



(10) 授权公告号 CN 112771776 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 08

(21) 申请号 201880097964.9

(22) 申请日 2018.09.27

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112771776 A

(43) 申请公布日 2021.05.07

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.03.24

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/CN2018/107978 2018.09.27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/061902 EN 2020.04.02

(73) 专利权人 ABB电动汽车有限责任公司

地址 荷兰代尔夫特

(72) 发明人 田凯 李天河 袁权发 梁美

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

专利代理师 李辉

(51) Int.Cl.

H02M 7/219 (2006.01)

H02M 7/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 204498017 U, 2015.07.22

CN 101534596 A, 2009.09.16

审查员 胡艳梅

权利要求书2页 说明书8页 附图5页

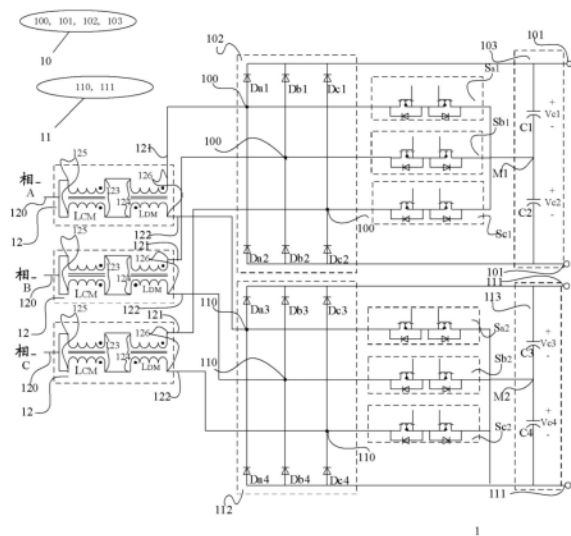
(54) 发明名称

用于AC功率与DC功率之间的转换的装置

(57) 摘要

因此,本发明的一个目的是提供用于AC功率与DC功率之间的转换的装置。装置包括:第一功率转换电路,具有第一AC侧和第一DC侧;至少一个第二功率转换电路,各自具有第二AC侧和第二DC侧;以及至少一个扼流器,具有第一端子、第二端子和至少一个第三端子,其中第一端子被布置为电耦合到AC功率的相,并且第二端子和至少一个第三端子被电耦合到第一功率转换电路的第一AC侧和至少一个第二功率转换电路的第二AC侧的相应的相同相。此外,扼流器包括第一共模扼流器以及第一差模扼流器,其中第一共模扼流器和第一差模扼流器经由第一共模扼流器的第一组线圈端和第一差模扼流器的第一组线圈端而被串联电耦合,并且第一共模扼流器和第一差模扼流器中的一个扼流器的第二组线圈端被电耦合到扼流器的第一端子,并且另一个扼流器的第二组线圈端被分别电耦合到扼流器的第二端子和至少一个第三端子。第一共模扼流器有助于

向从AC电源流出的共模电流的高频分量提供高电感,因为共模扼流器和差模扼流器的阻抗取决于与电感在同一尺度上的频率。使用共模扼流器的优点是,由于耦合效应,其提供了两倍于单独电感器设计的电感。因此它更有效地对共模电流进行滤波或者电感大小可以针对给定的电流纹波要求而减小。



1. 一种用于AC功率与DC功率之间的转换的装置,包括:

第一功率转换电路,具有第一AC侧和第一DC侧;

至少一个第二功率转换电路,各自具有第二AC侧和第二DC侧;以及

至少一个扼流器,具有第一端子、第二端子和至少一个第三端子,其中所述第一端子被布置为电耦合到所述AC功率的相,并且所述第二端子和所述至少一个第三端子被电耦合到所述第一功率转换电路的所述第一AC侧和所述至少一个第二功率转换电路的所述第二AC侧的相应的相同相;

其中:

所述至少一个扼流器包括:

第一共模扼流器;以及

第一差模扼流器,

其中:

所述第一共模扼流器和所述第一差模扼流器经由所述第一共模扼流器的第一组线圈端和所述第一差模扼流器的第一组线圈端而被串联电耦合,以及

所述第一共模扼流器和所述第一差模扼流器中的一个扼流器的第二组线圈端被电耦合到所述至少一个扼流器的所述第一端子,并且所述第一共模扼流器和所述第一差模扼流器中另一个扼流器的第二组线圈端被分别电耦合到所述至少一个扼流器的所述第二端子和所述至少一个第三端子。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中:

所述第一功率转换电路包括电耦合到所述第一DC侧的第一电容器组,所述第一电容器组具有在第一中点处串联电耦合的第一电容元件对;

所述至少一个第二功率转换电路各自包括电耦合到所述第二DC侧的第二电容器组,所述第二电容器组具有在第二中点处串联耦合的第二电容元件对;并且

所述第一中点和所述至少一个第二中点彼此间接电耦合。

3. 根据权利要求2所述的装置,针对三相中的每相,还包括:

一组可控双向开关,所述一组可控双向开关中的一个可控双向开关被插入在对应的所述至少一个扼流器的所述第二端子与所述第一电容器组的所述第一中点之间,所述第一电容器组的所述第一中点与对应的所述至少一个扼流器的所述第二端子电连接,并且所述一组可控双向开关中的另一个可控双向开关被插入在对应的所述至少一个扼流器的所述至少一个第三端子中的相应一个第三端子与所述第二电容器组的所述至少一个第二中点中的相应一个第二中点之间,所述第二电容器组的所述至少一个第二中点中的相应一个第二中点与对应的所述至少一个扼流器的所述至少一个第三端子中的相应一个第三端子电连接。

4. 根据权利要求1-3中任一项所述的装置,其中:

所述至少一个扼流器还包括:

至少一个第二共模扼流器,被电耦合到串联的所述第一共模扼流器和所述第一差模扼流器。

5. 根据权利要求1至3中任一项所述的装置,其中:

所述至少一个扼流器还包括:

至少一个第二差模扼流器,被电耦合到串联的所述第一共模扼流器和所述第一差模扼流器。

6.根据权利要求1至3中任一项所述的装置,其中:

所述至少一个第二功率转换电路的数目计数为一;以及

所述至少一个第三端子的数目计数为一。

7.根据权利要求1至3中任一项所述的装置,其中:

所述第一共模扼流器具有第一寄生电容元件;

所述第一差模扼流器具有第二寄生电容元件。

8.根据权利要求7所述的装置,其中:

所述第一共模扼流器具有漏磁通。

9.根据权利要求1-3中任一项所述的装置,其中:

所述第一功率转换电路具有电耦合到所述第一功率转换电路的第一AC侧的三相整流电路拓扑;以及

所述第二功率转换电路具有电耦合到所述第二功率转换电路的第二AC侧的三相整流电路拓扑。

用于AC功率与DC功率之间的转换的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及AC功率与DC功率之间的转换,并且更具体地涉及功率转换电路的AC侧被布置用于并联操作。

背景技术

[0002] AC-DC转换器被广泛用于将AC功率转换为DC功率,提供稳定的DC总线来馈送DC负载,或者作为功率转换器的第一级,诸如EV充电器中的第一AC-DC级,为其他转换器提供DC输入。在某些应用中,一个DC总线足够,而在其他应用中,需要多个单独的DC总线。

[0003] 专利US_9166491_B2公开了一种交错转换器,其具有用于AC-DC-AC功率转换的单独DC总线。除了单独电感器外,相间变压器还被用于抑制交错转换器中的循环电流。

发明内容

[0004] 然而,根据专利US 8670260 B2的解决方案的至少一个技术缺点在于电感器的尺寸相对较大并且其功率损耗相对较高。

[0005] 为了解决至少一个问题,本发明的一个目的是提供用于AC功率与DC功率之间的转换的装置。装置包括:第一功率转换电路,具有第一AC侧和第一DC侧;至少一个第二功率转换电路,各自具有第二AC侧和第二DC侧;以及至少一个扼流器,具有第一端子、第二端子和至少一个第三端子,其中第一端子被布置为电耦合到AC功率的相,并且第二端子和至少一个第三端子被电耦合到第一功率转换电路的第一AC侧和至少一个第二功率转换电路的第二AC侧的相应的相同相。此外,扼流器包括第一共模扼流器和第一差模扼流器,其中第一共模扼流器和第一差模扼流器经由第一共模扼流器的第一组线圈端和第一差模扼流器的第一组线圈端而被串联电耦合,并且第一共模扼流器和第一差模扼流器中的一个扼流器的第二组线圈端被电耦合到扼流器的第一端子,并且另一个扼流器的第二组线圈端被分别电耦合到扼流器的第二端子和至少一个第三端子。

[0006] 第一共模扼流器有助于向从AC电源流出的共模电流的高频分量提供高电感,因为共模扼流器和差模扼流器的阻抗取决于与电感在同一尺度上的频率。使用共模扼流器的优点是,由于耦合效应,其提供了两倍于单独电感器设计的电感。因此它更有效地对共模电流进行滤波或者电感大小可以针对给定的电流纹波要求而减小。

[0007] 优选地,第一共模扼流器具有漏磁通。第一共模扼流器具有漏磁通。原则上,由于磁通抵消效应,共模扼流器不会为交错支路之间的差模电流提供电感。然而,漏电感与差模扼流器一起用于抑制交错支路之间的差模电流。共模扼流器的漏电感有助于减少不需要的差模电流纹波和尖峰。

[0008] 优选地,第一共模扼流器具有第一寄生电容元件,并且第一差模扼流器具有第二寄生电容元件。漏电感和漏电容利用差模扼流器来抑制交错支路之间的差模电流。共模扼流器的漏电感和漏电容可以帮助减少不期望的差模电流纹波和尖峰。

附图说明

- [0009] 以下将参考在附图中图示的优选实施例来详细说明本发明的主题,其中:
- [0010] 图1图示了根据本发明的一个实施例的用于AC功率与DC功率之间的转换的装置;
- [0011] 图2图示了根据本发明的一个实施例的扼流器的相电流分析;
- [0012] 图3A图示了仅使用差模扼流器的简化的高频等效电路;
- [0013] 图3B图示了根据本发明的一个实施例的使用共模扼流器和差模扼流器的高频等效电路;
- [0014] 图4图示了根据本发明的另一实施例的用于AC功率与DC功率之间的转换的装置;
- [0015] 图5图示了根据本发明的另一实施例的用于AC功率与DC功率之间的转换的装置;
- [0016] 图6A和图6B给出了共模扼流器和差模扼流器的第一示例;以及
- [0017] 图7A和图7B给出了共模扼流器和差模扼流器的另一示例。
- [0018] 在附图标记列表中以摘要形式列出了附图中使用的附图标记及其含义。原则上,图中相同的部分具有相同的附图标记。

具体实施方式

[0019] 尽管本发明易于进行各种修改和备选形式,但是本发明的特定实施例在附图中以示例的方式示出,并且将在本文中进行详细描述。然而,应当理解,附图及其详细描述并非旨在将本发明限制为所公开的特定形式,相反,其意图是涵盖落入如所附权利要求书所限定的本发明的精神和范围内的所有修改、等同形式和备选形式。注意,标题仅用于组织目的,并不意味着用于限制或解释本说明书或权利要求。此外,请注意,贯穿本申请,词语“可以”的使用是宽松的(即,有可能、能够)而不是强制性的(即,必须)。术语“包括”及其派生词是指“包括但不限于”。术语“连接”是指“直接或间接连接”并且术语“耦合”是指“直接或间接连接”。

[0020] 图1图示了根据本发明的一个实施例的用于AC功率与DC功率之间的转换的装置。如图1所示,装置1可以在其AC侧处,从AC电源接收AC功率,并且在其DC侧处,将所接收的AC功率转换为DC功率。装置1包括第一功率转换电路10、至少一个第二功率转换电路11、至少一个扼流器12。

[0021] 第一功率转换电路10可以使用具有第一AC侧100和第一DC侧101的AC-DC功率转换拓扑。例如,第一功率转换电路10可以具有第一整流器102和第一电容器组103。第一整流器102被电耦合到第一AC侧100,并且第一电容器组103被电耦合到DC侧101。第一整流器102可以对从AC电源供应的第一AC功率进行整流,第一AC功率进而经由第一电容器组103流到DC侧101。如图1所示,第一整流器102包括以三相全桥配置布置的多个二极管Da1-Da2、Db1-Db2和Dc1-Dc2。分别针对二极管Da1-Da2、二极管Db1-Db2和二极管Dc1-Dc2的中点被电耦合到第一功率转换电路10的第一AC侧100的相A、相B和相C。

[0022] 至少一个第二功率转换电路11各自可以使用AC-DC功率转换拓扑,该AC-DC功率转换拓扑具有第二AC侧110和第二DC侧111。例如,第二功率转换电路11可以具有第二整流器112和第二电容器组113。第二整流器112被电耦合到第二AC侧110,并且第二电容器组113被电耦合到第二DC侧111。第二整流器112可以对从AC电源供应的第二AC功率进行整流,第二AC功率进而经由第二电容器组113流到第二DC侧111。如图1所示,第二整流器112包括以三

相全桥配置而布置的多个二极管Da3-Da4、Db3-Db4和Dc3-Dc4。分别针对二极管Da3-Da4、二极管Db3-Db4和二极管Dc3-Dc4的中点被电耦合到第二功率转换电路11的第二AC侧110的相A、相B和相C。

[0023] 第一功率转换电路10的第一DC侧101和第二功率转换电路11的第二DC侧111彼此分离,使得第一功率转换电路10和第二功率转换电路11可以提供通往相应的第一DC侧101和第二DC侧111的单独功率流路径。

[0024] 在该实施例中,第一电容器组103具有在中点M₁处串联电连接的第一电容元件C₁和第二电容元件C₂,并且第二电容器组113具有在中点M₂处串联电连接的第三电容元件C₃和第四电容元件C₄。对于相A、相B、相C中的每相,装置1还包括:一组可控双向开关,一组可控双向开关中的一个可控双向开关被插入在对应扼流器12的第二端子121以及与其电连接的第一电容器组103的中点M₁之间,另一个可控双向开关被插入在对应扼流器12的第三端子122以及与其电连接的第二电容器组113的中点M₂之间。例如,关于相A,可控双向开关S_{a1}被布置在针对相A的扼流器12的第二端子121与第一电容器组103的中点M₁之间,并且开关S_{a1}被电耦合到两者;而另一可控双向开关S_{a2}被布置在针对相A的扼流器12的第三端子122与第二电容器组113的中点M₂之间,并且开关S_{a2}被电耦合到两者。相B和相C的情况相同,除了相B涉及可控双向开关组S_{b1}、S_{b2}和针对相B的扼流器12中的对应部分,并且相C涉及可控双向开关组S_{c1}、S_{c2}和针对相C的扼流器12中的对应部分。转换器的调制与在两个交错支路之间具有相移的普通交错转换器相同,。

[0025] 在通过控制器来控制可控双向开关S_{a1}、S_{a2}、S_{b1}、S_{b2}、S_{c1}、S_{c2}的操作中,表I、II和III分别示出了针对相A、相B和相C的交错支路的电压和器件状态。V_{c1}、V_{c2}、V_{c3}和V_{c4}指示跨第一电容元件C₁、第二电容元件C₂、第三电容元件C₃和第四电容元件C₄的电压。

跨 AC 侧 100 相 A 和 M1 的电压	器件状态(1---导电, 0---不导电)		
	Sa1	Da1	Da2
Vc1	0	1	0
0	1	0	0
-Vc2	0	0	1

跨 AC 侧 100 相 A 和 M2 的电压	器件状态(1---导电, 0---不导电)		
	Sa2	Da3	Da4
Vc3	0	1	0
0	1	0	0
-Vc4	0	0	1

[0028] 表I

[0029] 在控制期间,S_{a1}和S_{a2}的门控信号被交错。如果S_{a1}导通,则D_{a1}和D_{a2}断开。如果S_{a1}断开,则取决于电流方向,D_{a1}和D_{a2}中的一个导电。如果S_{a2}导通,则D_{a3}和D_{a4}断开。如果S_{a2}断开,则取决于电流方向,D_{a3}和D_{a4}中的一个导电。

[0030]	跨 AC 侧 100 相 B 和 M1 的电压	器件状态(1---导电, 0---不导电)		
		Sb1	Db1	Db2
	Vc1	0	1	0
[0031]	0	1	0	0
	-Vc2	0	0	1
[0032]	跨 AC 侧 110 相 B 和 M2 的电压	器件状态(1---导电, 0---不导电)		
		Sb2	Db3	Db4
	Vc3	0	1	0
	0	1	0	0
	-Vc4	0	0	1

[0033] 表II

[0034] 在控制期间, S_{b1} 和 S_{b2} 的门控信号被交错。如果 S_{b1} 导通, 则 D_{b1} 和 D_{b2} 断开。如果 S_{b1} 断开, 则根据电流方向, D_{b1} 和 D_{b2} 之一导电。如果 S_{b2} 导通, 则 D_{b3} 和 D_{b4} 断开。如果 S_{b2} 断开, 则取决于电流方向, D_{b3} 和 D_{b4} 中的一个导电。

[0035]	跨 AC 侧 100 相 C 和 M1 的电压	器件状态(1---导电, 0---不导电)		
		Sc1	Dc1	Dc2
	Vc1	0	1	0
	0	1	0	0
	-Vc2	0	0	1
[0036]	跨 AC 侧 110 相 C 和 M2 的电压	器件状态(1---导电, 0---不导电)		
		Sc2	Dc3	Dc4
	Vc3	0	1	0
	0	1	0	0
	-Vc4	0	0	1

[0037] 表III

[0038] 在控制期间, S_{c1} 和 S_{c2} 的门控信号被交错。如果 S_{c1} 导通, 则 D_{c1} 和 D_{c2} 断开。如果 S_{c1} 断开, 则取决于电流方向, D_{c1} 和 D_{c2} 中的一个导电。如果 S_{c2} 导通, 则 D_{c3} 和 D_{c4} 断开。如果 S_{c2} 断开, 则取决于电流方向, D_{c3} 和 D_{c4} 中的一个导电。

[0039] 至少一个扼流器12的数目取决于向装置1供应AC电流的AC电源具有多少相。在图1的实施例中, AC电源具有三相A、B、C, 因此至少一个扼流器12的数目为三。即, 对于每相A、B、C, 装置1中均布置有扼流器。三个扼流器中的每一个扼流器均具有第一端子120、第二端子121和至少一个第三端子122。至少一个第三端子122的数目与装置1使用的第二功率转换电路11的数目相关联。

[0040] 三个扼流器12中的每一个扼流器的第一端子120被布置为电耦合到AC功率的相,并且第二端子121和第三端子122被电耦合到第一功率转换电路10的第一AC侧100和第二功率转换电路11的第二AC侧110的相应的相同相。如图1所示,对于AC电源的相A,扼流器12中的一个扼流器12的第一端子120被耦合到AC电源的相A,其第二端子121被电耦合到第一功率转换电路10的第一AC侧100的相A,并且其第三端子122被电耦合到第二功率转换电路11的第二AC侧110的相A;对于AC电源的相B,扼流器12中的一个扼流器12的第一端子120被耦合到AC电源的相B,并且其第二端子121被电耦合到第一功率转换电路10的第一AC侧100的相B,并且其第三端子122被电耦合到第二功率转换电路11的第二AC侧110的相B;对于AC电源的相C,扼流器12之一的第一端子120被电耦合到AC电源的相C,其第二端子121被电耦合到第一功率转换电路10的第一AC侧100的相C,并且其第三端子122被电耦合到第二功率转换电路11的第二AC侧110的相C。

[0041] 每个扼流器12包括第一共模扼流器 L_{CM} 和第一差模扼流器 L_{DM} 。第一共模扼流器 L_{CM} 具有缠绕在芯上的一组线圈,并且线圈的数目取决于第一功率转换电路10和第二功率转换电路11的数目。在该实施例中,装置1具有一个第一功率转换电路10和一个第二功率转换电路11,因此,线圈的数目被计数为二。

[0042] 第一共模扼流器 L_{CM} 和第一差模扼流器 L_{DM} 经由第一共模扼流器 L_{CM} 的线圈的第一端123和第一差模扼流器 L_{DM} 的线圈的第一端124串联电耦合。

[0043] 第一共模扼流器 L_{CM} 的线圈的第二端125被电耦合到扼流器12的第一端子120,并且第一差模扼流器 L_{DM} 的线圈的第二端126分别被电耦合到扼流器12的第二端子121和第三端子122。备选地,第一共模扼流器 L_{CM} 的线圈的第二端被分别电耦合到扼流器12的第二端子121和第三端子122,并且第一差模扼流器 L_{DM} 的线圈的第二端被电耦合到扼流器12的第一端子120。总之,第一共模扼流器和第一差模扼流器中的一个扼流器的第二线圈端被电耦合到扼流器的第一端子,并且另一个的第二线圈端被分别电耦合到扼流器的第二端子和至少一个第三端子。

[0044] 作为插入在AC电源与第一功率转换电路10和第二功率转换电路11两者之间的扼流圈12的一部分,第一共模扼流器 L_{CM} 有助于抑制从AC电源流到装置1的共模电流、同时传递差模电流。第一差模扼流器 L_{DM} 具有缠绕在芯上的一组线圈,并且线圈的数目取决于第一功率转换电路10和第二功率转换电路11的数目。在该实施例中,装置1具有一个第一功率转换电路10和一个第二功率转换电路11,因此,线圈的数目被计数为二。作为插入在AC电源与第一功率转换电路10和第二功率转换电路11两者之间的扼流器12的一部分,第一差模扼流器 L_{DM} 有助于抑制在装置1内流动的差模电流、同时传递从AC电源流出的共模电流。

[0045] 图2图示了根据本发明的一个实施例的扼流器的相电流分析。 i_{con1} 和 i_{con2} 是一个相的第一功率转换电路10和第二功率转换电路11的两个交错支路的电流。例如,由第一功率转换电路10的二极管Da1、Da2组成的支路以及由第二功率转换电路11的二极管Da3、Da4组成的支路被交错(相A),而由第一功率转换电路10的二极管Db1、Db2组成的支路与由第二功率转换电路11的二极管Db3、Db4组成的支路被交错(相B),并且由第一功率转换电路10的二极管Dc1、Dc2组成的支路与由第二功率转换电路11的二极管Dc3、Dc4组成的支路被交错(相C)。

[0046] i_{CM} 是 i_{con1} 和 i_{con2} 中的CM(共模)电流分量。 i_{DM} 是 i_{con1} 和 i_{con2} 中的DM(差模)电流分量。

i_{CM} 和 i_{DM} 可以被表示为:

$$[0047] \quad i_{CM} = (i_{con1} + i_{con2}) / 2 \quad (1)$$

$$[0048] \quad i_{DM} = (i_{con1} - i_{con2}) / 2 \quad (2)$$

[0049] 使用 i_{CM} 和 i_{DM} ,子转换器电流 i_{con1} 和 i_{con2} 可以被表示为:

$$[0050] \quad i_{con1} = i_{CM} + i_{DM} \quad (3)$$

$$[0051] \quad i_{con2} = i_{CM} - i_{DM} \quad (4)$$

[0052] 从(3)~(4)可以看出, i_{con1} 和 i_{con2} 由CM和DM电流分量 i_{CM} 和 i_{DM} 组成。

$$[0053] \quad i_{grid} = i_{con1} + i_{con2} = 2i_{CM} \quad (5)$$

$$[0054] \quad i_{cir} = (i_{con1} - i_{con2}) / 2 = i_{DM} \quad (6)$$

[0055] 从(5)~(6)可以看出,CM电流 i_{CM} 流向电网并且是用于功率转换的有用分量。DM电流 i_{DM} 是在子转换器之间流动的循环电流(i_{cir})。它不会到AC电源,也不会对功率转换做出任何贡献,但是会增加电感器中的电流纹波和功率损耗,因此 i_{DM} 是不期望的分量。

[0056] 在根据本发明的拓扑中, L_{CM} 被用于过滤有用的CM电流(从AC电源流出的电流),并且其基本分量是用于功率转换的有用分量,而 L_{DM} 被用来抑制不期望的DM电流(循环电流)。

[0057] • DM扼流器(L_{DM})

[0058] L_{DM} 是电感器,具有两个绕组,两个绕组借助一个磁芯以差分模式耦合。在 L_{DM} 中,两个交错的功率转换电路的CM电流 i_{CM} 磁通彼此抵消,因此 L_{DM} 除了漏电感之外,不向CM电流 i_{CM} 提供电感。

[0059] 由于磁通耦合效应,两个交错功率转换电路的DM电流 i_{DM} 磁通在 L_{DM} 中彼此增强,并且与使用独立电感器的设计相比, i_{DM} 电感增加了一倍。因此,循环电流被有效地抑制。在相同的循环电流要求下, L_{DM} 的电感可以更小。

[0060] • CM电感器(L_{CM})

[0061] L_{CM} 是电感器,具有两个绕组,两个绕组借助一个磁芯共模耦合。两个交错功率转换电路的DM电流 i_{DM} 的磁通在 L_{CM} 中彼此抵消,因此 L_{CM} 除了漏电感之外,不向DM电流 i_{DM} 提供电感。

[0062] 由于磁通耦合效应,两个交错功率转换电路的CM电流 i_{CM} 磁通在 L_{CM} 中彼此增强,并且与使用独立电感器的设计相比, i_{CM} 电感增加了一倍。跨 L_{CM} 的电压可以被表示为:

$$[0063] \quad u_{L_{CM}} = L \frac{di_{CON1}}{dt} + M \frac{di_{CON2}}{dt} \quad (7)$$

[0064] 其中 $u_{L_{CM}}$ 是跨 L_{CM} 的电压。 L 是第一绕组的自感。 M 是 L_{CM} 的第一和第二绕组的互感。假设 $M=L$,可以得到以下等式,

$$[0065] \quad u_{L_{CM}} = L \frac{d(i_{CON1} + i_{CON2})}{dt} \quad (8)$$

[0066] 将(5)代入(8), $u_{L_{CM}}$ 可以被表示为:

$$[0067] \quad u_{L_{CM}} = L \frac{d(2i_{CM})}{dt} = L \frac{di_{grid}}{dt} \quad (9)$$

[0068] 从(9)中可以看出,利用所提出的拓扑,用于过滤电网电流的有效电感为 L 。与仅使用有效电感的独立电感器的现有技术设计相比,有效值增加了一倍。换言之,与相同电网电流要求的现有技术设计相比,通过使用所提出的技术,电感尺寸可以被减小一半。电感的减

少有助于改进效率并降低成本。

[0069] • 对于共模电流分量

[0070] 由于共模扼流器和差模扼流器的阻抗取决于与电感在同一尺度上的频率相关,通过适当设计共模扼流器 L_{CM} 的电感,共模扼流器 L_{CM} 向从AC电源流出的共模电流的高频分量提供高电感。使用共模扼流器 L_{CM} 的优势在于,由于耦合效应,它提供的电感是独立电感器设计的两倍。因此它更有效地对共模电流进行滤波,或者可以针对给定的电流纹波要求来减小电感大小。

[0071] 由于磁通抵消效应,除了漏电感以外,差模扼流器 L_{DM} 对共模电流不产生电感。

[0072] 原则上,由于磁通抵消效应,共模扼流器 L_{CM} 不会向交错支路之间的差模电流提供电感。但是, L_{CM} 的漏电感和漏电容与差模扼流器 L_{DM} 一起用于抑制交错支路之间的差模电流。共模扼流器 L_{CM} 的漏电感和漏电容有助于减少不期望的差模电流纹波和尖峰。

[0073] • 对于差模电流分量

[0074] 差模扼流器 L_{DM} 向不期望的差模电流提供电感。由于耦合效应,与独立电感器设计相比,电感增加了一倍。因此,它可以更有效地抑制交错支路之间的差模电流。

[0075] 图3A图示了仅使用差模扼流器的简化高频等效电路。在该情况下,总寄生电容(C_{DM_only})和漏电感($L_{1_DM_only}$)为:

$$[0076] \quad C_{DM_only} = 1 / (1/C_{DM_1} + 1/C_{DM_2}) \quad (10)$$

$$[0077] \quad L_{1_DM_only} = L_{1_DM_1} + L_{1_DM_2} \quad (11)$$

[0078] 第一共模扼流器 L_{CM} 具有第一寄生电容元件,并且第一差模扼流器 L_{DM} 具有第二寄生电容元件。

[0079] 图3B示出了根据本发明的一个实施例的使用共模扼流器和差模扼流器的高频等效电路。在该情况下,总寄生电容(C_{CM+DM})和漏电感(L_{1_CM+DM})为:

$$[0080] \quad C_{CM+DM} = 1 / (1/C_{CM_1} + 1/C_{CM_2} + 1/C_{DM_1} + 1/C_{DM_2}) < C_{DM_only} \quad (12)$$

$$[0081] \quad L_{1_CM+DM} = (L_{1_CM_1} + L_{1_CM_2} + L_{1_DM_1} + L_{1_DM_2}) > L_{1_DM_only} \quad (13)$$

[0082] 通过使用共模扼流器 L_{CM} 和差模扼流器 L_{DM} 的组合,可以实现以下优点:

[0083] • 流向AC电源的高频共模电流被扼流,并且不期望的差模电流被扼流。

[0084] • 由于磁通耦合效应,针对共模扼流器 L_{CM} 和差模扼流器 L_{DM} 的电感均更小。

[0085] • 共模扼流器的漏电感($L_{1_CM_1} + L_{1_CM_2}$)可以与差模扼流器 L_{DM} 一起有助于抑制差模电流,从而导致更小的差模电流或者针对给定差模电流的更小的差模扼流器。

[0086] • 本实施例的总寄生电容 C_{CM+DM} (如等式(12)所示)小于代替使用电感器的电容。总漏电感 L_{1_CM+DM} (如等式(13)所示)大于代替使用电感器的漏电感。当在交错支路之间发生阶跃电压变化时,实施例的更小的寄生电容和更大的漏电感可以导致电流尖峰减小。电流尖峰的减少将有助于更好的EMI性能。

[0087] 图4图示了根据本发明的另一实施例的用于AC功率与DC功率之间的转换的装置。与图1A和图1B的实施例相比,扼流器12还包括至少一个第二共模扼流器40,至少一个第二共模扼流器40被电耦合到串联的第一共模扼流器 L_{CM} 和第一差模扼流器 L_{DM} 。优选地,扼流器12还包括至少一个第二差模扼流器41,至少一个第二差模扼流器41被电耦合到串联的第一共模扼流器 L_{CM} 和第一差模扼流器 L_{DM} 。

[0088] 图5图示了根据本发明的另一实施例的用于AC功率与DC功率之间的转换的装置。

与图1的实施例(对于相A、B、C的每相,装置1使用两个功率转换电路(第一功率转换电路10和第二功率转换电路11)的两个交错支路)相比,该实施例针对每相具有三个或更多功率转换电路的三个或更多交错支路。例如,第二功率转换电路11的数目为两个或更多。因此,扼流器12的第三端子的数目为两个或更多个,线圈123的数目为三个或更多,并且线圈124的数目为三个或更多。具有例如三个或更多个支路将分别转换为6个或更多二极管,并且分别转换为三个或更多双向开关等。支路的数目越多,开关电压样本越接近正弦样本。

[0089] 图6A和图6B给出了共模扼流器 L_{CM} 和差模扼流器 L_{DM} 的第一示例,以及共模扼流器 L_{CM} 和差模扼流器 L_{DM} 中的电流和磁通的流动。 L_{CM} 上的两个绕组具有相同的匝数,并且被布置为使得增强由共模电流生成的磁通并且消除由差模电流生成的磁通。 L_{DM} 上的两个绕组具有相同的匝数,并且被布置为使得消除由共模电流生成的磁通并且增强由差模电流生成的磁通。共模电流(i_{CM})和对应的磁通的流动如图6A所示。 B_{xom} 和 B_{yom} 分别表示由 L_{CM} 和 L_{DM} 中的 i_{CM} 生成的磁通。 B_{xcm} 在 L_{CM} 中彼此增强,而 B_{ycm} 在 L_{DM} 中彼此抵消。差模电流(i_{DM})和对应磁通的流动如图6B所示。 B_{xdm} 和 B_{ydm} 分别表示由 L_{CM} 和 L_{DM} 中的 i_{DM} 生成的磁通。 B_{ydm} 在 L_{CM} 中彼此抵消,而 B_{xdm} 在 L_{DM} 中彼此增强。换言之,如果不考虑漏电感,理论上共模电流只在 L_{CM} 中生成磁通,而在 L_{DM} 中不生成磁通。如果不考虑漏电感,理论上差模电流只在 L_{DM} 中生成磁通,而在 L_{CM} 中生成磁通。因此, L_{CM} 处理共模电流(也是电网电流),而 L_{DM} 处理差模电流(也是循环电流)。

[0090] 图7A和图7B给出了 L_{CM} 和 L_{DM} 的另一示例,示出了 L_{CM} 和 L_{DM} 是非常灵活的设计并且不限于特定类型。图7A和图7B中的示例的电流和磁通分析与图6A和图6B中的示例相同,因此将不再重复。

[0091] L_{CM} 和 L_{DM} 的磁芯可以相同或不同,并且不限于任何特定的材料。例如,由于 L_{DM} 不需要处理电网电流,并且它处理的循环电流相对更小,因此具有低功耗、高磁导率和低饱和磁通密度的铁氧体可以被用于 L_{DM} 来实现高电感和低功耗。对于 L_{CM} ,诸如Fe-Si合金等具有较低磁导率和较高饱和磁通密度的磁芯可以被使用,因为它处理的电网电流具有较高的电流幅度。芯的形状可以是圆形、矩形、EI或双E、UU、PQ等,并且不限于如图6A、图6B和图7A、图7B所示的 L_{CM} 和 L_{DM} 的任何特定类型。

[0092] 尽管已基于一些优选实施例描述了本发明,但是本领域技术人员应当理解,这些实施例不应限制本发明的范围。在不脱离本发明的精神和概念的情况下,对实施例的任何变化和修改都应在本领域普通技术人员的理解范围之内,并且因此落入由所附权利要求限定的本发明的范围内。

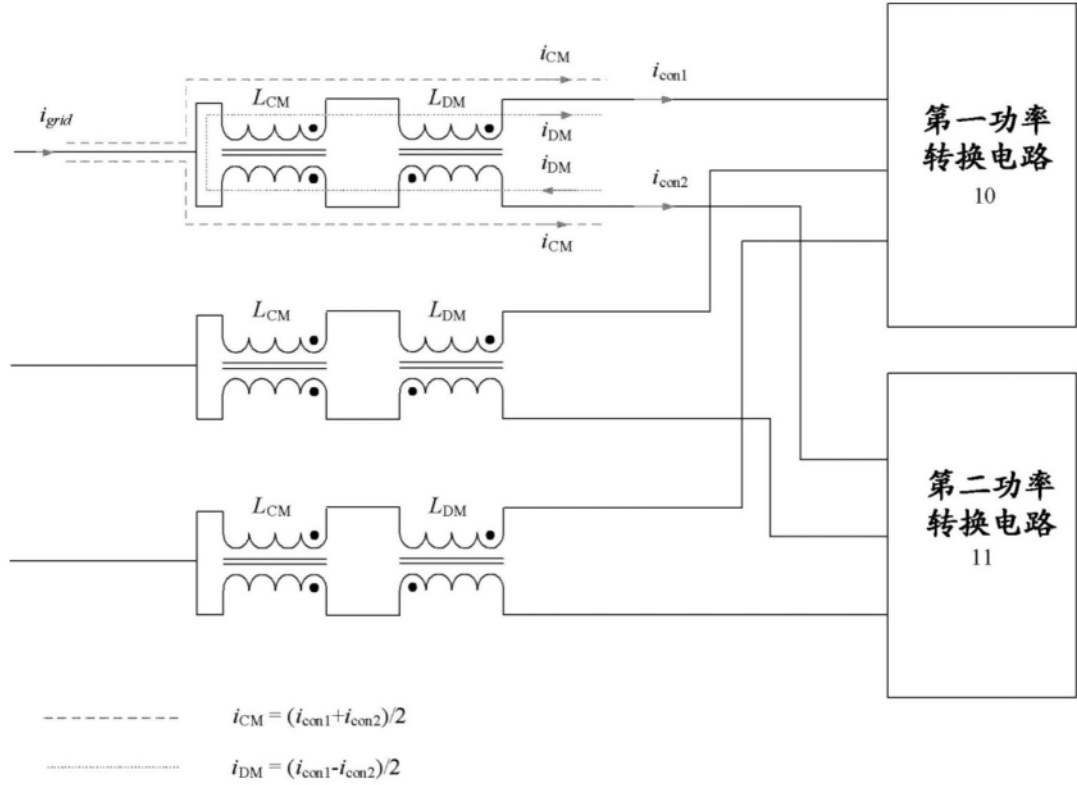


图2

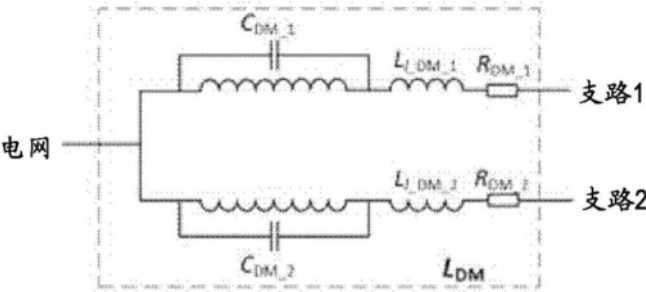


图3A

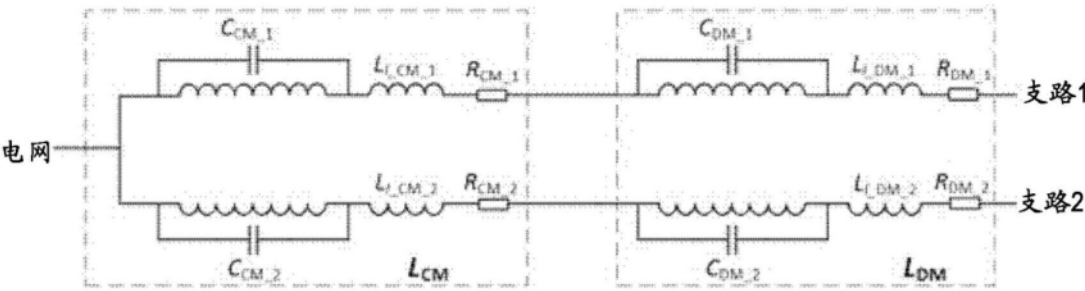


图3B

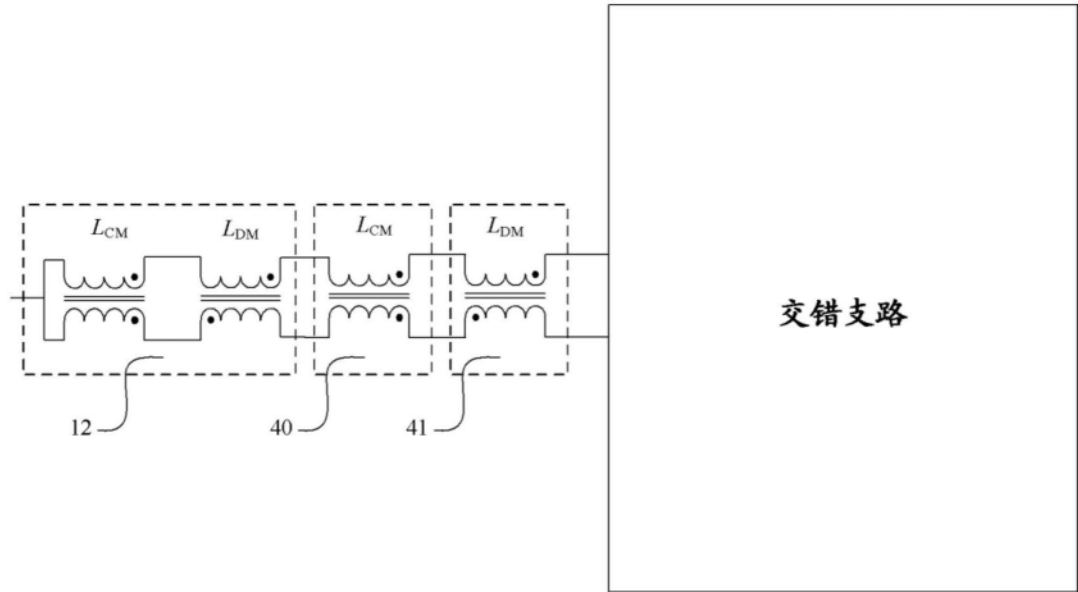


图4

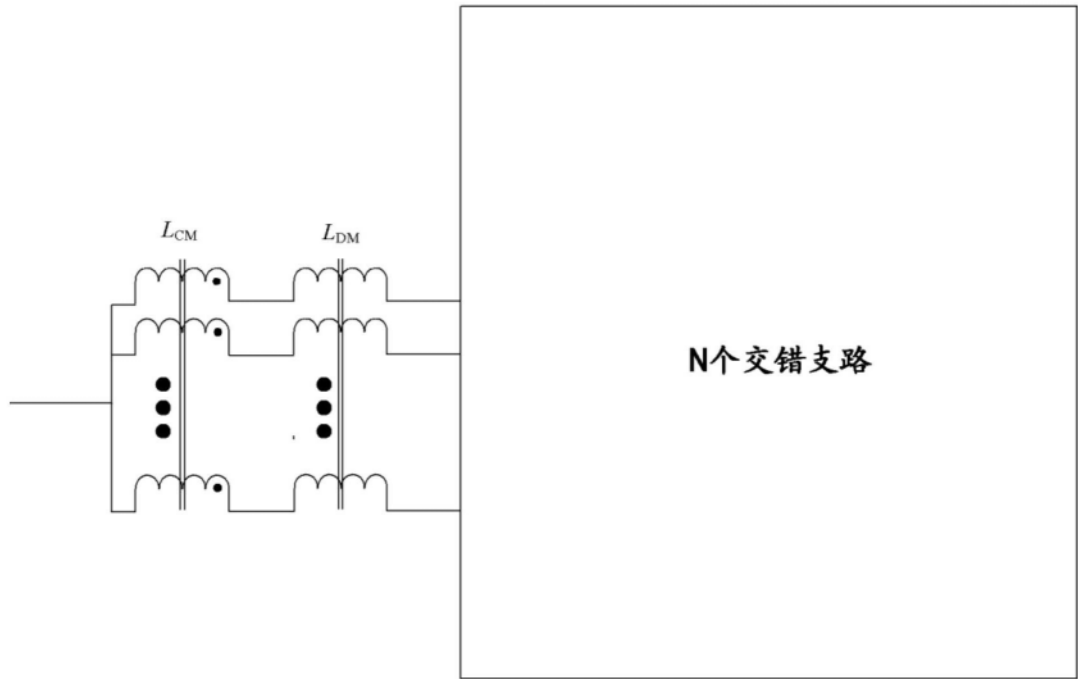


图5

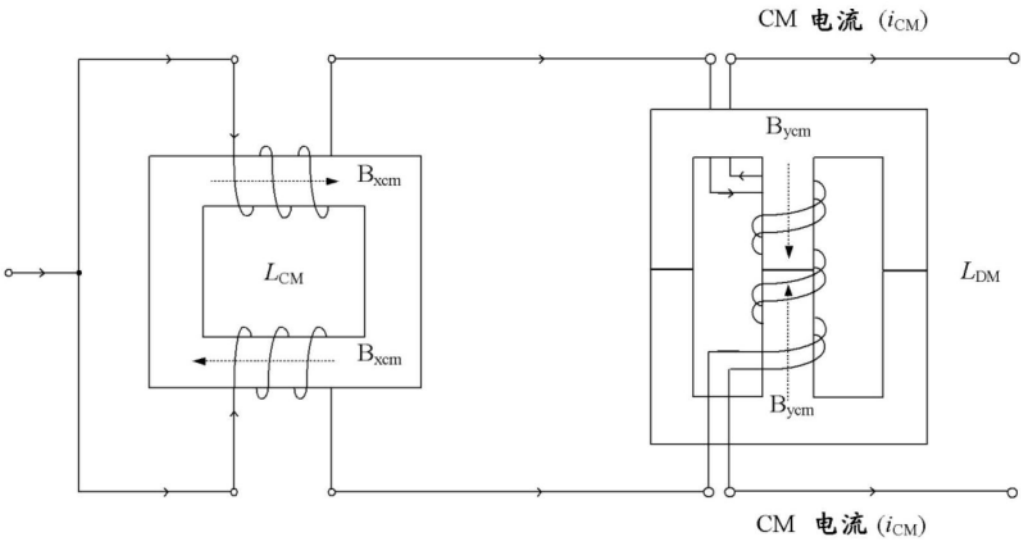


图6A

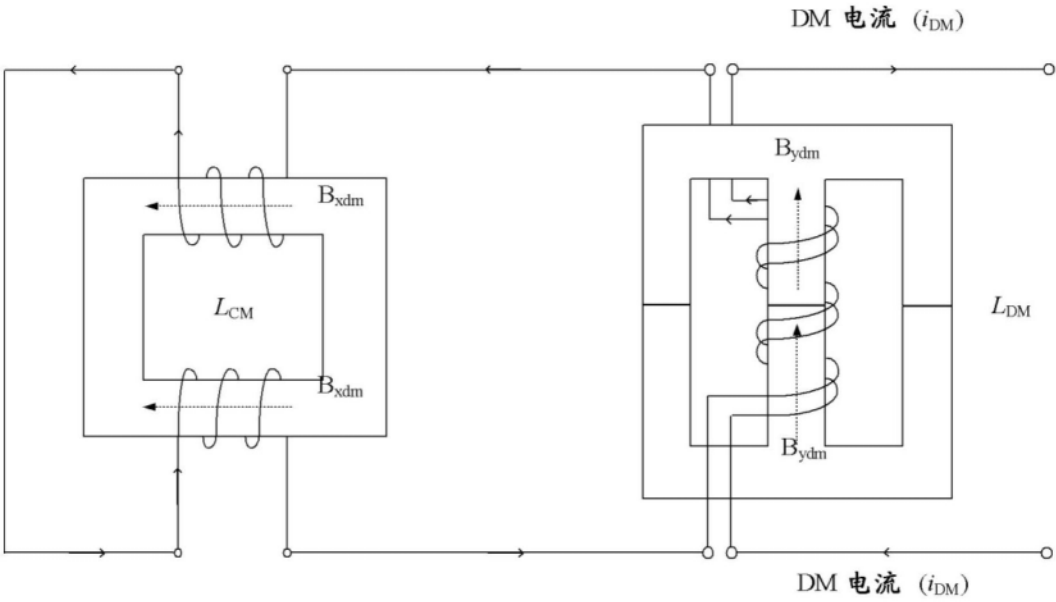


图6B

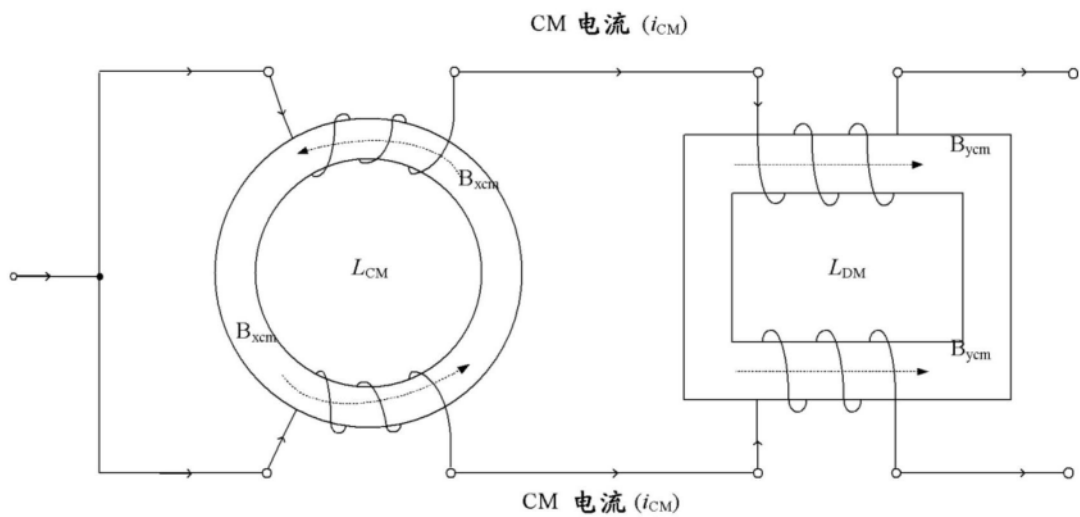


图7A

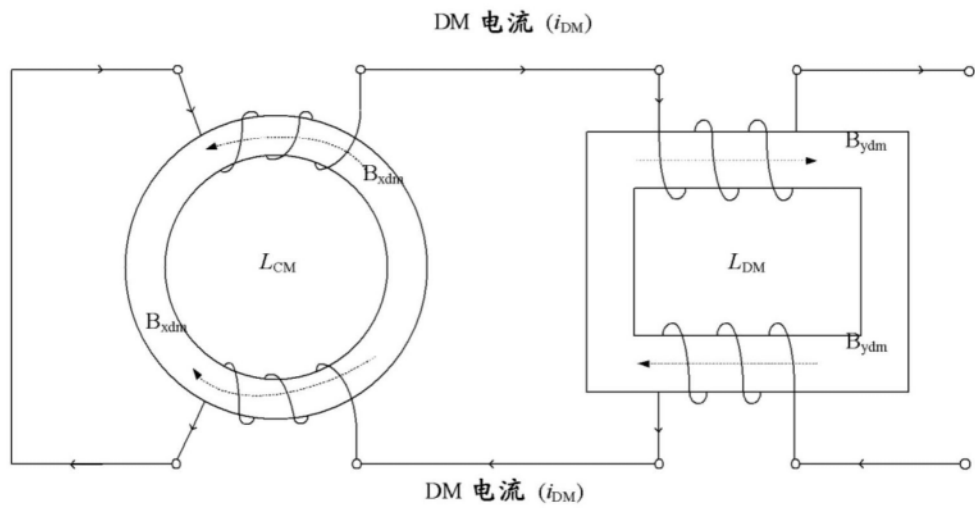


图7B