

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H02K 3/42 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03131466. X

[45] 授权公告日 2007 年 7 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1327596C

[22] 申请日 1996.12.5 [21] 申请号 03131466. X
分案原申请号 96121879.7

[30] 优先权

[32] 1995.12.5 [33] DE [31] 19545307.7

[73] 专利权人 阿尔斯通公司

地址 法国巴黎

[72] 发明人 J·哈尔迪曼

[56] 参考文献

DE1488769A 1969.5.14

US3585428A 1971.6.15

审查员 刘 平

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 梁 永

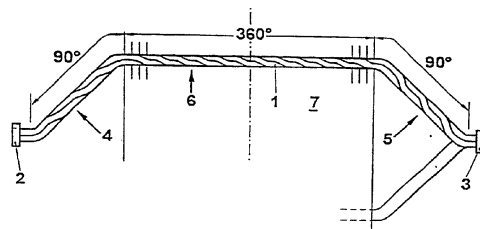
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称

具有扩展的场补偿的勒贝尔型定子绕组杆

[57] 摘要

交流电机的绕组杆由大量彼此电绝缘按勒贝尔原则扭绞的分导体构成。为了达到在绕组端部近乎完善的场补偿,本发明提供了一种具有扩展场补偿的交流电机用的两端短路的绕组杆,其导杆由许多彼此电绝缘的、并且按照勒贝尔原则扭绞的分导体组成,其中所述分导体包括两端夹段和在两端夹段之间的有源部分段,其特征在于:所述分导体在两端夹段扭绞角在 60° 和 120° 之间,而所述分导体在有源部分段的中心有一空段长度,即一不扭绞部分,而在此不扭绞部分之外的有源部分段的扭绞为均匀的 180° 勒贝尔扭绞,使得所述有源部分段为 360° 完全扭绞。



1. 一种具有扩展场补偿的交流电机用的两端短路的绕组杆, 所述绕组杆由许多彼此电绝缘的、并且按照勒贝尔原则扭绞的分导体(1)组成, 其中所述分导体包括两端夹段(4, 5)和在两端夹段之间的有源部分段(6), 其特征在于:

所述分导体(1)在两端夹段扭绞角在 60° 和 120° 之间, 而所述分导体在有源部分段(6)的中心(M)有一空段长度(8), 即一不扭绞部分, 而在此不扭绞部分之外的有源部分段的扭绞为均匀的 180° 勒贝尔扭绞, 使得所述有源部分段为 360° 完全扭绞。

2. 根据权利要求1所述的绕组杆, 其特征在于: 空段长度(8)为绕组端部伸出段(1_{WK})的10%数量级的长度(1_V)。

3. 根据权利要求1或2所述的绕组杆, 其特征在于: 所述分导体(1)在两端夹段的扭绞角是 90° 。

具有扩展的场补偿的勒贝尔型定子绕组杆

本申请是申请日为 1996 年 12 月 5 日、申请号为 96121879.7、发明名称为“具有扩展的场补偿的勒贝尔型定子绕组杆”的发明专利申请的分案申请。

发明领域

本发明涉及具有扩展的场补偿的交流电机的两端短路的定子绕组杆，其导杆由许多彼此电绝缘的、并且按勒贝尔原则扭绞的分导体组成，其中无论在两端夹段或在有源部分段，分导体均彼此扭绞。

背景技术

因此，本发明涉及的现有技术正如例如由 DE - PS 14 88 769 所公开的那样。

大型交流电机的定子绕组杆按照规则由大量互相绝缘、并根据勒贝尔原则互相扭绞的、在杆两端短路的分导体组成。(参考系列: *Herstellung der Wicklung elektrischer Maschinen*, 电机绕组的制作, Springer-Verlag Wien, New York, 1973, 969-83, 尤其要参阅 P.79 的图 19)。

经典的勒贝尔杆在槽部有 360° 扭绞。在端夹处，分导体平行走向，也就是说不扭绞。然而，人们很快认识到：在槽外，杆也被从宽面（横向分量）以及从窄面（径向分量）穿透端夹的交变场所复盖。

为了避免定子端场引起不希望的附加损耗，端夹被再细分为彼此绝缘的分导体。然而，还存在由通过连接套管在杆端闭合的所谓环电流引起的耗损。为此，提出了一系列特殊的扭绞方案，它们既与杆槽或杆的有源部分有关，也与其端夹部分有关。参阅上述图书系列：‘*Roebelstabe mit erweiterter Feldausgleich* (具有扩展场补偿的勒贝尔型杆)’的 3.3 节，其中，G. Neidhofer 对有关达到扩展场补偿因而消除杆内较大温度差、以及局部过热的各种可能性，作了相当全面的概述。其中一种特别经济的解决方案是 $90^\circ/360^\circ/90^\circ$ 扭绞，这就是说在两端夹的分导体扭绞 90° ，在有源部分扭绞 360° (参照：引文出处同上，P74 的图 24，或 DE - PS, 14 88 769)。

因为在具有较短有源部分长度的电机情况下，例如水力发电机，由

于在端夹里的勒贝尔型扭绞，机器的总长度增长，并且具有较长伸出部分的端夹的支撑，花费很大，一条扩展场补偿的新途径在会议报告 ISSM - 93 ‘Proceedings of International symposium on Salient-Pole Machines’ 中国武汉, P384 - 389) 中的 Xu Shanchun 等人的论文 ‘A New Transposition Technique of Stator Bars of The Hydrogenerator’ 中被提出，即所谓的不完全勒贝尔扭绞（‘不完全扭绞’（‘非 360°扭绞’））或在有源部分的所谓的空段长度（‘带有空段的扭绞’）与未扭绞的端夹部分相结合。在两种‘特殊扭绞’中的每一种都使环电流显著降低，并且根据他们在会议报告中的说法，这种小电流应使杆内的温度差大为减小。

发明内容

从上述的现有技术出发，本发明的目的是提出一种新的具有扩展场补偿的勒贝尔型定子绕组杆，它能进一步抑制环电流，从而使导体杆内的温度分布剖面平整化。

为实现上述目的，根据本发明，提供了一种具有扩展场补偿的交流电机用的两端短路的绕组杆，所述绕组杆由许多彼此电绝缘的、并且按照勒贝尔原则扭绞的分导体组成，其中所述分导体包括两端夹段和在两端夹段之间的有源部分段，其特征在于：所述分导体在两端夹段扭绞角在 60°和 120°之间，而所述分导体在有源部分段的中心有一空段长度，即一不扭绞部分，而在此不扭绞部分之外的有源部分段的扭绞为均匀的 180°勒贝尔扭绞，使得所述有源部分段为 360°完全扭绞。

所述空段长度为绕组端部伸出段的 10% 数量级的长度。

所述分导体在两端夹段的扭绞角是 90°。

依据 DE - PS 14 88 769（具有 90°/360°/90°扭绞的特殊勒贝尔型扭绞）的部分理论、和依据 Xu Shanchun 等人（引文见前）在有源部分具有不完全勒贝尔型扭绞和/或具有空段长度的扭绞的部分理论两者的联合应用，导致了一种导杆，这种导杆能使环电流完全抑制，这一点不容易预料，但实际上却做到了，从而使导杆内的温度分布部再度平整化。

本发明可以用于所有中型和大型电机，如涡轮发电机或水力发电机。

以下，本发明将根据附图并通过实施例来详细说明。

附图说明

图 1 表示具有 $90^\circ/360^\circ/90^\circ$ 扭绞的扩展场补偿的已知勒贝尔杆的概略顶视图；

图 2 表示为了说明固有场作用的、具有各种扭绞的勒贝尔型杆，准确地说，是具有已知 $90^\circ - 360^\circ - 90^\circ$ 的勒贝尔扭绞（图 2a）、具有空段长度的勒贝尔杆（图 2b）以及具有不完全勒贝尔扭绞的勒贝尔杆（图 2c）这三种图；

图 3 表示为了说明外场作用的、具有各种扭绞的勒贝尔型杆，确切地说，是具有已知 $90^\circ/360^\circ/90^\circ$ 扭绞的勒贝尔杆（图 3a）、具有空段长度的勒贝尔杆（图 3b）以及具有不完全勒贝尔扭绞的勒贝尔杆（图 3c）这三种图；

图 4 图解表示每柱由五根 324° 扭绞的分导体组成的具有不完全勒贝尔扭绞杆的一半。

符号表

- 1: 分导体
- 2, 3: 扣环
- 4: 左端夹段
- 5: 右端夹段
- 6: 有源部分段
- 7: 有源部分（定子叠层体）
- 8: 空段长度
- l_{Fe} : 有源部分长度
- l_{WK} : 端夹伸出段
- l_v : 空段长度
- M: 有源部分中心
- n: 每杆分导体数
- R: 转子
- a-l: 图中分导体符号
- U: 按角度量度的不完全勒贝尔扭绞角

具体实施方式

图 1 的勒贝尔杆由彼此电绝缘的分导体 1 组成，在分导体的端部用扣环 2、3 实现电和机械的互连。杆由在左、右绕组端部的两个端夹段 4 和 5 以及一有源部分段 6 组成。后者完全处在电机定子叠片体 7（有源

部分)的槽(未画出)内。两端夹部分 4 和 5 各进行勒贝尔扭绞 90° ，而有源部分进行勒贝尔扭绞 360° 。

对具有按图 1 的 $90^\circ/360^\circ/90^\circ$ 扭绞的勒贝尔杆，根据图 2a 和图 3a 的示意图作为例子分别给出了：在左端夹 4、有源部分 6、右端夹 5 处每个分导体柱的五个分导体 a 到 f 及 g 到 l 的分布。人们可以清楚地看到：在槽内，在有源部分 6 中单根分导体是如何占据各自的位置的(= 360° -扭绞)，而在端夹里，它们为 90° 扭绞。在两端夹 4, 5 内的分导体 d，合起来看，在朝转子 R 方向配置最长，其它分导体配置在朝转子 R 方向没有那样长。可正如由电磁场对非勒贝尔扭绞杆的端夹部分的已知作用推知，分导体 d 负载着最大电流，而其它分导体相继减小。为了解本发明，需掌握以下要点：在 $90^\circ-360^\circ-90^\circ$ 扭绞情况下，绕组端部的固有场被完全补偿，而绕组端部的外场只是部分地被补偿(参照系列图书：引文见前，尤其是 P74 的图 24，以及 P75 的有关文字部分)。

现在开始介绍本发明。如果在端夹 4, 5 的被勒贝尔扭绞 90° 的导杆上，在有源部分这一段设计成非完全勒贝尔扭绞，即：小于 360° 勒贝尔扭绞，或者，如果在有源部分中仅保留一空段长度(=未勒贝尔扭绞段)，而在空段长度之外部分为 360° 扭绞，则负载高电流的分导体处于槽的底部的部分较长。因此，它们把电流传送到紧靠槽口处的、也就是贴近转子的那些分导体，然而，这些正是负载较小电流的那些分导体。按照这种方式，可以在导杆内实现近乎完全均匀的电流分布。

具有空段长度和不完全勒贝尔扭绞的两种方案在由图 2b, 3b 及 2c, 3c 所示的各图分别与由图 2a, 3a 所示并且具有 $90^\circ-360^\circ-90^\circ$ 勒贝尔扭绞的已知的勒贝尔导杆作一比较，进行了图解说明，这里图 2a, 2b 和 2c 涉及固有场条件，而图 3a, 3b 和 3c 涉及外场条件。在这种情况下，本说明遵循文献所述勒贝尔杆的一般表示方式，正如它也在本文一开始所述的 DE-PS 14 88 769 中所应用的那样。因此，从左上向右下走的实线表示分导体的走线，在两平面杆的侧视图(图 1)上，它们处于平面杆的正面；虚线表示背面的走线，即：处于第二分导体平面。此外，图 2a 到 2c 分别描绘了在有源部分固有场 B_{Fe} 的场分布和绕组端部固有场 B_{WK} 在杆高上方的分布 B_E 。在这种情况下，圆圈内负号和正号表示：在考虑了平面轮廓的转动方向以及穿透它们的通量的方向下在单元环局部面内感应的电压的符号。图 2a 和 3a 圆圈内打上问号的地区表示从有

源部分 6 到端夹 4, 5 的未勒贝尔扭绞的过渡区的未补偿部分。此外, 在图 3a 到 3c, 表示示例中杆端 a 到 l 12 分导体的位置。

在更详细描述本发明之前, 把下述场的考虑放在优先地位。

正如图 3a 所示的具有 $90^\circ - 360^\circ - 90^\circ$ 勒贝尔型扭绞的杆的情况下所知道的那样, 在外场条件下, 未补偿的环部分 (用双圆圈内的问号表示) 仍然保留。这未补偿部分产生环流, 它在杆高上方呈双曲正弦形 (非对称) 分布。在有源部分具有空段长度和/或不完全勒贝尔型扭绞的目的正是为了补偿这剩余部分。正如以后还要详细说明的那样, 这种补偿得以成功, 是由于在有源部分 6 产生一未补偿部分 (用双圆圈内的正号表示), 它与在端夹部分 4, 5 中产生的未补偿部 (用双圆圈内的负号表示) 作用相反。在这方面还必须说明: 这种机构只在杆绕组端部的场和有源部分的槽场基本同相时才起作用。情况是这样, 因为正如大家知道的那样, 在有源部分及在端夹部分, 电流在同一方向 (径向向内) 移动, 还必须归因于同相位的场。在绕组端部相当大的未补偿的环部分能通过有源部分相当小的反接环来补偿, 因为槽的横向场是相当强的。

在根据图 2a 到 c 考虑固有场时, 可以看到: 在具有 $90^\circ - 360^\circ - 90^\circ$ 勒贝尔扭绞的杆的情况下, 环被完全补偿。只有那些可能未扭绞的杆部分 (例如在有源部分出口端) 引起产生环电流的剩余电压。在有源部分 6 具有空段长度 8 (不扭绞) 的部位产生环电压, 这个环电压会引起环电流, 其在杆高上方的分布呈双曲余弦型 (对称分布)。绕组端部的那些可能未扭绞的杆部分的影响直接在有源部分出口端增强。与此相反, 在有源部分的不完全勒贝尔扭绞则有相反的影响。在绕组端部未补偿部分与在有源部分未补偿部分的作用相反, 于是彼此抵消了。这种补偿可能不是 100% 有效, 因为在有源部分的不完全勒贝尔扭绞只是针对绕组端部外场的补偿的。现在可能产生一种印象, 认为: 本发明在一处 (外场) 改善了, 另一处 (固有场) 恶化了。情况的确是这样。然而, 如果把这两种结果放在一起考虑, 总的结果是改善了, 尤其在不完全勒贝尔扭绞的情况。

依据图 2b 和 3b 的导杆在有源部分中段 M 有一空段长度 8, 即有这样的一段, 其中分导体 a 到 l 是平行走向的。在空段长度 8 之外的左、右两边的区域, 各扭绞 180° 。这空段长度 8 的轴长 (取一级近似) 与绕组端部的尺寸 1_{WK} 有关。应用现代计算方法, 对于具体的机器可以比较

准确地决定这个空段长度尺寸，但是，这个空段长度 δ 的尺寸 l_v 必须处在绕组端部 l_{WK} 长度的 5% ~ 10% 之间，最多为 15%，以便在绕组端部内实现实际上完全的（扩展的）场补偿。在涡轮发电机的情况下，作为设计空段长度 δ 的第二参考值，可以规定：它可以达到有源部分长度 l_{Fe} 的 10%。

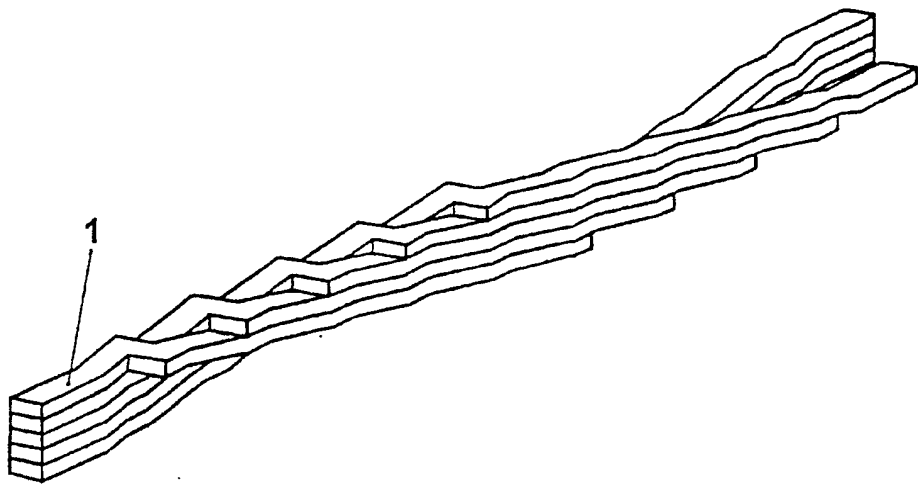
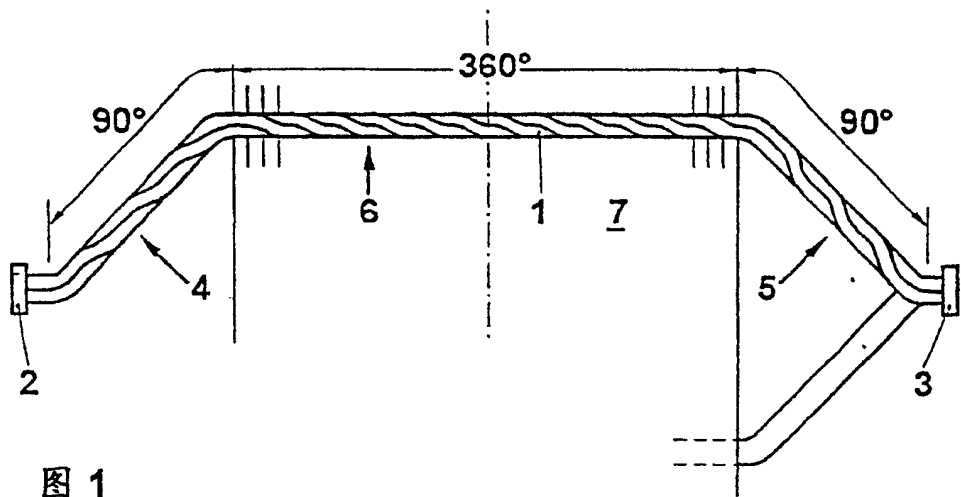
根据图 2c 和图 3c 的导杆，在有源部分具有不完全勒贝尔扭绞即扭绞角小于传统的 360° 的扭绞。在图 4 所示的、每柱各具有 5 个分导体 (1) 的导杆的情况下，换言之，总共有 10 个分导体，扭绞角为 360° 的 $9/10$ ，即 324° ，因此，不完全勒贝尔扭绞角 36° ，这同时表示对这样的导杆的最小不完全勒贝尔扭绞角。

实际的勒贝尔杆上有更多的分导体数，典型情况是，每杆的分导体数在 90 和 120 之间。因此，对于在有源部分具有 n 个分导体和 360° 扭绞的导杆，最小不完全勒贝尔扭绞角为 $U = 360^\circ/n$ ，在每杆 80 个分导体的情况下， U 为 4.5° 的量级，而在每杆 120 个分导体的情况下，则 U 为 3° 。

与空段长度的设计相类似，不完全勒贝尔扭绞度取一级近似时也与绕组端部伸出部分有关。此伸出部分愈大，则在绕组端部中的端面场的影响也变得愈强。据此，在有源部分的不完全勒贝尔扭绞度也应愈大。正如在设计空段长度的情况一样，这里，不完全勒贝尔扭绞度对于具体的机器也可以用现代计算方法比较准确求出。作为参考值可以给出：角度应当处于约 10° 到 15° 之间，以便在绕组端部实现实际上完全的扩展场补偿。

在以上的说明中，始终假设端夹部分的扭绞角为 90° 。广泛的计算表明：即使具有 $\pm 30^\circ$ 偏差，即在端夹段 4, 5 以 60° 到 120° 的扭绞与有源部分的带有空段长度或不完全勒贝尔扭绞的组合，也可以在绕组端部实现实际上完全的场补偿。

原则上讲，在端夹段具有所列出的扭绞的情况下，除空段长度之外，也具有不完全勒贝尔扭绞的导杆是可以制造的。然而这种导杆的制造是复杂的，但是在特殊情况下完全可予以考虑。



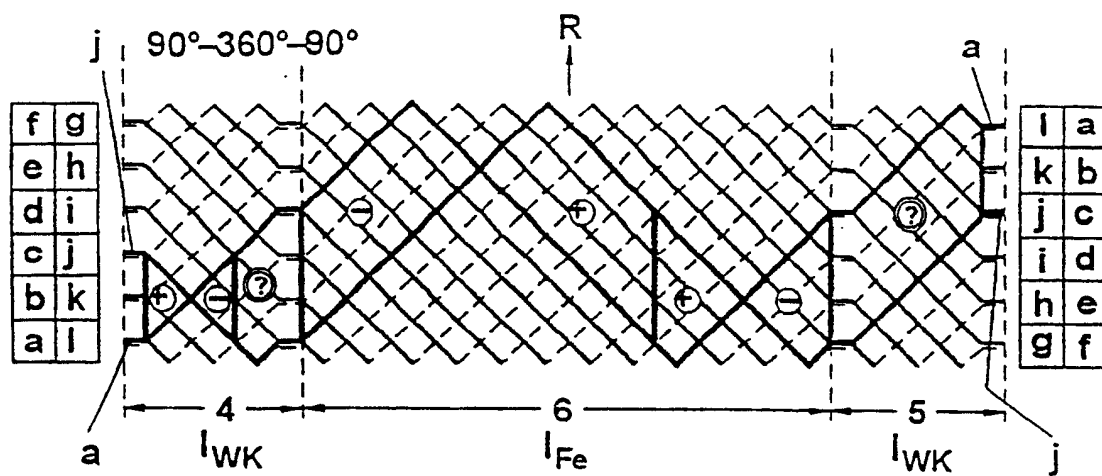


图 3 a

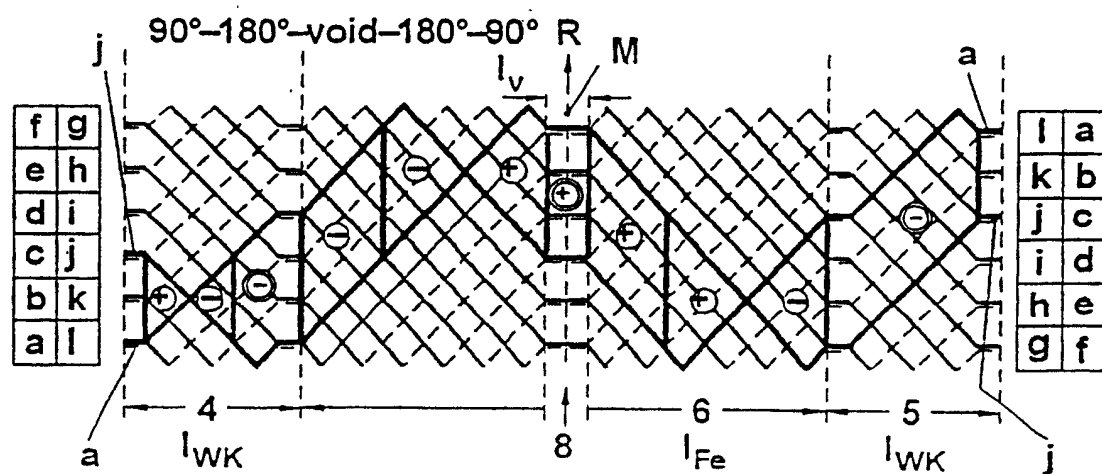


图 3 b

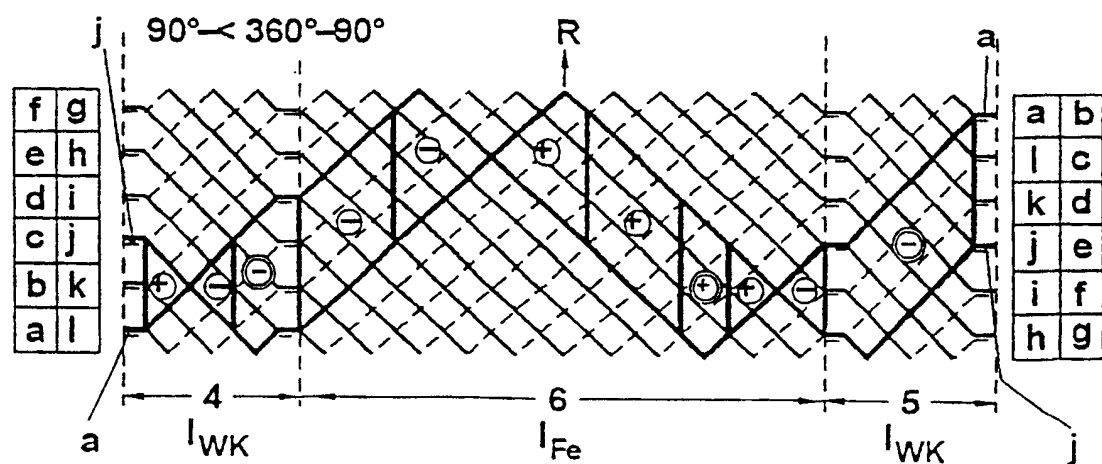


图 3 c