1. ZÁKLADY ELEKTROTECHNIKY

1.1 Základní vztahy v elektrotechnice

Existují jenom výjimečné případy lidí, kteří vážněji přemýšlejí o základech a podstatě elektrotechnických jevů a zákonitostí. Tito jedinci mají svou pozici v elektrotechnické praxi na jedné straně usnadněnou, na druhé straně ztíženou. Usnadněnou ji mají tím, že z podstaty jevů a zákonitostí mohou jednodušeji odvodit všeobecně užívaná pravidla a nejsou ve větším nebezpečí, že se ve svých závěrech budou mýlit. Na druhé straně však nenalézají plné pochopení u těch, kteří si s takovými věcmi hlavu nelámou.

Co je třeba si při práci na elektrickém zařízení uvědomit? Je to především to, že:

- na jedné straně existují síly, jevy a vlivy, které na zařízení, rozvody a instalace působí; jsou to provozní i poruchové stavy, prostředí neboli vnější vlivy apod.,

- na druhé straně pak jsou přístroje, zařízení a opatření, jež elektrická zařízení, rozvody a instalace před neúměrným nebo přílišným působením těchto sil, jevů a vlivů, které je možno předpokládat, chrání.

Příklady jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1 Příklady stavů zařízení a ochranných opatření proti působení různých vlivů

Normální provozní stav – charakterizován	**Poruchový stav způsobovaný**	**Ochranné přístroje, opatření**
napětím v normálních mezích	přepětím a podpětím	přepěťové ochrany
proudy až do jmenovité (stanovené) hodnoty	nadproudy	ochrana před nadproudy
vnější vlivy v předpokládaných mezích	vniknutím prachu do zařízení, narušením krytu	utěsnění nebo zpevnění krytu

Ochranná opatření je přitom možno volit podle toho, v jakém stavu elektrické zařízení je. Zda je ve stavu normálním, mimo normál, zda zatím nebezpečí poruchy nebo ohrožení pouze hrozí, případně zda porucha nebo ohrožení již nastaly.

Proti výše uvedeným stavům se provádějí opatření k odvrácení nebezpečí, k odstranění poruchy. Proti vnějším vlivům se působí vyjmutím z dosahu ohrožení apod. Stavy elektrického zařízení, ať už normální provozní, nebo mimo normál včetně nebezpečných stavů, jsou spojené i s působením elektřiny. Abychom působení elektřiny mohli vyhodnotit, musíme je přesně popsat. K popisu se používají příslušné veličiny. K vyhodnocení působících elektrických jevů se používají příslušné jednotky, s jejichž pomocí se elektrické veličiny měří.

Výkon jako fyzikální veličina se značí obvykle *P*. Při vyjádření pomocí elektrických veličin, tj. stejnosměrného napětí a stejnosměrného proudu (a správné volbě jednotek), se výkon přenášený elektrickým vedením rovná součinu těchto veličin:

$$P = U \cdot I \,. \tag{5}$$

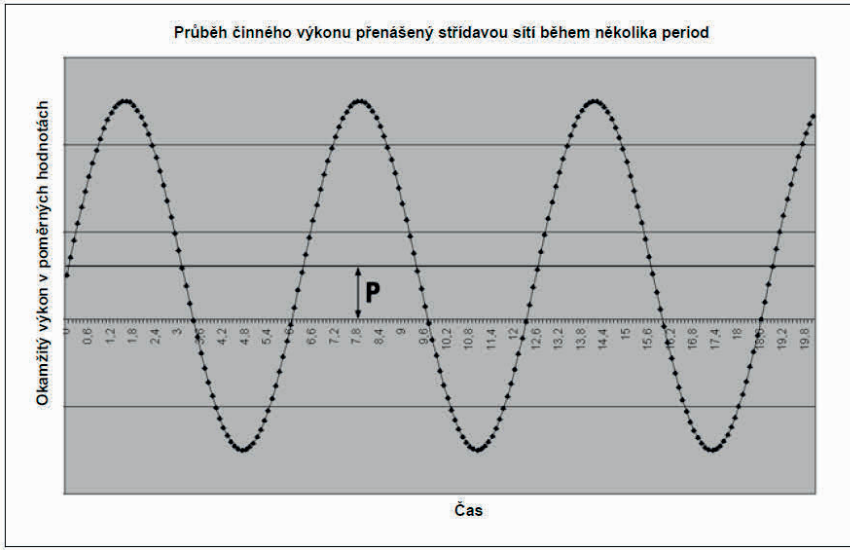
Z hlediska střídavých elektrických veličin hovoříme obdobně o tom, že činný výkon se rovná součinu efektivních hodnot napětí a proudu a cos φ. Přitom φ je úhel, o který se sinusový průběh napětí předbíhá před nebo zpožďuje za sinusovým průběhem proudu. Z praktického hlediska můžeme pro hrubý odhad pro výpočet činného výkonu ve střídavých sítích použít stejného vzorce, pro elektrotepelné spotřebiče platí výše uvedený vztah přesně. Je to proto, že v normálním elektrickém rozvodu a elektrických sítích, které jsou kompenzované, se průběh proudu za průběhem napětí zpožďuje pouze minimálně (cos φ se pohybuje v mezích 0,98 až 1), při napájení elektrotepelných spotřebičů není průběh napětí a proudu vzájemně posunutý vůbec.

Jednotkou výkonu je jeden **watt**. Jeho značka je **W**. Vyjádřeno v elektrických veličinách je to výkon, který je přenášen vedením stejnosměrného proudu 1 A při napětí 1 V. Při vedení střídavého proudu, jak jsme si ukázali, je situace trochu složitější. Ale i v tomto případě je možno hovořit o tom, že jeden watt je výkon přenášený vedením střídavého proudu, jehož efektivní hodnota je 1 A, při napětí, které není vůči proudu fázově posunuto, jehož efektivní hodnota je 1 V. Z uvedeného vidíme, že výkon jakéhokoliv spotřebiče je sice úměrný proudu, který odebírá, ale že zároveň závisí na napětí. Stowattová žárovka (ale může to být jakýkoliv jiný elektrický odporový spotřebič) na napětí 230 V sice odebírá proud čtyřikrát větší než pětadvacetiwattová žárovka na totéž napětí (konkrétně je to 0,434 A vůči 0,109 A), avšak proud šedesátiwattové žárovky na 230 V je skoro dvacetkrát menší než proud žárovky téhož výkonu na 12 V (konkrétně 0,26 A vůči 5 A).

Účelem této kapitoly nebylo podat exaktní definice veličin a jednotek, ale upozornit na vztahy mezi veličinami, které se v elektrotechnice používají.

Proto tuto kapitolu uzavřeme ještě jedním příkladem, který navazuje na příklad předchozí. Položme si otázku – kolikrát větší musí být průřez vodiče napájejícího 10 šedesátiwattových žárovek na napětí 12 V než průřez vodiče napájejícího 10 šedesátiwattových žárovek na napětí 230 V?

Ten, kdo nehledá zbytečné komplikace, vyjde z úvahy, že proud pro napájení žárovek na 12 V musí být podle předchozího téměř dvacetkrát větší než proud napájející žárovky na napětí 230 V, takže i průřez vodičů musí být dvacetkrát větší. Zvětšení průřezu podle této úvahy se zdá více než značné, leč skutečnost je ještě daleko horší. Průřez by měl být pro žárovky na 12 V asi sto padesát až dvěstěkrát větší než pro žárovky na 230 V. Proč tomu tak je, se dozvíme v kapitole 7. Zatím si jenom řekneme, že teplo z vodiče, které je úměrné druhé mocnině procházejícího proudu, je odváděno povrchem vodiče, který je úměrný jeho průměru, a nikoliv jeho průřezu.



Obr. 4 Průběh činného výkonu přenášený střídavou sítí během několika period

Podobně jednoduché odvození bychom rádi objevili i pro proudy a napětí. Co tedy budeme od těchto „nových" hodnot veličin vyžadovat? Především aby:

– vztahy mezi nimi byly obdobné vztahům ve stejnosměrných obvodech a
– jejich fyzikální působení (možno říci též fyzikální účinek), aby bylo rovněž stejné nebo alespoň obdobné jako pro stejnosměrné veličiny.

Z tohoto důvodu byly zavedeny tzv. efektivní (česky by snad bylo možno říci účinné) hodnoty proudů, napětí i výkonů.

Jak jsou tyto efektivní hodnoty vyjádřeny a jaký mají vztah k okamžitým hodnotám?

Vezmeme-li ze všech okamžitých hodnot napětí u a proudů i pravidelně se opakující hodnoty maximální U_{max} a I_{max}, jsou efektivní hodnoty napětí U_{ef} a proudů I_{ef} rovné:

$$U_{ef} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \tag{8}$$

$$I_{ef} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \tag{9}$$

V běžné praxi se u těchto veličin index označující, že se jedná o jejich efektivní hodnoty, neuvádí. Tyto veličiny jsou označeny již tím, že se píší pouze velkými písmeny. Jejich jednotkami jsou volty a ampéry, stejně jako u veličin stejnosměrných. (Hrubou chybou by bylo k jednotkám V a A přidávat jakýkoliv index. Je tedy nepřípustné psát např. V_{eff}, leč často se takový zápis ve starší literatuře vyskytuje.) Přitom to, že se jedná o střídavý, a nikoliv o stejnosměrný proud, je zřejmé buď z kontextu, nebo je veličina (nikoliv jednotka) jako

kde:

$$\frac{1}{R_c}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\ldots+\frac{1}{R_n}$$

a

$$\frac{1}{X_c}=\frac{1}{X_1}+\frac{1}{X_2}+\ldots+\frac{1}{X_n}.$$

Exaktnější (přesnější) odvození je založeno na nejjednodušší aplikaci dvou Kirchhoffových a jednoho, pro nás již známého, Ohmova zákona.

Co nám zmíněné Kirchhoffovy zákony říkají?

U prvního Kirchhoffova zákona můžeme vyjít z této představy: pokud nějaké množství do nějakého místa přichází, musí z něj stejné množství také vycházet (nepředpokládáme přitom, že by se tam něco mohlo po určitou dobu schovat, zůstat tam a vyjít třeba až později). Aplikujeme-li tuto představu na elektrický proud, platí, že součet proudů, které do nějakého místa uzlu vcházejí, se rovná součtu proudů, které z tohoto místa uzlu vycházejí (viz obr. 7).

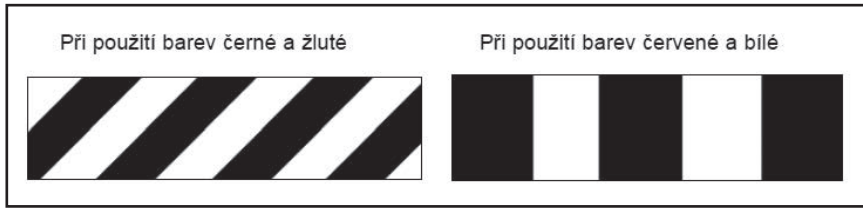
Matematicky zapsáno:

$$\sum I_k = 0\ , \tag{34}$$

kde:

I_k jsou proudy do uzlu vstupující (ty se zapisují s kladným znaménkem) a z uzlu vystupující (ty se zapisují se záporným znaménkem).

Druhý Kirchhoffův zákon je možno zase přiblížit takto: jestliže vyjdu z nějakého místa a opět se do toho místa vrátím, je na této cestě vždy součet převýšení, kdy jsem musel jít do kopce, roven součtu převýšení, kdy jsem šel z kopce. Přitom je jedno, jakou cestu jsem si zvolil. Aplikujeme-li tuto představu na elektrické napětí, platí, že v uzavřeném obvodu je součet napětí na jednotlivých částech obvodu roven nule (viz obr. 8). (Znamená to, že součet kladných napětí – obdoba stoupání, se rovná součtu záporných napětí – obdoba klesání. V jednoduchém obvodu můžeme zdroji – označenému G – přisoudit kladné napětí, zátěži napětí záporné.)



Obr. 15 Barevné vyznačení označující riziko střetu osob s překážkami nebo pádu osob

2.1.6 Ochranná pásma elektrických zařízení

Ochranné pásmo slouží k zajištění nerušeného provozu výrobních a rozvodných zařízení a zároveň vytváří podmínky pro ochranu osob a majetku před možnými účinky těchto zařízení.

Ochranné pásmo je prostor vymezený v bezprostřední blízkosti výrobního zařízení a rozvodného zařízení, určený k zajištění jejich spolehlivého provozu a k ochraně života, zdraví a majetku osob.

Ochrannými pásmy jsou chráněna venkovní vedení, podzemní vedení a elektrické stanice.

S činností v ochranných pásmech může udělit písemný souhlas pouze provozovatel přenosové soustavy nebo příslušný provozovatel distribuční soustavy, a to jenom pokud to technické a bezpečnostní předpisy dovolují a nedojde k ohrožení života, zdraví nebo bezpečnosti osob.

Činnostmi v ochranném pásmu, které jsou bez souhlasu provozovatele vedení, stanice apod. zakázány, se rozumí např.:

– stavba budov, stožárů a lešení,
– odkopy zemin narušujících stabilitu podpěrných bodů,
– navršování předmětů do nebezpečné výše (bezpečné vzdálenosti),
– střelba a práce s hořlavinami a výbušninami,
– stříkání a postřiky,
– průjezd vozidel a zařízení nebezpečně vysokých (bezpečné vzdálenosti) nebo mimořádně těžkých (u podzemního vedení mechanizmy o hmotnosti nad 6 t),
– vysazování trvalých porostů, chmelnic apod.

2.1.6.1 Ochranná pásma venkovních vedení

Vymezení

Ochranné pásmo je vymezeno svislými rovinami vedenými po obou stranách vedení ve vodorovné vzdálenosti měřené kolmo na vedení od krajního vodiče vedení na každou stranu – viz obr. 16. Kromě toho, co je uvedeno na obr. 16, je ochranné pásmo venkovních vedení nad 35 kV do 110 kV včetně s izolací základní vymezeno svislými rovinami ve vzdálenosti 5 m od krajního vodiče.

Literatura ke kapitole 3

Sajner, J.: Práce na elektrických zařízeních a jejich obsluha, SNTL, Praha 1988

www.in-el.cz, Odborná způsobilost – Práce na elektrických zařízeních a jejich obsluha

Technické normy ke kapitole 3

ČSN ISO 3864-1 (018011) *Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky*, ÚNMZ, 12/2012

ČSN EN 60073 (330170) *Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk – stroj, značení a identifikace. Zásady kódování sdělovačů a ovládačů*, ČSNI, 6/2003

ČSN 33 2000-1 ed. 2 *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik,* ÚNMZ, 5/2009

ČSN 34 3100 *Bezpečnostní předpisy pro obsluhu a práci na elektrických zařízeních,* ÚNM, 10/1967 (Od r. 2006 nahrazena ČSN EN 50110.)

ČSN 38 1981 *Osobní ochranné prostředky a pracovní pomůcky pro elektrické stanice,* ČSNI, 9/1998 (v r. 2003 zrušená bez náhrady)

ČSN EN 50110-1 ed. 3 *Obsluha a práce na elektrických zařízeních – Část 1: Obecné požadavky,* ÚNMZ, 5/2015

ČSN EN 50110-2 ed. 2 *Obsluha a práce na elektrických zařízeních – Část 2: Národní dodatky*, ÚNMZ, 2/2011

Právní předpisy ke kapitole 3

Vyhláška ČÚBP a ČBÚ č. 50/1978 Sb., *o odborné způsobilosti v elektrotechnice* v platném znění

Nařízení vlády č. 375/2017 Sb., *o vzhledu, umístění a provedení bezpečnostních značek a značení a zavedení signálů* v platném znění

Kontrolní otázky ke kapitole 3

50. Jaký je rozdíl mezi obsluhou elektrických zařízení a prací na elektrických zařízeních?

Obsluhou se rozumí všechny úkony spojené s normálním provozem elektrického zařízení – zapínání, vypínání, výměna pojistek; prací se rozumí montáž nových zařízení, rozšiřování a rekonstrukce starého zařízení.

51. Jaké nároky musí splňovat vedoucí práce?

Musí to být pracovník znalý s vyšší kvalifikací pro řízení činnosti.

52. Jaké dvě základní zásady platí pro práci na elektrickém zařízení?

Práci musí vykonávat pracovníci s kvalifikací odpovídající pro danou činnost a musí ji vést jediný odpovědný pracovník.

53. Co musí provést pracovník, zjistí-li během své práce na elektrickém zařízení závadu na ochranném nebo pracovním prostředku?

Musí prostředek zajistit, nejen aby jej nemohl sám používat, ale aby bylo zabráněno jeho použití i ostatními pracovníky.