

中文标题不要超过 18 个中文字符。不能使用副标题。

磁路对理想变压器特性方程的影响

文章署名作者不要超过 5 名，多名作者姓名间用空格分开

颜** 李**

中文摘要句子必须有主语，不宜用“本文”，用第三人称（根据 GB6447-86）。中文摘要字数控制在 120-180 范围内。

(华中科技大学 电气与电子工程学院, 武汉 430074)

摘要: 理想变压器是电路理论教学中的重要内容。通常, 这部分的教学重点在于理想变压器特性方程及其运用, 不涉及磁路分析, 导致学生在分析多绕组变压器时错误运用特性方程。以三绕组变压器为例, 就磁路形式对理想变压器方程的影响进行分析, 导出对应于四种磁路形式的理想变压器特性方程。对理想变压器内容的教学有一定的指导作用。

关键词: 理想变压器; 磁路; 特性方程

关键词 3 个正好, 词间采用分号隔开

中图分类号: G426

文献标识码: A

文章编号: 1008-0686(2023)00-0000-00

填写文献标识码, 见本稿附录(2)

英文标题词首大写(介词除外), 大号字, 加粗

The Influence of Magnetic Circuit on the Characteristic Equations

中图分类号可以查询:《中国图书馆分类法》中的教育和工业技术等相关类别)

for Ideal Transformer

英文姓氏大写 署名之间用空格隔开

YAN Qiurong LI Linyu

英文单位: 先二级单位, 后大学

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Idea transformer is an essential part of teaching electric circuit theory. Generally, the teaching of this part is mainly focused on the characteristic equation of ideal transformers and its applications while the analysis of magnetic circuit is ignored. Influenced by this teaching method, students often apply the characteristic equation incorrectly when analyzing multi-winding transformers. Taking three-winding transformer as an example, the influence of magnetic circuit on the characteristic equations has been analyzed and four types of characteristic equations that correspond to four different magnetic circuits has been derived. **This result** can serve as a significant guide in the teaching of ideal transformers.

Keywords: ideal transformer; magnetic circuit; characteristic equations

英文摘要采用 Times New Roman 字体, 全部现在时态

Keywords 全部小写 (除非专有名词)

理想变压器内容是“电路理论”课程教学中的重要部分。关于理想变压器的教学, 重点在于理解理想化的条件、掌握特性方程及其运用。由课程名称采用双引号“电路理论”, 教材名称采用《信号与系统》为, 在理想变压器内容教学中不能脱离是要明确理想变压器模型的工程背景; 大纲中一般不涉及磁路, 教材中也就不能抛开变压器的磁耦合工作原理。否则, 特性方程与磁路的关系也就不能把握其根本, 也就不能灵活运用其特性方程。变压器时存在疑惑, 线性耦合电感的基础上, 从提升能量传递性方程。

1. 参考文献要在文中有响应, 并高亮显示。
2. 参考文献按文中出现的顺序编号, 并置于句号的右上角。多个文献一起引用采用[1-2]或[3-5]格式。

要理解磁路对理想变压器特性方程的影响, 必须明确理想化的条件和特性方程的获得方法。文献[5]归纳了三种导出理想变压器方程的教学方法: ①直接给出理想变压器特性方程; ②从线性耦合电感导出理想变压器特性方程;

但是, 电路理论教学中通常涉及的是两绕组

双栏排版如果不会使用, 可以采用单栏版, 再由编辑部处理

基金项目须有项目号, 多项目之间用分号隔开

收稿日期: 2012-08-25; 修回日期: 2012-09-29

基金项目: 教学指导委员会 2017 年度研究课题重点项目 (2016-Z1, 2018-S1); 华中科技大学教改项目 (20170236)

第一作者: 颜** (1964—), 女, 博士, 教授, 主要从事电工基础理论的教学和状态监测及电网可靠性评估的研究工作, E-mail: yan_qiurong@sina.com

- 1、作者简介 (出生年, 性别, 学位, 职称, 主要从事的工作和 Email) 置于首页末。作者简介只写第一作者, 除非必要。第一作者如是在读学生, 需要导师来邮确认。出生年之后的破折号用中文破折号“—”。
- 2、有多名作者时, 作者简介开头部分写作“第一作者: ……”; 只有一名作者时, 作者简介开头部分写作“作者简介: ……”。

1. 一级标题编号：,1,2,3...；二级标题编号：1.1, 1.2,1.3...；三级标题编号：1),2),3)...；四级标题编号：(1),(2),(3)...；五级标题编号：①②③...。
2. 一、二、三级标题编号后接小标题；四级标题编号后接正文,每个序号独立成段；五级标题编号后接正文,每个序号不独立成段。
3. 一、二、三级标题编号应按相应层次依次使用，不要跳跃。其余编号不限。
4. 不要用符号做段落开头。

二级分标题不要超过18个字符

下面分析四种磁路。

2.1 三绕组变压器磁路之一

图 2(a) 所示的三绕组变压器对应的磁路如 2(b) 所示。三个绕组绕在同一闭合磁路上，按式 (1)~(3) 的推导方法得到电压关系为

$$\dot{U}_1/\dot{U}_2 = N_1/N_2, \quad \dot{U}_1/\dot{U}_3 = N_1/N_3 \quad (7)$$

其电流关系为

$$N_1\dot{I}_1 + N_2\dot{I}_2 + N_3\dot{I}_3 = 0 \quad (8)$$

其输入阻抗为

$$\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = \frac{\dot{U}_1}{-(\frac{N_2}{N_1}\dot{I}_2 + \frac{N_3}{N_1}\dot{I}_3)}$$

1 双绕组理想变压器特性方程

一级标题加粗，不要超过14个字符

双绕组变压器的磁路如图 1(a) 所示。 N_1 、 N_2 分别为原、副方绕组的匝数，原、副方绕组在同一个闭合磁路上，其电路符号如图 1(b) 所示。由磁路分析方法和理想变压器的条件，可

$$\dot{U}_1/\dot{U}_2 = N_1/N_2$$

由 $\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = N_1\dot{I}_1 + N_2\dot{I}_2$ 及 $H \rightarrow 0$ 得出

$$\dot{I}_1/\dot{I}_2 = -N_2/N_1 \quad (2)$$

由以上结论得到输入阻抗和导纳分别为

$$Z_{in} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_2, \quad Y_{in} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 Y_2 \quad (3)$$

1. 请用word自带的“公式编辑器”编辑公式。不要用第三方软件，以便排版。
2. 若有单位，则数字与单位之间用空格隔开，如 0.17 s。

简化后可得

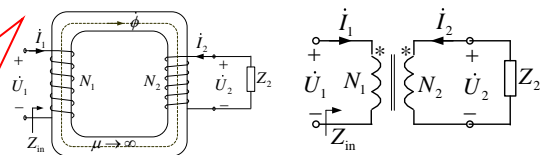
公式中的分式尽可能采用式(7)所示的X/Y形式，以节省页面空间

2. 公式中的常数 e, π, ε, μ 等、虚部 j 、微分符号 d 、单位均用正体，变量脚标若非变量而是名称也用正体。变量用斜体。

式(1)~(3)的结论是在图 1(a) 所示磁路下得出的，它们不能简单地推广到其他磁路情况。

式(7)~(9)为图 4 所示磁路的 3 绕组变压器方程，与式(4)~式(6)对照，仅电压关系一致。

图表制作应整齐美观，其要求参考本稿附录(3)

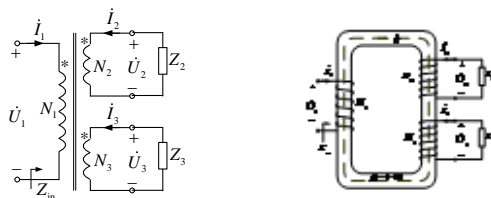


(a) 变压器磁路

(b) 电路符号

图 1 双绕组变压器

图采用一位编号分图(a),(b)也要有标题



(a) 电路符号

(b) 磁路之一

图 2 三绕组变压器

2 磁路对理想变压器特性方程的影响

如图 2 所示三绕组变压器，如果直接将式 (1)~(3) 的结论推广，而不考虑磁路情况，可能得到下面的公式：

$$\dot{U}_1/\dot{U}_2 = N_1/N_2, \quad \dot{U}_1/\dot{U}_3 = N_1/N_3 \quad (4)$$

$$\dot{I}_1/\dot{I}_2 = -N_2/N_1, \quad \dot{I}_1/\dot{I}_3 = -N_3/N_1 \quad (5)$$

$$Z_{in} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_2, \quad \text{或} \quad Z_{in} = \left(\frac{N_1}{N_3}\right)^2 Z_3 \quad (6)$$

式(6)的不合理是显而易见的。那么式(4)和式(5)是否合理呢？图 2 所示三绕组变压器对应的磁路有多种可能性。磁路不同，得到的方程则不同，

2.2 三绕组变压器磁路之二

图 1(a) 所示的三绕组变压器对应的磁路之二如图 3 所示，下面推导其方程。

将 $\dot{U}_1 = N_1(j\omega\dot{\phi}_1)$ ， $\dot{U}_2 = N_2(j\omega\dot{\phi}_2)$ 和 $\dot{U}_3 = N_3(j\omega\dot{\phi}_3)$ 代入磁路 KCL: $\dot{\phi}_1 = \dot{\phi}_2 + \dot{\phi}_3$ 中得

$$\frac{\dot{U}_1}{N_1} = \frac{\dot{U}_2}{N_2} + \frac{\dot{U}_3}{N_3} \quad (10)$$

由磁路 KVL: $N_1\dot{I}_1 + N_2\dot{I}_2 = 0$ 和

$N_1\dot{I}_1 + N_3\dot{I}_3 = 0$ 得

$$\dot{I}_1/\dot{I}_2 = -N_2/N_1, \quad \dot{I}_1/\dot{I}_3 = -N_3/N_1 \quad (11)$$

对称工作时 $\dot{\phi}_A, \dot{\phi}_B, \dot{\phi}_C$ 对称, 磁路 KCL 为

$$\dot{\phi}_A + \dot{\phi}_B + \dot{\phi}_C = 0$$

因此, 电压关系为

$$\left. \begin{aligned} \frac{\dot{U}_A}{\dot{U}_{a1}} = \frac{\dot{U}_B}{\dot{U}_{b1}} = \frac{\dot{U}_C}{\dot{U}_{c1}} = \frac{N}{N_1} \\ \frac{\dot{U}_A}{\dot{U}_{a2}} = \frac{\dot{U}_B}{\dot{U}_{b2}} = \frac{\dot{U}_C}{\dot{U}_{c2}} = \frac{N}{N_2} \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

磁路 KVL (电流关系) 为

$$\left. \begin{aligned} N\dot{I}_A + N_1\dot{I}_{a1} + N_2\dot{I}_{a2} = 0 \\ N\dot{I}_B + N_1\dot{I}_{b1} + N_2\dot{I}_{b2} = 0 \\ N\dot{I}_C + \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

3 结语

论文最后一部分按照本刊习惯应为“结语”, 并编号, 总结全文。一般结语中不宜出现“本文”字样

分析了磁路形式对理想变压器方程的影响。由本文的分析可见, 变压器的特性方程与磁路形式密切相关。理想变压器内容教学中, 应该联系到磁路的分析方法, 只有如此, 学生才能掌握理想变压器方程的根本, 不至误用。

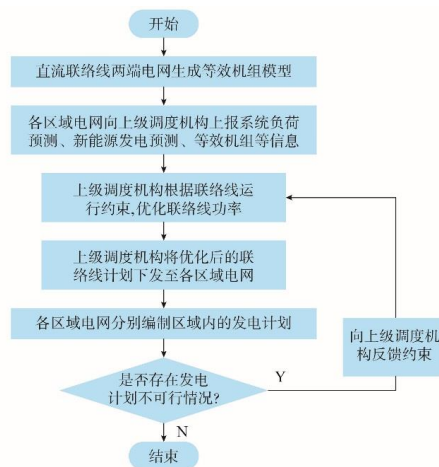
变压器的电路符号应该反映出磁路的信息, 形成合理的规范。如图 1(b) 所示电路符号对图 1(a) 所示磁路; 图 2(a) 所示电路符号对应于图 2(b) 所示磁路; 图 5 所示电路符号对应于图 4(b) 所示磁路; 图 6 (b) 所示电路符号对应于图 4(a) 所示磁路; 图 7(b) 所示电路符号对应于图 7 (a) 所示磁路。这些电路符号中绕组之间的竖线, 代表线圈绕在同一闭合磁路上, 各线圈的磁通相同。国内现行的电路理论教材中, 理想变压器的符号一般不带磁路信息, 在多绕组情况下是有问题的。

参考文献:

- [1] 邱关源, 罗先觉. 电路(第四版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999 年 6 月
- [2] 于歆杰, 朱桂萍, 陆文娟. 电路原理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007 年 3 月
- [3] 陈洪亮, 张峰, 田社平. 电路基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007 年 5 月
- [4] 颜秋容, 谭丹主编. 电路理论[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009 年 11 月
- [5] 陈希有, 刘凤春, 董维杰, 等. 理想变压器特性方程教学方法讨论[J]. 电气电子教学学报, 2010,32(4):55-58

1. 参考文献要在文中有响应。
2. 参考文献要在出版社或杂志名称前分别加上[M]或[J]; 在出版社名称前加上所在城市名, 用冒号隔开。期刊名称前不加城市名

流程图如图所示。完整的流程图必须有唯一的开始框和结束框; 判断逻辑出口须有 YES 和 NO(标为 Y 和 N)。



附录 (注意事项):

1. 文稿须双栏排版成 word 文档, 宋体、五号字、图、表、参考文献齐全。
2. 文献标识码:
 - A- 理论与应用研究学术论文 (包括综述报告);
 - B- 实用性技术成果报告 (科技);
3. 图、表应有自明性, 且随文出现, 以用 Visio, AutoCAD, Origin, Matlab, Mathematica 或 Excel (等软件绘制生成) 并直接剪贴到 WORD 文件中的矢量图为佳, 图中的文字、符号须标明清楚, 表格采用“三线表”。表的内容切忌与插图和文字内容重复。
4. 黑白印刷无法显示区分彩色, 请注意修改后的对比度。方框图内去掉底色。尽量不要用场景照片。仿真产生的波形图, 进行反色处理使其后呈现白底黑图。
5. “摘要”“结语”中不宜出现“本文”, 全文一致。让“本文”从摘要、文稿中消失的同时, 还能使表述逻辑通畅, 重点清晰。科技论文 (尤其是科技论文的摘要) 一般不用“本文 (this paper)”, 而使用无主句 (英文被动语态), 或者使用 the authors、we 等人称作主语的主动语态。