnými. Výhodou tohoto řešení je bezpochyby cenová a licenční politika. Nevýhodou je však složitější vývoj celé aplikace, který kombinuje několik programovacích jazyků. Výsledkem ale může být aplikace vyvinutá přesně pro účely robota.
- Výpočetní jádro může tedy běžet například v prostředí MATLAB nebo Octave, ale GUI celého programu bude napsáno v jiném programovacím jazyku (Python apod.).
- Cílem je program, který jednoduše interpretuje aktuální stav činnosti robota, jednoduše umožňuje výběr konkrétního robota a umí spustit výpočty, které využívají naměřených dat.
- Co se výpočtů týče, největší výhodou software je rychlé a hromadné posouzení naměřených parametrů s hodnotami, které určuje norma pro jednotlivé úkony řádu preventivní údržby.

Samostatnou otázkou je také pokročilé využití dat. Při nástupu moderních technologií typu IoT a využití umělé inteligence pro predikce jsou dobře strukturovaná data ideálním vstupem pro nepřetržité výpočty (např. v energetice N-1 pravidlo). Díky tomuto přístupu lze předcházet vzniku poruch, které jsou pevným řádem preventivní údržby těžko sledovatelné mezi jednotlivými intervaly údržby.

V případě, že porucha na vedení vlivem mimořádných okolností nastane, je díky dostupnosti detailních dat možné spustit hloubkovou analýzu stavu, který poruše předcházet a v budoucnu při výskytu podobných podmínek upozornit provozovatele na riziko. Detailní znalost pozorovaného systému je i z hlediska životnosti a investičních nákladů velmi přínosná, jelikož norma sice udává hodnoty, které musí pravidelná měření splňovat, ale online monitoring vedení nabízí skutečný nástroj řízeného stárnutí zařízení, které může indikovat výměnu některých částí vedení dříve, než jejich normované stárnutí způsobí dodatečné investiční, provozní nebo servisní náklady.

5 Závěr

Jak bylo řečeno výše, elektrická vedení VVN jsou ve smyslu platných zákonných předpisů považována za vyhrazená elektrická technická zařízení. Proto jejich bezpečnost a spolehlivost musí být ověřována revizemi. 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.

Elektrická zařízení přenosové a distribuční soustavy včetně smluvně přímých vedení musí tedy 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. ŘPÚ musí být zpracován v rozsahu kapitoly 4 PPDS nebo části III. PPPS na všechna elektrická zařízení přenosové a distribuční soustavy, tj. rovněž na smluvně provozovaná přímá vedení.

Doporučuje se v rámci provádění plánovaného úkonu běžné údržby na zařízení mimo provoz současně dle technických možností odstranit zjištěné závady přímo při úkonech prohlídky a diagnostických měření. Jelikož bude navrhovaný robot monitorovat sledované vedení průběžně, vyjede opravárenská četa k odstranění závady v okamžiku jejího zjištění.

Lhůty úkonů ŘPÚ pro jednotlivé druhy zařízení jsou určovány v souladu s kapitolou 4 PPDS nebo částí III. PPPS. Dle v nich 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, přičemž se doporučuje 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. [1]

ŘPÚ by měl být v souladu s kapitolou 4 PPDS nebo částí III. PPPS z důvodů uvedených v [1] minimálně jednou za pět let aktualizován.

Pro venkovní vedení VVN ŘPÚ konkretizuje obsah příslušných úkonů stanovených v čl. 4.1.1 PPDS a stanovuje jejich lhůty dle zásad v čl. 4.1.2.

Základní činností prováděné revize je Prohlídka, tj. pohledová (vizuální) kontrola prováděna pochůzkou, popř. možno dopravním prostředkem (např. letecká kontrola vedení vvn a zvn). Provádí se na zařízení pod napětím. Obsah a lhůty jsou stanoveny při respektování technického provedení vedení (např. holé nebo izolované vodiče, typ izolátorů apod.) a lokality jeho umístění (např. lesní průsek, zastavené území, volný terén apod.) včetně k přihlédnutí působení vnějších vlivů (např. znečištění, námrazová oblast apod.). Proto mohou být pro jednotlivé úseky trasy jednoho vedení stanoveny různé lhůty.

Podrobněji již byly jednotlivé pracovní postupy prováděné na vedeních VVN shrnuty v Kap. 2.2.

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 platí pro výchozí revize nových elektrických rozvodných zařízení DS a PS a prováděné pravidelné kontroly stávajících rozvodných zařízení podle Řádu preventivní údržby. [8] Její konečný návrh odsouhlasily ČEPS, ČEZ Distribuce, E.ON Czech, E.ON Distribuce a PREdistribuce.

Výše uvedené činnosti prováděné dle ŘPÚ a z nich vyplývající úkony monitoringu a diagnostiky zajišťované sestavovaným robotem byly konzultovány s odpovědnými pracovníky podniků ČEZ Distribuce a E.ON Distribuce, jejichž zkušenosti se v podstatě shodovaly.

Legislativní předpisy související s řešenou tematikou byly předmětem studia v minulém roce a byly blíže zmíněny v [1]

Jako další související legislativu lze uvést:

- Energetický zákon
- PNE 330000-1 Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribuční soustavě dodavatele elektřiny
- ČSN EN 50341-1 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 45 kV
- ČSN EN 50341-2-19 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV - Část 2-19: Národní normativní aspekty (NNA) pro Českou republiku
- DSO_ME_0240 Plánování, výkon činnosti a vyhodnocení plnění ŘPÚ
- DSO_ME_0239 Závady zařízení DS [10]

Využití robota v rámci pravidelných inspekčních úkonů omezí náklady na pracovní čety a zároveň ušetří čas díky automatizovanému pohybu a sběru diagnostických dat. V přípravné fázi jsou tyto náklady částečně reflektovány v systémovém návrhu a metodologickém přístupu jeho využití. Vybavení robota dostupnými systémy sběru vizuálních dat, GPS, infračervenými, laserovými a meteorologickými systémy tak zajistí veškerá potřebná diagnostická data, které bude nutné správným způsobem vyhodnocovat.

Seznam použité literatury a informačních zdrojů

- [1] HEJTMÁNKOVÁ, Pavla. Návrh metodologie pro analýzu a diagnostiku přenosových soustav (Výzkumná zpráva TH02020319-2018), ZČU v Plzni, leden 2018
- [2] Řád preventivní údržby (3.). [online]. [cit. 2018-11-15]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-07-28.9171670310> [7]
- [3] Řád preventivní údržby. [online]. [cit. 2018-11-20]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file-other/cezes/pro-zakazniky/rad-preventivni-udrzby.xlsx> - 16
- [4] 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 drive- 17
- [5] Řád preventivní údržby (1.). [online]. [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-07-28.3557182725/view> drive- 10 necituji
- [6] Řád preventivní údržby (2.). [online]. [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/kk-clanek.2005-07-28.7490320480/view> drive- 11 necituji
- [7] Řád preventivní údržby (4.). [online]. [cit. 2017-11-16]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/clanek.2005-07-28.4813617443/view> drive- 12 necituji
- [8] PNE 33 0000-3. Revize a kontroly elektrických zařízení přenosové a distribuční soustavy. [online]. [cit. 2018-12-2]. Dostupné z: <https://www.csres.cz/Upload/PNE%2033%200000-3%20kn%2022.11.pdf> drive 15 nova adresa
- [9] PNE 33 0000-3. Revize a kontroly elektrických zařízení přenosové a distribuční soustavy. Změna 1. [online]. [cit. 2018-12-2]. Dostupné z: https://www.csres.cz/Upload/PNE%2033%200000-3_ed.4_Z1.pdf nova adresa
- [10] ŘPÚ – vedení VVN. Interní materiály ČEZ Distribuce, a.s.
- [11] Odborná diskuse na dané téma s odborníky z ČES Distribuce, a.s.
- [12] Odborná diskuse na dané téma s odborníky z E.ON Distribuce., a.s.
- [13] Termovizní měření. [online]. [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <http://www.engie.cz/termovizni-mereni>
- [14] Termovizní měření. [online]. [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: http://www.zpravodaj.probit.cz/2011/1_11web/termovizni_mereni.htm
- [15] LC, BPL – Využívání silnoproudých vedení a sítí pro přenos zpráv. Přenosové systémy s optickými kabely v zemních lanech vedení vvn a vn. [online]. [cit. 2018-12-16]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/256/04.html>