

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Jan Kopecký
Skládání střídavých proudů

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 56 (1927), No. 3, D33--D37

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/109042>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1927

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

PŘÍLOHA DIDAKTICKO-METODICKÁ.

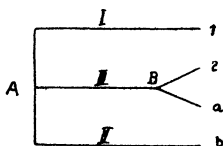
Dr. JAN KOPECKÝ:

Skládání střídavých proudů.

Procházejí-li tímž vodičem dva střídavé proudy o téže periodě, avšak s fázovým rozdílem, sčítají se opět ve střídavý proud o téže periodě, který proti fázím složek je pošinut a má jinou amplitudu intesity a el. m. síly. Výsledné amplitudy jsou rovny vektorovému součtu amplitud jednotlivých složek vzhledem k jejich fázovému rozdílu.

Předpokládáme-li, že jsou obě složky harmonické, je možno je vyjádřiti funkcemi

$$y_1 = a \sin x, \quad y_2 = b \sin(x + \varphi),$$



Obr. 1.

kde značí a , b amplitudy el. m. síly neb i intesity, a φ jejich fázový rozdíl. Výsledný proud jest $y = y_1 + y_2 = m \sin(x + \psi)$, kdež m jest výsledná amplituda

$$m = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \varphi}$$

a ψ fázový rozdíl výslednice

$$\text{tang } \psi = \frac{b \sin \varphi}{a + b \cos \varphi}.$$

Toto skládání možno ukázati následujícím pokusem:

Označme svorky tří fází městského proudu 1, 2, 3.

Jeden pár těchto svorek bude zdrojem jedné složky (120 Volt). Druhý zdroj získáme tím, že jednu fázi transformujeme na 60 Volt a druhým transformátorem zpět na 120 Volt. Tím budeme mít druhý zdroj střídavého proudu, jehož svorky označme a , b .

Pak učiníme spojení podle schematu 1. Větev $A1$ označuji dále I ., $AB \dots III$., $Ab \dots II$.

V každé větvi mezi A a 1 , A a B , A a b je žárovka pro 120 Volt.

Při proudu jenom ze svorek ab (větev 1. přerušena) svítí žárovky II . a III . Napětí na svorkách ab 103 Volt, na žárovkách II . a III . 53·5 Volt, resp. 50·5 Volt. Intesita = 0·26 Amp. Všechna měření jsou v tabulce.

		Napětí mezi body (Volt)					Intensita ve větvi (Amp.)		
		<i>A I</i>	<i>AB</i>	<i>Ab</i>	<i>I 2</i>	<i>ab</i>	<i>I.</i>	<i>III.</i>	<i>II.</i>
Proud ze svorek <i>ab</i> ; větev <i>I.</i> přerušena		—	53·5	50·5	—	103	—	0·26	0·26
Proud ze svorek <i>I, 2</i> ; větev <i>II.</i> přerušena		56	56·5	—	118	—	0·25	0·25	—
Proud ze svorek <i>I, 2; II.</i> nepřerušena		74	42	37·5	118	—	0·38	0·17	0·16
Případ	<i>a)</i>	107	—	97	109	102	0·58	—	0·59
	<i>b)</i>	39	69	34	110	105	0·16	0·33	0·15
	<i>c)</i>	64	62	55	111	103	0·295	0·29	0·295
	<i>d)</i>	96	38·5	88	111	105	0·5	0·15	0·5
	<i>e)</i>	95	38	85	110	101	0·5	0·15	0·5
	<i>f)</i>	63	62	58	108	105	0·295	0·29	0·30

Při proudu ze sítě (větev *II.* přerušena) svítí žárovky *I.* a *III.* (Tab., řádek 2.) Není-li větev *II.* přerušena, svorky *a b* nejsou však zdrojem druhého proudu, rozvětví se proud v *A* a jde k svorce 2 jednak větví *III.*, jednak větví *II.* a sekundární cívkou transformátoru. Svítí všechny 3 žárovky, ovšem nestejně. (Tab., ř. 3.)

Zavedeme-li oba proudy jak ze svorek *I 2*, tak *ab*, nastávají ve větvích různé zjevy podle fázového rozdílu, který mají oba proudy vzájemně.

Případ *a)*: Větev *I.* připojena k svorce *I, III.* k svorce 2 a svorce *a, II.* k svorce *b*. Proud, jehož zdrojem jsou svorky *I 2*, jak již uvedeno, rozvětví se v bodě *A* a prochází větví *III.* a *II.* Podobně rozvětví se proud, jehož zdrojem jsou svorky *a b*. Každou žárovkou procházejí 2 proudy, které se sčítají. Výsledné amplitudy jsou vektorovým součtem amplitud složek vzhledem k fázovému rozdílu složek.

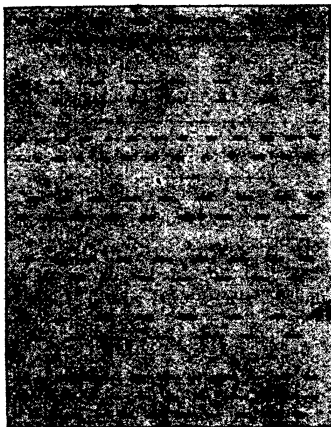
Žárovka *III.* nesvítí. Napětí mezi *AB = 0* Volt, intensita = 0. Oba proudy se vzájemně ruší, fázový rozdíl obou složek = 180°.

Žárovky *I.* a *II.* svítí. (Tab., ř. 4.) Rozdíl ve svítivosti žárovek je proti předcházejícímu zřejmý. Jestliže měly složky ve větvi *III.* fázový rozdíl 180°, mají složky ve větvích *I.* a *II.* fázový rozdíl 0°. Prochází-li totiž v určitém okamžiku větví *I.* proud ze svorek *I 2* směrem $I \rightarrow A$, jde ve větvích *III.* a *II.* směrem $A \rightarrow B$, resp. $A \rightarrow b$.

Má-li proud ze svorek ab (rozdvojený v A) v témž okamžiku ve větvi III . směr $B \rightarrow A$, má ve větvi I . směr $1 \rightarrow A$, ve větvi II . směr $A \rightarrow b$. (Fázové změny způsobené průchodem sek. cívkou transformátoru zanedbáme.) Obecně, je-li ve větvi III . fázový rozdíl, obou složek a , je ve větvích I . a II . $180 + a$, resp. $180 - a$.

Případ b): Zaměníme-li připojení ke svorkám 12 tak, že větev I . připojíme k 2 , větev III . k 1 , změníli jsme tím fázi proudu ze svorek 12 ve větvích o 180° . Obě složky ve větvi III . mají stejnou fázi a žárovka III . svítí. (Tab., ř. 5.) Ve větvi I . a II . je fázový rozdíl $= 180^\circ$. Žárovky svítí značně slaběji než v případě a).

O fázovém rozdílu ve větvi III . můžeme se takto přesvědčiti: K bodu B připojíme měděnou desku, na ni položíme filtrační papír



Obr. 2.

navlhčený roztokem žluté krevní soli a dusičnanu amonného. Svorku 2 spojíme s jedním železným hrotem, svorku a s druhým železným hrotem. Smýkneme oběma hroty současně po filtračním papíře a hroty kreslí v okamžiku, kdy jsou anódou, modré čárky. (Viz čl. »Demonstrace fáz. posunů« v předešlém ročníku, str. 321.) V obr. 2. první dvojice značí případ a). Hořením linka odpovídá proudu ze svorky 2 , spodní ze svorky a . V příp. b) obdržíme druhou dvojici. V případě a) rozdíl fází $= 180^\circ$, v případě b) rozdíl $= 0$.

Případ c): Totéž opakujeme se svorkami 23 místo 12 . Svorku 3 připojíme k B , větev I . k svorce 2 . Žárovky všechny svítí skoro stejně. Tabulka ř. 6., graf pro III . větev třetí dvojice.

Případ d): Připojíme B k svorce 2 , větev I . k 3 . Nyní svítí III . slaběji, I . a II . silněji. Tabulka ř. 7., graf pro III . větev čtvrtá dvojice.

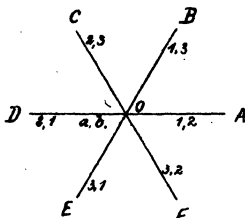
Případ e): Konečně použijeme svorek 31 . B k 1 , I . k 3 . Žárovky svítí nestejně. Žárovka III . slabě, žárovky I . a II . silně. Tabulka ř. 8., graf 6. dvojice.

Případ *f*): Záměnou svorek 31 (*B* k 3, *I*. k 3) obdržíme poslední případ. Žárovky svítí opět skoro stejně. Tabulka ř. 9., graf. 5. dvojice.

Přehledně podává připojení v různých případech tabulka následující. Svorka *a* připojena vždy k *B*, svorka *b* vždy k *II*. větvi. Zároveň v tabulce uvedeny fázové rozdíly v jednotlivých větvích.

Případ		<i>a</i>)	<i>b</i>)	<i>c</i>)	<i>d</i>)	<i>e</i>)	<i>f</i>)
K <i>I</i> . větvi připojena svorka		1	2	2	3	3	1
K <i>B</i> připojena svorka		2	1	3	2	1	3
fázový rozdíl v	<i>III</i> .	180°	0°	60°	120°	60°	120°
	<i>I</i> .	0°	180°	120°	60°	120°	60°
	<i>II</i> .	0°	180°	120°	60°	120°	60°

V příp. *a*) a *b*) byly již fázové rozdíly stanoveny. Fázové rozdíly pro příp. *c*)—*f*) zde uvedené stanovíme takto: Znázorníme pro



Obr. 3.

větev *III*. graficky v obr. 3. Případ *a*) pro svorky 12. Je-li v určitém okamžiku fáze ze svorek 12 ve větvi *III*. rovna 0, znázorníme polohou *OA*. V příp. *b*) je fáze o 180° odlišná znázorněna polohou *OD*, v případě *c*) je fáze ze svorek 23 pošunutá proti fázi ze svorek 12 o 120° znázorněna polohou *OC*. V příp. *d*) je o 180° odlišná proti příp. *c*), poloha *OF*; v případě *e*) (svorky 31) opět fáze zpožděná o 120° proti příp. *c*), tedy poloha *OE*, a konečně v příp. *f*) změna o 180° proti *e*), poloha *OB*. Fázi ze svorek *ab* označuje směr *OD*.

Z obr. 3. patrně, že jsou fázové rozdíly ve větvi *III*. v případech *c*)—*f*) postupně 60°, 120°, 60°, 120°, jak uvedeno v tabulce. V jednotlivých případech čteme v tabulce nejdříve svorku připojenou k větvi *I*., pak svorku k *B*, a z obr. 3. fázový rozdíl.

Ve větvi *I*. byl v příp. *a*) fázový rozdíl 0. V případě *c*) je fáze o 120° posunuta, fázový rozdíl je tedy 120°. V příp. *d*) změněna

fáze jedné složky o 180° , je tedy fázový rozdíl obou složek 60° . V příp. *e*) je opět jedna složka posunuta o 120° proti příp. *c*), tedy rozdíl mezi složkami je 120° ; a podobně stanovíme pro příp. *f*) rozdíl 60° .

Obr. 3. možno použití tím způsobem, že v jednotlivých případech čteme v tabulce na prvním místě svorku připojenou k *B*, na druhém místě svorku připojenou k *I*. Týmž postupem stanovíme fázové rozdíly pro větev *II*. Obr. 3. použijeme jako pro větev *I*.

Známe-li fázové rozdíly složek, můžeme z výslednic v příp. *a*) *b*) vypočítati složky a z těchto pro příp. *d*) až *f*) zase výslednice pro kontrolu měření. Zde připomínám, že všechna měření byla konána jediným voltmetrem a jediným ampermetrem. Napětí na svorkách *12* a *ab*, jak z tabulky patrně, nebylo konstantní, čímž vysvětlitelné jsou malé diference. Rovněž fázové rozdíly jsou příbližné.

V příp. *a*) ve větvi *III*. je fázový rozdíl 180° . Výslednice $0 =$ = arit. rozdílu složek. V příp. *b*) jsou fáze stejné, výslednice = arit. součtu. Jednotlivé složky ve větvi *III*. mají tedy el. m. síly 34·5 Volt. V příp. *c*) a *e*) jsou fáze o 60° rozdílny. Složky sčítají se geometricky. Kdyby byly v těchto případech složky stejně velké jako v *a*) a *b*), vycházelo by počtem pro výslednici 59·8 Volt. Měření je 62 Volt. Pro příp. *d*) a *f*) (fázové rozdíly 120°) bylo by počtem 34·5 Volt, měřeno 38·5 resp. 38 Volt.

Ve větvi *I*. podobně v příp. *a*) fázový rozdíl 0, v př. *b*) 180° . Výslednici možno považovati za arit. součet, resp. rozdíl, a pro složky vychází 73 Volt a 34 Volt.

Ve větvi *II*. z téhož důvodu jsou složky 65·5 Volt a 31·5 Volt. Výsledné el. m. síly byly by pak počtem

ve větvi *I*. v příp. *c*) a *e*) (fáz. rozdíl 120°) 63·3 Volt,
v příp. *d*) a *f*) (fáz. rozdíl 60°) 94·7 Volt.

Měření je 64, 63 Volt, resp. 96, 95 Volt.

Ve větvi *II*. v příp. *c*) a *e*) 56·7 Volt,
v příp. *d*) a *f*) 85·7 Volt.

Měření je 55, 58 Volt, resp. 88, 85 Volt.

Tutéž úvahu možno provést pro intesity.

V obrázku 2. připojen je na konci graf pro všechny 3 fáze městského proudu, z něhož je viděti posunutí jednotlivých fází o 120° postupně.

Graf možno získati takto:

Na měděnou desku položí se filtrační papír zmíněným roztokem navlhčený. Jedna svorka připojí se přes žárovku k železnému hrotu, podobně 2. svorka k druhému hrotu a 3. k třetímu. V každé větvi žárovka.