

vedení známých pojmů, ale také proto, aby se začátečník naučil důsledně rozlišovat prvky ideální od skutečných a tak zároveň správně chápat vznik a význam náhradních schemat.

Vlastní teorie obvodů se v dalších částech knihy probírá ve čtyřech kapitolách, a to v pořadí obvodu s lineárními prvky, s nelineárními prvky, čtyřpóly a konečné obvody s rozloženými parametry. Nejdříve se poukazuje na dosah teorie obvodů a určují se nutné formální předpoklady pro používání nejběžnějších metod. Z obsahu, který celkem odpovídá obvyklé náplni podobných prací, upozorňují na důsledné používání pojmu rezonance ve smyslu stavu obvodu, jehož impedance se vlivem velikosti některých parametrů (kmitočtu) stane reálnou. Několikafázové soustavy se zde probírají poměrně stručně, což souvisí s tím, že obor jejich použití je užší.

Zvláštní část třetí kapitoly je věnována obvodům s proměnlivými parametry a zachycení vlastností těchto obvodů v kmitočtové charakteristice jak v komplexní rovině, tak v logaritmických souřadnicích.

Stat nelineární obvody je jen informativního rázu, neboť její těžiště musí být nutně v knize o přechodných jevech. Složitých matematických vztahů, jichž je k podrobnějšímu rozboru třeba, využilo by se zde poměrně málo.

Čtyřpólům, o nichž pojednává pátá kapitola, jsou v naší i cizí literatuře věnovány monografie, a proto zde uvádím jen obecné vlastnosti a hlavní metody jejich rozboru. Platí to do určité míry i o vedeních (šestá kapitola), nehledě k tomu, že i zde to nejdůležitější patří do knihy o přechodných jevech.

Krátká sedmá kapitola o modelech má čtenáře seznámit s možnostmi využití elektrických obvodů v modelové technice, a to informativně na dvou příkladech: na elektrickém modelu elektrické sítě a elektrickém modelu mechanického zařízení. Úplné a soustavné zpracování této látky by vyžadovalo zvláštní publikaci.

Rukopis pečlivě přečetl Ing. Dr. Bedřich Heller a děkuji mu za připomínky, které přispěly k zlepšení textu.

Jan Hlávka

V Brně 1956

Úvod	9
1. Všeobecné poznámky	9
2. Praktický význam periodických proudů v elektrických obvodech	10
I. Střídavé veličiny a jejich matematické vyjádření	13
3. Periodické funkce, jejich základní pojmy a vlastnosti	13
4. Harmonická analýza	23
5. Symbolické vyjádření střídavých veličin	54
a) Časové vektory a jejich matematické a grafické vyjádření	54
b) Pravidla počítání s komplexními čísly	58
c) Komplexní funkce	62
d) Komplexní funkce s dvěma parametry	89
e) Periodické křivky v komplexní rovině	96
II. Parametry elektrických obvodů	99
6. Prvky elektrického obvodu	99
7. Lineární pasivní prvky	102
a) Odpor	102
b) Kapacita	108
c) Indukčnost	111
8. Nelineární prvky	113
a) Povaha a význam nelineárních prvků	113
b) Nelineární odpory	115
c) Nelineární indukčnost	118
d) Nelineární kapacita	119
9. Aktivní prvky	119
III. Obvody se soustředěnými parametry	121
10. Všeobecné úvahy o řešení obvodů se soustředěnými parametry	121
11. Topologie elektrických zapojení	122
12. Základní jednofázová zapojení	124
a) Obvod s odporem	125
b) Obvod s indukčností	127
c) Obvod s kapacitou	130
d) Obvod s odporem a indukčností v serii	136
e) Obvod s odporem a kapacitou v serii	137
f) Seriové spojení odporu, indukčnosti a kapacity	139
g) Paralelní spojení základních dvojpólů	140
h) Náhrada obecných spotřebičů seriovým a paralelním spojením dvou dvojpólů	142
ch) Technická cívka a kondensátor	144
13. Zdroje v elektrických obvodech	148
14. Obecné metody řešení obvodů střídavého proudu	155
a) Všeobecné úvahy o řešení obvodů střídavého proudu	155
b) Metoda smyčkových proudů	156
c) Metoda uzlových napětí	158
d) Některé principy, kterých se používá při řešení lineárních obvodů	159
e) Topografické diagramy	161
15. Vzájemná indukčnost v obvodu střídavého proudu	163
a) Definice vzájemné indukčnosti	163
b) Činitel vazby	164
c) Vzduchový transformátor	165
d) Vzájemná indukčnost vodivě spojených cívek	169
16. Obvody s proměnlivými parametry	173
a) Význam a charakteristiky obvodů s proměnlivými parametry	173
b) Charakteristiky obvodů s proměnlivými parametry v komplexní rovině	175
c) Kmitočtové charakteristiky	190

17. Několikafázové soustavy	200
a) Vznik několikafázových soustav	200
b) Trojfázová soustava	201
c) Mnohofázové soustavy	215
d) Souměrné složky nesouměrné trojfázové soustavy	219
18. Obecné periodické nesinusové proudy v lineárních obvodech	224
a) Všeobecné vlastnosti neharmonických proudů a napětí a způsob řešení příslušných obvodů	224
b) Vliv zátěže na průběh proudu a napětí	229
c) Vliv vyšších harmonických v trojfázových obvodech	235
IV. Nelineární obvody	237
19. Vlastnosti a použití nelineárních obvodů	237
20. Methody řešení nelineárních obvodů	237
21. Příklady nelineárních obvodů a jejich řešení	240
a) Cívka a transformátor se železem	240
b) Ideální transformátor	251
c) Skutečný transformátor	255
d) Ferroresonance	262
V. Čtyřpóly	264
22. Základní pojmy a rozdělení čtyřpólů	264
23. Provozní vlastnosti lineárních čtyřpólů	265
a) Konstanty čtyřpólu	265
b) Charakteristická impedance a míra přenosu souměrných čtyřpólů	267
c) Nesouměrné čtyřpóly	270
d) Aktivní čtyřpóly	271
24. Vlastnosti čtyřpólů se zřetelem k vnitřní stavbě	272
a) Základní typy vnitřní stavby čtyřpólů	272
b) Výpočet konstant čtyřpólových článků	273
c) Struktura a náhradní schemata aktivních čtyřpólů	275
25. Kmitočtové charakteristiky čtyřpólů	278
26. Razení čtyřpólů	284
a) Seriové řazení čtyřpólů	284
b) Paralelní řazení čtyřpólů	285
c) Kaskádní řazení čtyřpólů	286
VI. Elektrické obvody s rozloženými parametry	287
27. Homogenní vedení	287
a) Základní rovnice vedení a jejich obecné řešení	287
b) Periodické řešení telegrafní rovnice	290
c) Vedení bez ztrát	294
d) Vedení při respektování ztrát	302
28. Složená vedení	305
a) Odraz a přenos vln při změně impedance	305
b) Neskreslující vedení	307
29. Obecnější obvody s rozloženými parametry	308
VII. Elektrické modely obvodů střídavého proudu	310
30. Všeobecné úvahy o významu modelové techniky	310
31. Elektrické modely elektrických zařízení	310
32. Elektrické modely neelektrických zařízení	312

I. VŠEOBECNÉ POZNÁMKY

Časové změny elektrických veličin mají určité zákonité důsledky, které mají význam pro technickou praxi. Nechceme-li přihlížet k problémům, na něž má vliv atomová struktura hmoty, jsou základní fyzikální vztahy elektrických jevů dány *Maxwellovými rovnicemi* elektromagnetického pole. Z těchto rovnic je zřejmý význam časových změn základních veličin pole. Velkou důležitost z obecného množství časově proměnlivých dějů mají *děje periodické*, což je způsobeno tím, že jedině periodické děje umožňují trvalé a zároveň stabilní (ohraničené) změny a tím právě technické využití fyzikálních zákonů, jež na těchto změnách závisí. Typickým příkladem je technický transformátor, založený na indukčním zákonu (druhé Maxwellově rovnici), t. j. na účinech časově proměnlivého magnetického toku. Je zřejmé, že trvalý chod transformátoru je prakticky možný jen tehdy, je-li časový průběh magnetického toku periodický. Studium periodických nebo střídavých dějů má tedy zvláštní význam. Analýsa všech příslušných problémů závisí na předpokladu existence ustáleného periodického stavu, což je vždy, přísně vzato, určitá idealisace skutečnosti. Zpravidla platí tento předpoklad jen v určitém časovém intervalu a dále neplatí theoreticky přesně, neboť v každém systému existují přechodné děje neperiodického charakteru.

Periodický průběh různých veličin v libovolném systému (elektrickém, mechanickém a pod.) vzniká buď jako t. zv. *volné kmity soustavy* (zpravidla tlumené), nebo jako *vynucené kmity* způsobené vnější, t. j. na systému nezávislou, periodicky proměnlivou silou (obecněji příčinou). Za předpokladu, že děj je vystižen lineární diferenciální rovnicí, lze ztotožnit volné kmity s obecným řešením příslušné homogenní diferenciální rovnice, vynucené kmity s partikulárním řešením rovnice úplné.

V knize se budeme zabývat pouze problémy, které souvisí s vynucenými kmity v elektrických obvodech, a to za předpokladu (již uvedeného), že volné kmity, po případě přechodné děje s neperiodickým průběhem, jsou zanedbatelné a že tedy lze počítat za *ustáleným periodickým stavem*. Při tom budeme používat ještě další obvyklé idealisace skutečnosti, totiž představy elektrického obvodu složeného z jednoduchých prvků a sloužícího k přenosu energie. Tato představa vlastně odporuje jednomu z hlavních výsledků Maxwellovy teorie pole, totiž tomu, že tok, a tedy i přenos energie, děje se izolujícím prostorem v okolí vodiče, jehož význam záleží v tom, že tento tok energie usměrňuje. Předpoklad, že energie se přenáší vodičem a nikoli okolním prostorem, lze odůvodnit tím, že celkový tok energie je možno vyjádřit pomocí veličin měřitelných na vedení, konkrétně pomocí proudu a napětí v libovolném místě. Tato metoda je v rozsáhlém oboru technických problémů při velké jednoduchosti dostatečně přesná. Případy, kdy přenos energie je nutno řešit ze vztahů pro elektromagnetické pole (na př. vlnovody), nebudeme se v knize zabývat.

Z uvedených okolností, že funkce elektrického obvodu je odvozena z teorie