

$$\dot{\phi}_T = \dot{\phi}_{L2} - \dot{\phi}_{L2} \quad (3-4)$$

将上式代入(3-3)有: $\dot{\phi}_d = 0$ (3-5)

式(3-5)说明当 $N_L = N_S$, 图 3-2(b)中 IM 的公用磁柱内只有直流磁通。由于外部电路对磁件的约束条件是绕组电压, 所以磁件中固定不变的是各个绕组匝链的交变磁通, 直流磁通可以随着磁路、激励相应变化, 因此可以去掉公用磁柱, 用三磁柱的磁芯实现倍流整流电路中的三个磁件的集成, 得到图 3-2(c)。这里需要说明两点: ① 图 3-2(b)中的 IM 虽然是用解耦的特殊方法得到的, 但是在分析中完全按一般的 IM 来对待, 所以结论不受解耦集成的限制; ② 图 3-2(b)并不是解耦集成的唯一结果, 如果绕组的连接不能保证公用磁柱内没有交变磁通, 就不能简化磁芯结构。

3.3 磁件等效电路的通用模型

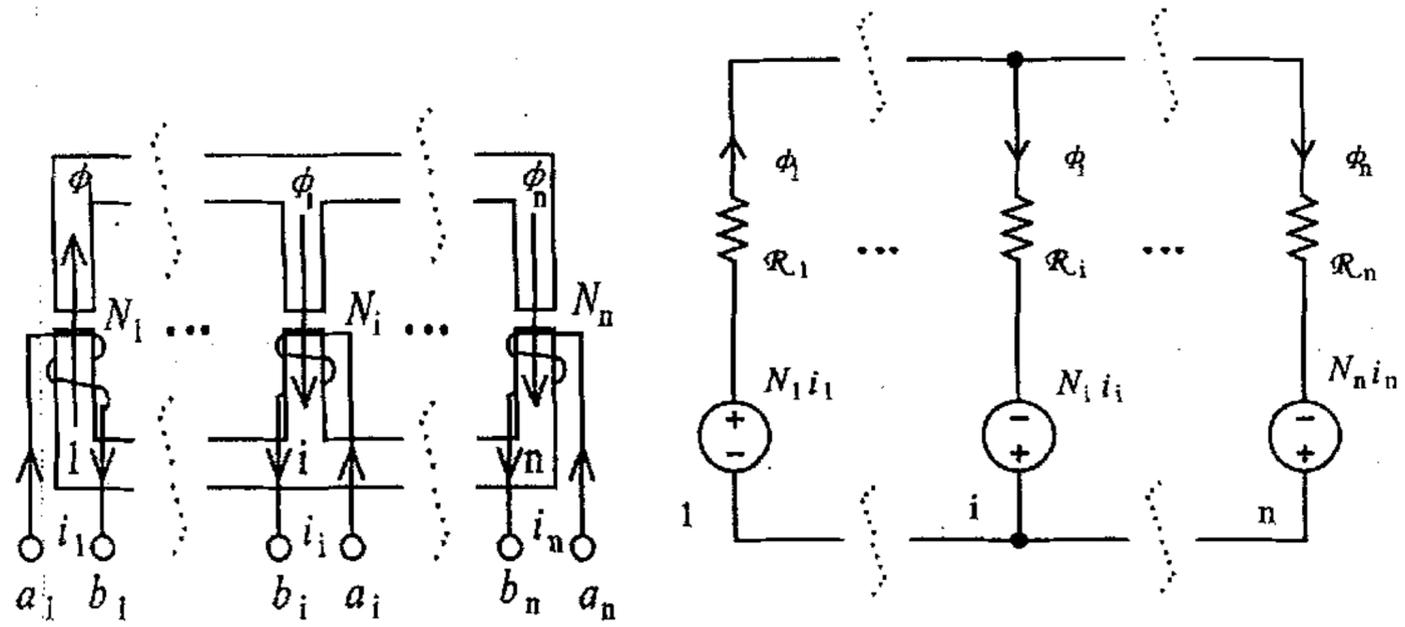
研究 IM 变换器, 通常要推导 IM 的等效电路, 一方面用来与 DM 变换器作比较, 另一方面, 还可从中提取 IM 制作时用于外部测量的等效电感参数。但是磁件等效电路的推导比较繁琐, 能否得出磁件等效电路的通用模型而省去推导过程呢?

为了得出磁件等效电路的通用模型应给出磁件的通用模型。假设磁件采用的磁芯为图 3-3(a)所示的 n 柱磁芯, 按照磁件的磁柱不同对磁件进行划分, 可得到磁件的通用模型, 如图 3-3(a)所示, 磁件变为 n 个组成相同的基本单元的并联, 每个基本单元都包括部分磁芯、绕组和绕组匝链的磁通。这样, 对磁件各个单元进行变换连接就可以得到磁件等效电路的通用模型。

为便于分析, 先假定磁件每个磁柱上都有 1 个绕组, 令不同磁柱的磁通为 ϕ_i 、各磁柱上的绕组为 $a_i b_i$ 、各绕组匝数为 N_i 、绕组电流为 i_i (其 $i=1, \dots, n$), 如图 3-3(a)所示。下面给出推导图 3-3(a)磁件等效电路的详细过程:

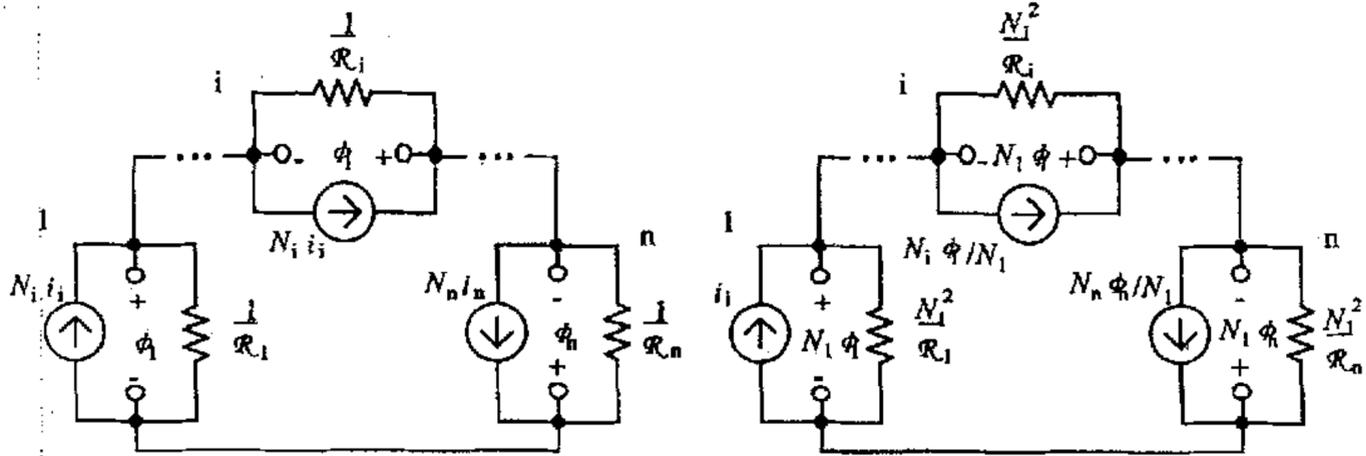
① 建立磁件等效磁路。应用磁路欧姆定律建立图 3-3(a)中各基本单元的等效磁路, 就得到等效磁路的基本单元, 将磁路的基本单元并联就得到

磁件的等效磁路，如图 3—3(b)所示；



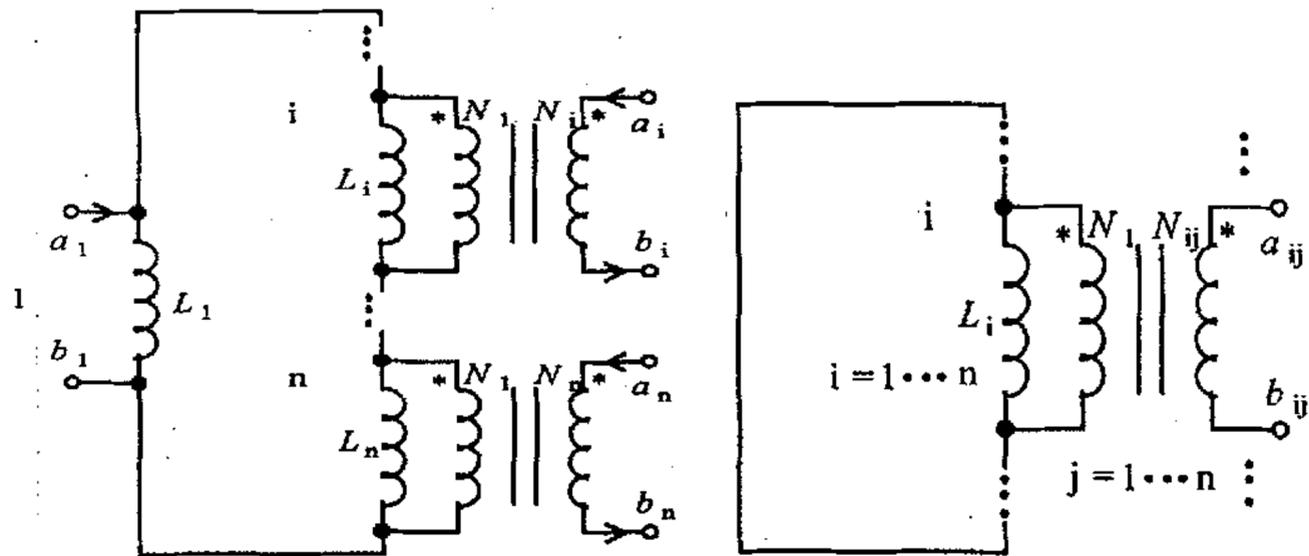
(a) 磁件的通用模型

(b) 磁件的等效磁路



(c) 等效磁路的对偶图

(d) 磁链、电流关系图



(e) 磁件等效电路

(f) 磁件等效电路通用模型

图 3—3 磁件等效电路通用模型的推导过程

② 画出磁路的对偶图。对磁路的基本单元进行对偶变换，得到对偶图

的基本单元, 根据对偶变换的原则将对偶图基本单元串联就得到图 3—3(c) 所示的对偶图:

③ 根据对偶图进行尺度变换, 得到电流、磁链关系图。显然, 电流、磁链关系图(图 3—3(d))与对偶图基本相同, 只是基本单元的参数发生变化:

④ 应用电磁感应定律、电感和理想变压器的特性, 根据电流、磁链关系图建立磁件的等效电路。这一步变换只是将电流、磁链关系图的基本单元换用电路参数表示, 各基本单元仍然是串联关系。磁件等效电路如图 3—3(e) 所示, 等效电路的电感参数满足式(3—6)。

$$L_i = N_i^2 / \mathcal{R}_i \quad (i=1, \dots, n) \quad (3-6)$$

在图 3—3(e)的基础上就可变换得到磁件等效电路的通用模型。对于一般的磁件, 假设其第 i 个磁柱上有 m 个绕组, 定义各绕组为 $a_{ij}b_{ij}$, 其中 $i=1, \dots, n, j=1, \dots, m$ 。略微变化图 3—3(e)的基本单元, 就得到图 3—3(f)所示的磁件等效电路通用模型, 图 3—3(f)中各单元间的串联关系不变, 电感参数也满足式(3—6)。

3.4 本章小结

本章的主要讨论内容:

- (1) 提出用解耦集成的方法推导 IM 变换器, 使 IM 变换器的推导更加方便、直接;
- (2) 建立了磁件等效电路的通用模型, 简化了磁件等效电路的推导工作。