

Ukázka

KNIŽNICE
elektro
SVAZEK 100

Václav Macháček

Příručka (nejen) pro zkoušky elektrotechniků
pracujících na elektrických zařízeních nad 1 000 V
(druhé – aktualizované vydání)



www.iisel.com
Internetový Informační Systém pro Elektrotechniku



ýsled-
ka?
torem,
před-
elek-
mova
taž-
miza-
mny

KNIŽNICE
elektro
SVAZEK 100

techniků
nad 1 000 V

Záměrem této publikace, jako možného podkladu pro zkoušky elektrotechniků, jsou zejména zásady bezpečnosti a poznatky vztahující se na silová elektrická zařízení nad 1 000 V, i když charakter řady ustanovení je společný i pro zařízení do 1 000 V.

Tab. 1 Rozdělení elektrických zařízení podle napětí

Napět'ové pásmo*)	Označení napětí		Název zařízení	Jmenovité napětí		
	mezinár.	české		v uzemněné soustavě		v izolované soustavě
				mezi vodičem a zemí	mezi vodiči	mezi vodiči
1.	2a	2b	3.	4.	5.	6.
I	ELV	mn	zařízení malého napětí	do 50 V**) včetně	do 50 V**) včetně	do 50 V**) včetně
II	LV	nn	zařízení nízkého napětí	nad 50 V do 600 V včetně	nad 50 V do 1 000 V**) včetně	nad 50 V do 1 000 V**) včetně
	HV***)	vn	zařízení vysokého napětí	nad 0,6 kV a menší než 30 kV	nad 1 kV a menší než 52 kV	nad 1 kV a menší než 52 kV
		vvn	zařízení velmi vysokého napětí 171 kV	od 30 kV a menší než 300 kV	od 52 kV a menší než 300 kV	od 52 kV a menší než
		zvn	zařízení zvlášť vysokého napětí	—	od 300 kV do 800 kV včetně	—
		uvn	zařízení ultra vysokého napětí		nad 800 kV	

Poznámky k tabulce:

^{a)} Napětíová pásma I a II v oblasti napětí do 1 000 V jsou stanovena normou ČSN IEC 449. V oblasti zařízení vysokého napětí uvádějí technické normy IEC a EN (např. ČSN EN 61936-1 a ČSN EN 50341-1) rozsah napětí, pro který se uvádějí nejvyšší napětí pro zařízení od 3,6 kV do 800 kV včetně.

^{**)} Pro stejnosměrná zařízení se za malá napětí považují jmenovitá napětí do 120 V včetně, za nízká napětí se považují jmenovitá napětí vyšší než 120 V do 1 500 V včetně, za vysoká napětí se považují napětí vyšší než 1 500 V.

^{***)} Obecně se v mezinárodních a evropských normách napětí nad 1 kV mezi vodiči uvádí jako vysoké napětí a označuje se HV. Jsou v něm zahrnuta napětí označovaná podle této normy vn, vvn, zvn a uvn. V normách IEC, EN a v jiných dokumentech EU i v dokumentech některých států se uvádí též tzv. střední napětí (medium voltage – MV), které svým rozsahem napětí odpovídá přibližně v ČR používanému vn. Uvádí se o něm, že spadá pod termín vysoké napětí (HV). Mezní hodnoty tohoto napětí nejsou celosvětově ani celoevropsky jednotně stanovené. Proto není toto napětí v této normě uvedeno. HV také může označovat nejvyšší napětí ze dvou nebo více napětí použitých v přístroji nebo v instalaci, přičemž LV pak označuje nejnižší ze dvou nebo více napětí použitých v přístroji nebo v instalaci (viz např. ČSN IEC 60050-151). Takovéto označení se uplatňuje například u transformátorů pro označení jeho vinutí.

Tab. 4 Vývojové změny velikostí ochranných pásem

Typ zařízení	nadměstní vedení nad 35 kV do 110kV včetně			nadměstní vedení nad 1 kV do 35 kV včetně			nadměstní vedení do 1 kV	zděná (kabelová) trafostanice s převodem napětí menším než 52 kV na úroveň nízkého napětí	stožárová trafostanice s převodem napětí menším než 52 kV na úroveň nízkého napětí	podzemní kabelové vedení distribuční soustavy do 110 kV včetně
	holé vodiče	se zákl. izolací	závěsná kabel. vedení	holé vodiče	se zákl. izolací	závěsná kabel. vedení				
Ochran. pásmo u zařízení s rokem výstavby do 31. 12. 1994	15 m			10 m			nemá	30 m	10 m	1 m
Ochran. pásmo u zařízení s rokem výstavby od 1. 1. 1995 do 31. 12. 2000	12 m			7 m			nemá	20 m	7 m	1 m
Ochran. pásmo u zařízení s rokem výstavby od 1. 1. 2001	12 m			7 m	2 m	1 m	nemá	2 m	7 m	1 m
Ochran. pásmo u zařízení s rokem výstavby od 1. 1. 2005	12 m	5 m	2 m	7 m	2 m	1 m	nemá	2 m	7 m	1 m

b) u napětí nad 1 kV a do 35 kV včetně:

- pro vodiče bez izolace (holé vodiče) 7 m,
- pro vodiče s izolací základní 2 m,
- pro závěsná kabelová vedení 1 m,

c) u napětí nad 35 kV do 110 kV včetně:

- pro vodiče bez izolace (holé vodiče) 12 m,
- pro vodiče s izolací základní 5 m,

d) u závěsného kabelového vedení 110 kV 2 m,

e) u napětí nad 110 kV do 220 kV včetně 15 m,

f) u napětí nad 220 kV do 400 kV včetně 20 m,

g) u napětí nad 400 kV 30 m,

h) u zařízení vlastní telekomunikační sítě držitele licence 1 m.

Grafické znázornění ochranných pásem nadzemních vedení je na obr. 1.

K vytvoření podmínek pro zajištění potřebné údržby nadzemních vedení udržuje provozovatel přenosové soustavy nebo provozovatel příslušné distribuční soustavy v lesních průsecích na svůj náklad volný pruh pozemků o šířce 4 m po jedné straně základů podpěrných bodů nadzemních vedení, potřebný pro průjezd jeřábů, montážních plošin, nákladních aut a dalších. Vlastníci či uživatelé dotčených nemovitostí jsou povinni jim tuto činnost umožnit. V případech, kdy je tento volný pruh potřeba, se provádí podél vedení nad 1 kV do 35 kV s vodiči bez izolace (holá vedení) i podél vedení nad 35 kV do 110 kV včetně s vodiči bez izolace i s izolací základní. Dále se dle potřeby provádí u vedení nad 110 kV do 400 kV včetně i nad 400 kV.

Osoba odpovědná za elektrické zařízení může upravit požadavky na kvalifikace osob dle rozsahu pověření pro jednotlivé činnosti na elektrickém zařízení (způsob prokázání praktických znalostí, lhůty prováděných opakovaných školení a další). Může stanovit delší lhůty praxe dle pověření osoby příslušnou činností v členění:

- osoba pověřená kontrolou elektrického zařízení během pracovní činnosti,
- osoba pověřená prováděním zajištění pracoviště včetně vydávání příkazu "B",
- osoba pověřená prováděním měření a zkoušek,
- osoba pověřovaná jako vedoucí práce,
- osoba pověřovaná jako vedoucí pracovní skupiny,
- osoba pro řízení činnosti,
- osoba pověřovaná vybranými pracemi pod napětím.

3.2 Opatření k zajištění bezpečnosti při práci na elektrických zařízeních nebo v jejich blízkosti

ČSN EN 50110-1 ed. 3 stanovuje v jednotlivých kapitolách řadu opatření, která je nutno provést, aby při pracích na elektrickém zařízení a v jeho blízkosti byla zajištěna bezpečnost. Jako prvotní opatření pro zajištění bezpečnosti je stanovení pracovního postupu (písemné přípravy práce), který je nutno v průběhu práce dodržovat. Jinou formou tohoto opatření je možnost vydání příkazu „B“ (popř. vydání příkazu „B-PPN“ pro práce pod napětím) jako písemného dokladu o nařízených technických a organizačních opatřeních, sloužících k zajištění bezpečnosti osob při práci na elektrickém zařízení nebo v jeho blízkosti.

Poznámka:

Zásady používání příkazu „B“ a příkazu „B-PPN“ stanovovala ČSN 34 3100 zrušená k 31. 12. 2005. Možnost jeho současného uplatnění vychází ze zpracovaných a vydaných normativních dokumentů – viz např. TNI 34 3100 nebo PNE 33 0000-6 ed. 3.

Jako příklady dalších technicko-organizačních opatření k zajištění bezpečnosti při práci lze uvést zajištění pracoviště (kapitola 3.4.1), podmínky dorozumívání při prováděných činnostech (kapitola 3.4.2), povolení k zahájení práce (kapitola 3.4.3), dozor při práci (kapitola 3.3), přerušení práce a přerušení práce prováděné pod dozorem (kapitola 3.4.4), ukončení a kontrola provedené práce (kapitola 3.4.5).

3.2.1 Pracovní postupy

Pracovní postup lze definovat jako sled pracovních činností potřebných k provedení požadované práce při dodržení požadavků na ochranu před úrazem elektrickým proudem a ostatními účinky elektřiny s využitím osobních ochranných prostředků a pracovních pomůcek.

V případech, kdy se jedná o činnosti často opakované, stačí jednou zpracovaný a ověřený pracovní postup. Pro pracovní činnosti mimořádné a složité je nutno pracovní postup připravit samostatně a vystavit písemně a musí být k dispozici na pracovišti. Rozsah a vyhotovení písemné informace na provedení složité pracovní činnosti nebo na zajištění pracoviště stanovuje osoba odpovědná za elektrické zařízení nebo jí pověřená osoba. Stanovený

4. OCHRANA PŘED ÚRAZEM ELEKTRICKÝM PROUDEM V ZAŘÍZENÍCH NAD 1 000 V

Soubor opatření a způsoby ochrany elektrických zařízení nad 1 000 V AC zajišťující ochranu před úrazem elektrickým proudem za normálních provozních podmínek a v případě poruchy zařízení stanovovaly (kromě dalšího) dříve platné technické normy ČSN 341010 z 06/1965, ČSN 33 2000-4-41 z ledna 1996 i z února 2000 a čtyři postupně vydávané podnikové normy energetiky PNE 33 0000-1.

Ze současně platných norem komplexně řeší uvedenou problematiku pouze PNE 33 0000-1 ed. 5 *Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribučních soustavách a přenosové soustavě* platná od 1. prosince 2011. Je základní bezpečnostní normou pro navrhování a provoz rozvodných zařízení distribučních soustav a přenosové soustavy. Tvoří ucelený soubor z hlediska ochrany před úrazem elektrickým proudem zařízení nn, vn, vvn, zvn a může být v přiměřené míře použita i pro průmyslové a komunální rozvodné sítě do 1 000 V i nad 1 000 V AC. Norma neřeší požadavky na sítě s napětím do 1 500 V a nad 1 500 V DC.

Na uvedenou normu navazuje v příslušných kapitolách s účinností od 1. 1. 2016 nově zpracovaná PNE 33 3201 *Elektrické stanice – Navrhování a stavba elektrických stanic nad 1 kV AC pro DS a PS*.

4.1 Základní požadavky na bezpečnost

Rozvodná elektrická zařízení bez ohledu na napěťové hladiny musí být trvale vybavena prostředky ochrany před úrazem elektrickým proudem při respektování nepříznivého působení předpokládaných vnějších vlivů při jejich provozu.

Prostředky ochrany před úrazem elektrickým proudem u rozvodných elektrických zařízení musí splňovat některou z následujících podmínek:

- trvale zamezit přístup k živým i neživým částem při provozu elektrického zařízení s napětím vyšším než je mezní hodnota bezpečného napětí,
- omezit proud protékající lidským tělem při dotyku s neživými částmi elektrických zařízení na úroveň, která není nebezpečná,
- omezit dobu, po kterou při dotyku s neživými částmi elektrických zařízení protéká proud lidským tělem tak, aby nenastaly nebezpečné patofyziologické účinky u zasažených osob.

Poznámka:

Z výše uvedených podmínek lze odvodit, že příčinou úrazu elektrickým proudem jsou účinky proudu protékajícího lidským tělem v závislosti na jeho velikosti a době trvání. Pro praxi je však velmi obtížné určit jeho mezní hodnotu. Je to tím, že při dotyku ar. s živou nebo neživou částí, která je při poruše zařízení pod napětím, nebudeme znát velikost napětí, které je na zařízení, jehož se člověk dotýká, ale ani hodnotu impedance lidského těla a odpor podkladu, na kterém člověk stojí. Proto je pro praxi výhodnější vycházet z mezních hodnot dotykových napětí, které jsou pro lidské tělo za určitých podmínek ještě bezpečné.

Výjimky z bodů f), g) a h) tvoří, a proto je není nutné chránit:

- *kovové konzoly na dřevěných a železobetonových sloupech nebo ve zdivu nesoucí elektrické vedení, které je mimo dosah, pokud jiné ČSN a PNE nestanoví jinak,*
- *rámy úsekových vypínačů na dřevěných sloupech, které jsou mimo dosah a mají v táhle vřazen předepsaný izolátor, a pokud jiná ČSN (např. ČSN EN 50423-1) a PNE 33 3301 ed. 3 nestanoví jinak,*
- *neprístupná ocelová výztuž železobetonových sloupů venkovních vedení s napětím do 35 kV včetně, pokud je pro upevnění vodičů použito neprůrazných izolátorů a k roubíkovým izolátorům jsou vodiče upevněny třmenovými vazy nebo jinými rovnocennými vazy, a pokud jiné ČSN nebo PNE nepožadují jinak,*
- *u průchodek z keramických izolačních desek může být od ochrany rámu upuštěno, je-li průchodka sama dimenzována na provozní napětí a izolační deska představuje dostatečnou přídatnou izolaci.*

Poznámky:

Celokovové stožáry a sloupy z odstředovaného betonu venkovního vedení 22 a 35 kV s izolátory typu A (neprůrazné izolátory) se nemusí chránit, pokud ČSN nebo PNE nepředepisuje jejich uzemnění (drážní křižovatky, stožáry kombinovaných vedení, na nichž jsou umístěna spínací zařízení, úsekové vypínače a svodiče přepětí).

Ochrana kovových venkovních oplocení elektrických stanic se provádí podle přílohy G ČSN EN 50522 a PNE 33 3201 – podrobněji viz kapitola 5 příručky.

4.2 Prostředky základní ochrany (ochrana před dotykem živých částí)

Cílem základní ochrany elektrických zařízení nad 1 000 V AC je to, aby živé části, které jsou při normálním provozu pod napětím, nebyly lidem přístupné. Základní ochrana živých částí může být vytvořena polohou, zábranou, přepážkami nebo kryty a izolací živých částí, případně kombinací uvedených prostředků.

4.2.1 Ochrana polohou (umístění zařízení mimo dosah)

Ochrana polohou spočívá v umístění nebezpečných živých částí zařízení mimo dosah a je určena k zabránění nahodilému dotyku živých částí. Zóna dotyku ruky vymezená kótami **a**, **b**, **c** je znázorněna na obr. 6. Hodnoty dosahu ruky se vztahují na přímý dotyk holou rukou bez pomůcky (např. nástroje, žebříku apod.). Na místech, kde se manipuluje s objemnými nebo dlouhými vodivými předměty, se musí požadované vzdálenosti zvětšit s ohledem na příslušné rozměry těchto předmětů. Části současně přístupné dotyku, které mají odlišný potenciál, nesmějí být v dosahu ruky. O dvou částech se předpokládá, že jsou současně přístupné dotyku, pokud od sebe nejsou vzdáleny více jak 2,5 m.

4.3.2.4 Zjišťování přídavného odporu (rezistance) přechodu mezi podrážkou bot a zemí R_{F2} , výpočet rezistivity (měrného odporu) půdy v povrchové vrstvě ρ_S

Přídavný odpor přechodu mezi oběma podrážkami bot a zemí R_{F2} závisí na rezistivitě půdy v povrchové vrstvě ρ_S .

Pro měření odporu R_{F2} je třeba mít k dispozici vhodnou kovovou desku o ploše podrážek obou bot (250×250 mm). Deska se uloží na místo, kde je třeba změřit odpor R_{F2} a podloží se vlhkým (mokrým) kusem látky o stranách přibližně 270×270 mm. Desku je třeba zatížit vahou člověka.

Pak se změří zemní odpor desky prostřednictvím vhodného měřicího přístroje (běžná metoda měření zemního odporu zemniče). Tímto způsobem změříme odpor R_{F2} (tedy přídavný odpor přechodu mezi oběma podrážkami bot a zemí), který lze použít pro výpočet předpokládaného dotykového napětí U_{vTp} .

Na základě dále uvedených vztahů lze výpočtem též zjistit rezistivitu půdy v povrchové vrstvě ρ_S :

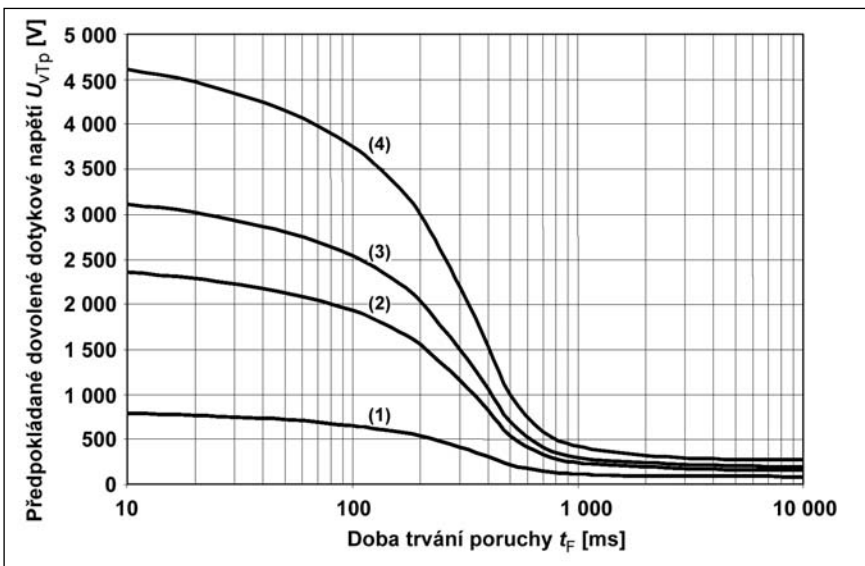
$$\rho_S = R_{F2}/k = R_{F2}/1,5 \text{ } [\Omega\text{m}],$$

kde:

ρ_S – rezistivita (měrný odpor) půdy v její povrchové vrstvě $[\Omega\text{m}]$,

R_{F2} – naměřená hodnota přídavného odporu přechodu mezi podrážkou obou bot a zemí $[\Omega]$,

k – koeficient – s ohledem na desku, která je určena pro měření R_{F2} $[\text{m}^{-1}]$. Pokud má rozměr (plochu) podrážek obou bot a je zatížena vahou člověka, je hodnota koeficientu $k = 1,5 \text{ } [\text{m}^{-1}]$.



Obr. 11 Příklady předpokládaných dovolených dotykových napětí U_{vTp} jako funkce doby trvání poruch t_f a z hlediska působení přídavných odporů

ných dotykových napětí týkajících se elektrických stanic podrobně rozvedených v kapitole 4.5 (viz též ČSN EN 50522 příloha E).

Pro venkovní vedení, u nichž je zajištěno v případě zemní poruchy rychlé automatické odpojení od zdroje, platí ustanovení popsaná v kapitole 4.4.1.

V distribučních stanicích vn/nn napájených z těchto vedení nesmí být překročeno dovolené dotykové napětí U_{Tp} dle podmínek uvedených v kapitole 5.2.5.

4.4.5 Pospojování (k uvedení na stejný potenciál)

Toto opatření lze použít jen k doplnění ochrany normální (u zařízení nad 1 000 V jde o některou z ochranných opatření) na ochranu doplněnou.

Podstata opatření provedeného pospojováním spočívá v tom, že se vzájemným vodivým pospojováním všech neživých kovových částí v okolí a kovového nebo vodivého stanoviště vyloučí možnost vzniku rozdílných potenciálů mezi těmito částmi. Průřezy vodičů pro vyrovnání potenciálů se volí podle kapitoly 5.2.1.1.

Není-li stanoviště kovové, ale je vodivé (podlaha, zem), musí se potenciál tohoto stanoviště vyrovnat na potenciál pospojovaných částí. Vyrovnání potenciálu vodivých podlah se dosahuje např. ocelovým armováním v betonové podlaze, vložením kovové mříže do podlahy apod., ve venkovním prostředí se dosahuje vložením kovové mříže do země.

Aby vstup na místo obsluhy byl bezpečný, obloží se pracoviště (stanoviště pro obsluhu) izolovaným pásem širokým alespoň 1,3 m (např. pryží), ve venkovních zařízeních hrubým, špatně vodivým šterkem (např. čedičem).

4.4.6 Ochrana izolací

Jedná se o ochranu před nebezpečným dotykovým napětím neživých částí zařízení, které se musí při obsluze zařízení uchopit rukou. Z hlediska elektrických zařízení nad 1 000 V AC se ochrana volí podle prostoru kde zařízení pracuje, a podle toho, zda zařízení nebo jeho část je nebo není při jeho obsluze nebo při jeho provozování drženo v ruce, jak vyplývá z tab. 18.

Tab. 18 Stupně ochrany podle způsobu uchopení rukou a členění prostorů u zařízení nad 1 000 V AC

Prostory	Stupeň ochrany u zařízení nad 1 000 V AC	
	Části zařízení se nemusí uchopit rukou	Části zařízení se musí uchopit rukou
normální a nebezpečné	normální	požaduje se zhotovení z izolantu, pokud dále uvedená ustanovení neumožňují jinak
zvláště nebezpečné	doplněná	

Za části, které se musí při obsluze uchopit rukou, se z hlediska ochrany před dotykem všeobecně považují:

- části elektrických předmětů (spotřebičů), které se při práci musí držet v ruce (ruční nářadí atd.),

5. UZEMŇOVÁNÍ ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ NAD 1 000 V

Pod výrazem uzemnit se rozumí elektricky spojit dané místo v síti, v přípojce, v instalaci nebo v zařízení s místní zemí. Spojení s místní zemí může být úmyslné nebo neúmyslné, případně nahodilé a může být trvalé nebo přechodné. Při návrhu uzemnění a uspořádání zemniců bereme v úvahu zejména požadovaný zemní odpor, přípustné napětí na uzemňovací soustavě, přípustné dotykové a krokové napětí, proudovou zatížitelnost zemnice a mechanickou a korozní odolnost zemnice.

V zařízeních se jmenovitým napětím nad 1 000 V AC se zřizuje uzemnění vždy pro ochranu před úrazem elektrickým proudem, pro ochranu před bleskem a přepětím a pro správnou funkci elektrického zařízení.

Uzemnění v rozvodném elektrickém zařízení slouží současně jako ochranné i pracovní. Pokud to vyžaduje elektrické zařízení, lze ochranné a pracovní uzemnění provádět samostatně. V rozvodných elektrických zařízeních se zajišťuje strojenými nebo náhodnými zemnicemi.

Uzemňovací soustava (její prvky a vodiče pospojování) musí být přiměřená pro poruchový proud bez překročení mezi týkajícími se tepelného a mechanického návrhu, vycházejících ze záložní doby provozu ochrany.

Uzemňovací soustava musí udržovat svoji integritu (celistvost, neporušenost) vzhledem k očekávané životnosti zařízení se všemi důsledky týkajícími se omezení koroze a mechanických parametrů. Výkonnost uzemňovací soustavy musí být taková, aby zamezila poškození zařízení následkem nadměrného nárůstu potenciálu, rozdílů potenciálů v uzemňovací soustavě a následkem nadměrných proudů v náhradních drahách určených pro vedení poruchového proudu.

Uzemňovací soustava v kombinaci s vhodnými opatřeními musí udržovat kroková i dotyková napětí a přenášené potenciály v limitech vyplývajících z normální doby provozu ochranných relé a vypínačů.

5.1 Termíny a definice

Řada nedorozumění i mezi elektrotechniky často plyne z toho, že nejsou známy, plně objasněny a vysvětleny termíny a pojmy používané ve vzájemných vztazích.

Definice termínů uvedených v jednotlivých kapitolách Mezinárodního elektrotechnického slovníku, definice termínů používaných v legislativních předpisech, technických normách a odborné literatuře jsou základním kamenem jednotného jazyka elektrotechniků. Z hlediska uzemňování elektrických zařízení a instalací je vhodné připomenout alespoň ty základní.

Elektrické zařízení – jakékoliv zařízení používané ve výrobě, přeměně, přenosu, rozvodu nebo užití elektrické energie, jako jsou točivé stroje, transformátory, přístroje včetně měřicích, ochranné prvky, příslušenství soustavy vedení, spotřebiče.

Elektrická instalace – uspořádání elektrického zařízení, které je používáno k výrobě, přenosu, přeměně nebo rozvodu a/nebo použití elektrické energie (sestava vzájemně spojených elektrických zařízení s charakteristikami koordinovanými k plnění stanovených úkolů).