



(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告。

级联式电机组件的伺服控制系统

技术领域

5 本发明涉及一种电机的伺服控制系统，尤其涉及一种用于混合动力汽车的级联式电机组件的伺服控制系统。

背景技术

10 由于能源紧缺，油价不断攀升，纯燃油发动机驱动的汽车油耗大、污染大成为关注焦点，原因与其发动机不便调整工作点、效率低有关，各国都加快了电动车的研究。

多年的研究发现纯电动车存在很多问题，主要是目前的蓄电池性能不能满足驱动车辆的要求。蓄电池的能积比与汽油相比相差甚远，因此纯电动车的续航能力都有限。此外是充电时间长，转换效率低。快速充电用时虽短，但蓄电池效率更加降低。特别
15 是蓄电池反复充电的次数有限，使用时间越长，其容量越低，一般很快就报废了，大量的废旧电池将又造成环境污染。

目前研究表明油电混合动力车是比较现实可行的节能车，因此研究的重点转移到油电混合动力车。这种车配备了燃油发动机和蓄电池，同时还有发电机和电动机。其设计原理是通过发动机、
20 发电机/电动机、蓄电池参与调节发动机的工作点，使发动机的转速和扭矩匹配在经济运行区，从而使燃油发动机间歇或持续高效运行以实现消耗等量燃油获得更大的动能。通常的方法是根据车辆行驶状况的需要，将燃油发动机产生的机械动能一部分输出给驱动轴、使之获得一定的转矩和转速，其余的动能则用于驱动
25 发电机发电并存贮于蓄电池，当特定地段或蓄电池电量饱和时，蓄电池带动电动机驱动车辆行驶。也可使燃油发动机间歇运行于高效率状态，其动能由发电机转为电能直接传递给电动机或存储于蓄电池，电动机驱动汽车运行。这样，燃油发动机的运行效率有所提高。

30 现有油电混合动力车的动力结构方案有串联式、并联式和串并联混合式。虽然实现了不同程度的节能，但现有的动力结构均存在一定的局限性，直接影响整车制造成本和节能效果。目前的

油电混合动力车的动力结构难以满足进一步改进性能和实用的要求。

申请于 1997 年 3 月 7 日并于 1999 年 10 月 26 日授权公告的丰田公司的美国专利 US5973460A 描述了一种由离合器电机和辅助电机组成的双电机结构。该专利文献所采用的第一驱动电路和
5 第二驱动电路实际为两个变频器。在各自变频器的驱动下，实现启动时有足够输出但不致损坏电瓶，并且减小电机尺寸的目的。另外，该两个变频器通过对各自电机的扭矩进行调节，可以调整发动机的工作点，以便实现经济运行。但该专利在调整扭矩时采
10 用的变频器技术不足以实现精确、快速调整。特别是在控制离合器电机时，采用了一种可旋转的变压器结构，以将电能从初级线圈通过电磁感应传送到次级线圈，试图在向旋转中的电枢绕组提供可靠的电流控制，但变压器的传输能量的模式决定了该结构不
15 能在离合器电机两个转子之间的相对运动转速比较低的情况下进行有效的绕组电流控制，既而也就不可能对离合器电机进行精确的扭矩控制。具体而言，当其内转子和外转子的相对转速很低时，变压器将工作在频率很低的状态，电磁感应式的变压器在低频供电的情况下能量传递的效率以及单位体积能传递的能量大小都是
20 是很低的，尤其是，当其内转子和外转子的相对转速为零时，变压器的原边和副边都将是直流（即电流交变频率为零），安装于原边的第一驱动电路根本无法对变压器次边的电流（即电机绕组的电流）实施有效的控制，当然也就不能对电机实施有效的扭矩控制，当然也就不能使得发动机总是工作在最佳效率点。

申请于 1997 年 7 月 22 日并于 1999 年 10 月 26 日公开的日立
25 公司的欧洲专利申请 EP0820894A2 也描述了一个类似的结构，采用两个逆变器（inverter）对电机进行控制，该两个逆变器实际上为两个变频器。主、辅两台电机连接各自的变频器，在控制单元的控制下，实现在输入轴与输出轴之间的高效率无级调速和调
30 扭矩；通过无级传动的齿轮比控制，使得电机系统工作于任意转矩和转速区域。但由于该专利申请采用的仍是变频器驱动方案，扭矩控制的精度和响应速度大打折扣。另外，其采用的蓄电池与直流母线直接连接的方案，使蓄电池的充放电不独立可控。再者，

当其输出驱动轴的工作点本来就位于效率相对较高的三角形区域时，发动机的速度和扭矩追随外负载的变化，从而不能实现发动机工作点不随外负载影响而稳定工作在最佳效率曲线上的效果。

5 综上所述，美国专利 US5973460A 和欧洲专利申请 EP0820894A2 都未能提出级联式电机的实用化的实施方案。

发明内容

为了克服现有技术中当内转子和外转子的相对转速很低或者为零时不足以实现精确而快速地调整电机扭矩的缺陷，本发明提出一种级联式电机组件的伺服控制系统，这种电机级联式电机组件的伺服控制系统可实现发动机的工作点的独立调节，从而实现
10 工作点不随外负载影响而稳定工作在最佳效率曲线上。并使得采用该级联式电机组件的伺服控制系统混合动力车输出的动力更具有灵活操控性。

本发明解决上述技术问题的方案是，提供一种级联式电机组件的伺服控制系统，其包括第一电机和第二电机，其中第一电机
15 包括彼此电磁耦合的第一转子和第二转子，第二电机包括彼此电磁耦合的定子和第三转子，第一转子的轴为该级联式电机组件的输入轴，第二转子的轴与第三转子共轴且作为该级联式电机组件的输出轴，第一转子的轴与发动机的输出轴直接连接，并且所述
20 级联式电机组件的伺服控制系统还包括与该第一电机相关联的第一伺服驱动器和与该第二电机相关联的第二伺服驱动器，该第一伺服驱动器根据运行情况对第一转子和第二转子之间的耦合扭矩进行伺服控制；该第二伺服驱动器根据运行情况对定子和第三转子之间的耦合扭矩进行伺服控制。

25 与现有技术中基于变频器的控制方案相比，本发明采用了扭矩伺服控制，可以作到无论第一电机的第一、第二转子旋转与否、旋转相对速度如何，该电机对发动机施加的负载扭矩都可精确控制，因而可方便地将发动机控制在其最佳燃油效率曲线上以获得最经济运行。并且，第一伺服驱动器由于其本身的“伺服”控制
30 特性从而可以精确控制第一电机，继而对第一电机进行精确的扭矩伺服控制。而在美国专利 US5973460A 中，其采用的方法是通过常规变频器的 3-2 及 2-3 矢量解析方法进行的，并且其离合器

电机的控制甚至还插入了可旋转变压器这一个能量传输环节，这样的控制模式，至今未见有能够象本发明采用伺服控制技术一样能精确控制电机扭矩的理论分析与实际产品。

本发明进一步解决的技术问题是减少系统的能量耗散，该进一步所解决的技术问题是通过下面的进一步技术方案来实现的，即在所述第一转子和第二转子其中的一个上安装有永磁磁极，在所述第一转子和第二转子其中的另一个上安装有绕制在铁芯上的第一绕组；在所述第三转子和定子其中的一个上安装有永磁磁极，在所述第三转子和定子其中的另一个上安装有绕制在铁芯上的第二绕组。所述第一绕组通过安装在所在轴上的滑环与第一伺服驱动器连接，以获得到第一伺服驱动器的控制电流；所述第二绕组布置在定子上并直接与第二伺服驱动器连接，或者该绕组布置在第三转子上并经安装在所述输出轴上的滑环与第二伺服驱动器连接。由于滑环采用导电体直接接触的方式，滑环的目的是将第一伺服驱动器送出的电流直接送到第一电机的第一绕组上，这种方式除摩擦发热和接触电阻发热外，几乎无能量损失。而在美国专利 US5973460A 中，其采用的变压器结构，即使能够在额定工作频率点（即内转子与外转子的相对转动速度为额定速度）传递能量，其能量传递效率也是不及本发明的。

根据本发明的另一个方面，可在第一转子的轴上安装有第一速度/位置传感器，该第一速度/位置传感器连接到第一伺服驱动器；在第二转子与第三转子的共轴上安装有第二速度/位置传感器，该第二速度/位置传感器连接第一与第二伺服驱动器，该第一伺服驱动器响应于扭矩设定及该第一、第二速度/位置传感器的反馈信号对第一转子和第二转子之间的耦合扭矩进行伺服控制，以实现发动机工作点独立于整车运行状态的独立调节，还可在实现发动机工作点独立调节的同时将发动机加载扭矩直接输出到输出轴上；该第二伺服驱动器响应于扭矩设定及该第二速度/位置传感器的反馈信号对定子和第三转子之间的耦合扭矩进行伺服控制，以实现第二电机对整车的驱动。。

根据本发明的另一个方面，第一电机与第二电机的扭矩伺服控制互相独立，可以独立运行于功率透过、发电储能、用电做功

或制动回馈电能状态。具体而言，如果该第一电机的第二转子转动速度低于第一转子的转速，则第一电机处于发电机状态运行；如果该第一电机的第二转子转动速度高于第一转子的转速，则第一电机处于电动机状态运行。当第一电机处于电动机状态运行时，由第一伺服驱动器吸取的电能转换为第二转子的动能，与发动机传递过来的动能一起送至输出轴。当第二伺服驱动器控制第二电机，使得第三转子所获得的扭矩方向与第二电机转子旋转方向相同时，第二电机吸取电能工作于电动机状态；反之当第三转子得到的扭矩方向与其旋转方向相反时，则第二电机处于发电机状态运行，将输出轴上的机械能转变为电能。

作为对本发明的进一步改进，当第一电机或第二电机工作于发电机状态时，通过其对应的伺服驱动器向公共母线输出电能，反之，工作于电动机状态时，则通过其伺服驱动器由公共母线吸取电能。

根据本发明的再一个方面，第一、第二电机的扭矩可直接在输出轴上叠加后输出，以实现整车驱动的协同出力。所述第一电机和第二电机还可为永磁无刷电机。

根据本发明的再一个方面，在第一和第二电机之间设有输出齿轮，相对于采用末端输出机构形式的欧洲专利申请 EP0820894A2 而言，这种动力输出形式是一种稳定的动力输出形式，且有利于轴上各轴承的受力均衡。

本发明级联式电机组件的伺服控制系统的进一步优点为：该第一、第二伺服驱动器根据运行要求分别对第一、第二电机加载不同的扭矩，该级联式电机组件即可按功率透过、发电储能、用电做功、制动回馈电能的新型动力传递方法运行；另外，该级联式电机组件的伺服控制系统可对发动机伺服加载适当扭矩，使发动机工作于最佳效率曲线上，消耗等量燃油获得更大的动能；该双联电机的第一、第二电机的磁场相互独立，因此可互不干扰地实行独立的伺服控制；再者，本发明级联式电机组件的伺服控制系统结构简单，便于加工，成本低，适合于推广应用。

本发明还提供一种包含上述的级联式电机组件的伺服控制系统的混合动力车，以及将上述的级联式电机组件的伺服控制系统

用于混合动力车，以进行功率传递、发电储能、用电做功或制动回馈电能其中之一的用途。

本发明还提供一种用于上述的级联式电机组件的伺服控制系统的冷却结构。其中，在第一电机机壳底部，设有一个循环冷却油装置，内装循环冷却油，冷却油从冷却油管路的输入口进入，从输出口流出，在机壳底部储有一定量的冷却油，油面以接触到第二转子金属部件但低于第一转子与第二转子形成的气隙的最低点为宜。第二转子金属部件将热传导至所接触的冷却油，经冷却油带出到外接的热交换装置。优选地，在第二电机机壳上，安装有冷却油的输入、输出管路，该输入、输出管路呈螺旋状嵌装在机壳内，定子叠片被紧密地压装在定子机壳内壁，定子的发热一方面通过机壳散出，一方面通过冷却油带出至外接的热交换装置。该冷却结构改善了电机散热条件，结构紧凑，适用于油电混合动力电动车，加强实用化。

15

附图说明

图 1 为本发明级联式电机组件的伺服控制系统实施例 1 的结构示意图。

图 2 为本发明级联式电机组件的伺服控制系统实施例 2 的结构示意图。

图中，附图标记和元件之间的对应关系如下：

1 发动机，2 发动机轴即输入轴，3 第一转子，4 第二转子，5 循环冷却油，6 第一伺服驱动器，7 输出齿轮，8 输出轴，9 第三转子，10 定子，11 第二伺服驱动器，12 冷却油管路，13 第一速度/位置传感器，14 第一电机机壳，15 第二电机机壳，16 第二速度/位置传感器，17 滑环

具体实施方式

如图 1 所示，根据本发明实施例 1 的级联式电机组件的伺服控制系统包括第一电机和第二电机，第一电机包括第一转子 3 和第二转子 4，第一转子 3 上安装有永磁磁极，第二转子 4 安装有绕制在铁芯上的第一绕组，第一绕组通过安装在第二转子 4 的输

出轴 8 上的滑环 17 与第一伺服驱动器 6 连接。第一转子 3 的轴是级联式电机组件的输入轴，与发动机 1 的输出轴 2 直接连接，第二转子 4 的轴是级联式电机组件的输出轴。第二电机包括第三转子 9 和定子 10，定子 10 固定于机壳 15，第三转子 9 上安装有永磁磁极，定子 10 安装有绕制在铁芯上的第二绕组，该第二绕组直接与第二伺服驱动器 11 连接。第三转子与第一电机的第二转子共输出轴 8。输出轴 8 上安装输出齿轮 7，输出齿轮 7 与外部负载连接。在第一转子 3 的轴上安装有第一速度/位置传感器 13，连接第一伺服驱动器 6，第二转子与第三转子的共轴上安装有第二速度/位置传感器 16，连接第一与第二伺服驱动器 6、11。第一、第二伺服驱动器 6、11 均与公共母线连接，第一、第二电机分别通过其伺服驱动器吸收电能或输出电能。

所述输出轴上的输出齿轮 7 位于第二转子 4 与第三转子 9 之间；或者，第三转子 9 位于第二转子 4 与输出齿轮 7 之间。

在第一电机机壳 14 底部，设计了一个循环冷却油装置，内装循环冷却油 5，冷却油从冷却油管路 12 的输入口进入，从输出口流出，在机壳底部储有一定量的冷却油，油面以接触到第二转子 4 金属部件但低于第一转子 3 与第二转子 4 形成的气隙最低点为宜，液面太高会增加旋转的阻力，液面太低会影响第二转子与冷却液之间的热交换。

在第二电机机壳 15 上，安装装有冷却油的输入、输出管路 12，管路呈螺旋状嵌装在机壳内 15，定子叠片被紧密地压装在定子机壳 15 内壁，定子的发热一方面通过机壳 15 散出，一方面通过冷却油 5 带出至外接的热交换装置。

第一、第二伺服驱动器 6、11 根据两速度位置传感器 13、16 的反馈，按运行要求分别对第一、第二电机的绕组加载不同的电流矢量，对二电机进行扭矩伺服控制，即可控制第一、第二电机分别工作于发电机或电动机状态，当二电机工作于发电机状态通过其伺服驱动器向公共母线输出电能，工作于电动机则通过其伺服驱动器由公共母线吸取电能。

本发明设计的级联式电机组件实施例 2 结构如图 2 所示，包括第一电机和第二电机，第一电机包括第一转子 3 和第二转子 4，

第一转子 3 内侧安装有永磁磁极，第二转子 4 安装有绕制在铁芯上的绕组，绕组通过安装在第二转子输出轴 8 上的滑环 17 与第一伺服驱动器 6 连接。第一转子 3 的轴是双联电机的输入轴，与发动机 1 的输出轴 2 直接连接，第二转子的轴是双联电机输出轴。

5 第二电机包括第三转子 9 和定子 10，定子 10 固定于机壳 15，第三转子 9 上安装有永磁磁极，定子 10 安装有绕制在铁芯上的绕组，绕组直接与第二伺服驱动器 11 连接。第三转子与第一电机的第二转子同输出轴 8。输出轴 8 上安装输出齿轮 7，输出齿轮 7 与外部负载连接。在第一转子 3 的轴上安装有第一速度/位置传

10 感器 13，连接第一伺服驱动器 6，第二转子与第三转子的共轴上安装有第二速度/位置传感器 16，连接第一与第二伺服驱动器 6、11。第一、第二伺服驱动器 6、11 均与公共母线连接，第一、第二电机分别通过其伺服驱动器吸收电能或输出电能。

所述输出轴上的输出齿轮 7 位于第二转子 4 与第三转子 9 之

15 间；或者，第三转子 9 位于第二转子 4 与输出齿轮 7 之间。

在第一电机机壳 14 底部，设计了一个循环冷却油装置，内装循环冷却油 5，冷却油从冷却油管路 12 的输入口进入，喷溅到第二转子 4 上，经第二转子 4 的旋转，飞溅到电机内壁，汇集至底部的循环冷却油储油装置，从输出口流出。在机壳底部储有一定

20 量的冷却油，油面以接触到第一转子 3 的金属部件但低于第一转子 3 与第二转子 4 形成的气隙最低点为宜，液面太高会增加旋转的阻力，液面太低会影响第一转子 3 与冷却液之间的热交换。

在第二电机机壳 15 上，安装装有冷却油的输入、输出管路 12，管路呈螺旋状嵌装在机壳内 15，定子叠片被紧密地压装在定子机

25 壳 15 内壁，定子的发热一方面通过机壳 15 散出，一方面通过冷却油 5 带出至外接的热交换装置。

第一、第二伺服驱动器 6、11 根据两速度位置传感器 13、16 的反馈，按运行要求分别对第一、第二电机的绕组加载不同的电流矢量，对二电机进行扭矩伺服控制，即可控制第一、第二电机

30 分别工作于发电机或电动机状态，当二电机工作于发电机状态通过其伺服驱动器向公共母线输出电能，工作于电动机则通过其伺服驱动器由公共母线吸取电能。

在发动机 1 运行的情况下，该双联电机第一转子 3 在与其直接连接的外部发动机 1 的机械动能驱动下转动，第一伺服驱动器 6 根据两个速度/位置传感器 13、16 获得的位置、速度信号，向第一电机的第一或第二转子 3、4 的第一绕组加载电流矢量，对第一电机进行扭矩伺服控制，使得第一电机内第一转子 3 之间产生电磁作用力，对发动机 1 施加负载扭矩。第一电机第二转子 4 同时受到发动机 1 轴的反作用力，该反作用力通过输出齿轮 7 传递到外部负载、直接对外做功，即发动机 1 的功率直接传递到负载侧，称透过功率。沿着发动机 1 的转动方向，如果第二转子 4 转动速度低于第一转子 3 的转速，则第一电机处于发电机状态运行；如果第二转子 4 转动速度高于第一转子 3 的转速，则第一电机处于电动机状态运行，它由第一伺服驱动器 6 吸取的电能转换为第二转子 4 的动能，与发动机 1 通过电磁作用送过来的能量一起送至输出轴。与此同时，与第一电机第二转子 4 共轴的第二电机的第三转子也随之转动，第二伺服驱动器 11 根据第二速度/位置传感器 16 获得的位置、速度信号，对第二电机的定子 10 或第三转子 9 的绕组加载电流矢量对第二电机进行伺服控制，当第二电机的第三转子 9 得到的扭矩方向与其旋转方向相同，第二电机从外部吸取电能工作于电动机状态，第三转子 9 转动的动能也通过输出齿轮 7 对外部负载做功；反之当第二电机的定子 9 或第三转子 10 的绕组得到的电流矢量使其转子得到的扭矩方向与其旋转方向相反，则第二电机处于发电机状态运行，将输出轴上的机械能量转变为电能。

权 利 要 求

1. 一种级联式电机组件的伺服控制系统，包括：第一电机和第二电机，其中第一电机包括彼此电磁耦合的第一转子和第二转
5 子，第二电机包括彼此电磁耦合的定子和第三转子，第一转子的轴为该级联式电机组件的输入轴，第二转子的轴与第三转子共轴且作为该级联式电机组件的输出轴，第一转子的轴与发动机的输出轴直接连接，其特征在于：

所述级联式电机组件的伺服控制系统还包括与该第一电机相
10 关联的第一伺服驱动器和与该第二电机相关联的第二伺服驱动器，该第一伺服驱动器根据运行情况对第一转子和第二转子之间的耦合扭矩进行伺服控制；该第二伺服驱动器根据运行情况对定子和第三转子之间的耦合扭矩进行伺服控制。

2. 根据权利要求 1 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，
15 其特征在于：在第一转子的轴上安装有第一速度/位置传感器，该第一速度/位置传感器连接到第一伺服驱动器；在第二转子与第三转子的共轴上安装有第二速度/位置传感器，该第二速度/位置传感器连接第一与第二伺服驱动器，该第一伺服驱动器响应于扭矩设定及该第一、第二速度/位置传感器的反馈信号对第一转
20 子和第二转子之间的耦合扭矩进行伺服控制，以实现发动机工作点独立于整车运行状态的独立调节；该第二伺服驱动器响应于扭矩设定及该第二速度/位置传感器的反馈信号对定子和第三转子之间的耦合扭矩进行伺服控制，以实现第二电机对整车的驱动。

3. 根据权利要求 1 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，
25 其特征在于：所述第一电机为永磁同步电机，其中在所述第一转子和第二转子其中的一个上安装有永磁磁极，在所述第一转子和第二转子其中的另一个上安装有绕制在铁芯上的第一绕组；所述第二电机为永磁同步电机，其中在所述第三转子和定子其中的一个上安装有永磁磁极，在所述第三转子和定子其中的另一个上安
30 装有绕制在铁芯上的第二绕组。

4. 根据权利要求 3 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，其特征在于：所述第一绕组通过安装在所在轴上的滑环与第一伺

服驱动器连接，以获得到第一伺服驱动器的控制电流；所述第二绕组布置成以下情形之一：该绕组布置在定子上并直接与第二伺服驱动器连接；该绕组布置在第三转子上并经安装在所述输出轴上的滑环与第二伺服驱动器连接。

5 5. 根据权利要求 2 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，其特征在于：在实现发动机工作点独立调节的同时将发动机加载扭矩直接输出到输出轴上。

6. 根据权利要求 1 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，其特征在于：第一电机与第二电机的扭矩伺服控制互相独立，可以独立运行于功率透过、发电储能、用电做功或制动回馈电能状态。

7. 根据权利要求 6 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，其特征在于：如果该第一电机的第二转子转动速度低于第一转子的转速，则第一电机处于发电机状态运行；如果该第一电机的第二转子转动速度高于第一转子的转速，则第一电机处于电动机状态运行。

8. 根据权利要求 7 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，其特征在于：当第一电机处于电动机状态运行时，由第一伺服驱动器吸取的电能转换为第二转子的动能，与发动机传递过来的动能一起送至输出轴。

9. 根据权利要求 6 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，其特征在于：当第二伺服驱动器控制第二电机，使得第三转子所获得的扭矩方向与第二电机转子旋转方向相同时，第二电机吸取电能工作于电动机状态；反之当第三转子得到的扭矩方向与其旋转方向相反时，则第二电机处于发电机状态运行，将输出轴上的机械能转变为电能。

10. 根据权利要求 6 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，其特征在于：当第一电机或第二电机工作于发电机状态时，通过其对应的伺服驱动器向公共母线输出电能，反之，工作于电动机状态时，则通过其伺服驱动器由公共母线吸取电能。

11. 根据权利要求 6 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，其特征在于：第一、第二电机的扭矩直接在输出轴上叠加后输出，

以实现整车驱动的协同出力。

12. 根据权利要求 1 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，其特征在于：所述第一电机和第二电机为永磁无刷电机。

13. 根据权利要求 1 所述的级联式电机组件的伺服控制系统，
5 其特征在于：在第一、第二电机之间的输出轴上安装有输出齿轮，该输出齿轮与外部负载连接。

14. 一种包含如权利要求 1-13 中任一项所述的级联式电机组件的伺服控制系统的混合动力车。

15 15. 将权利要求 1-13 中任一项所述的级联式电机组件的伺服控制系统用于混合动力车，以进行功率传递、发电储能、用电做功或制动回馈电能其中之一的用途。

16. 一种用于如权利要求 1-13 中任一项所述的级联式电机组件的伺服控制系统的冷却结构，其特征在于：在第一电机机壳底部，设有一个循环冷却油装置，内装循环冷却油，冷却油从冷却
15 油管路的输入口进入，从输出口流出，在机壳底部储有一定量的冷却油，油面以接触到第二转子金属部件但低于第一转子与第二转子形成的气隙的最低点为宜，第二转子金属部件将热传导至所接触的冷却油，经冷却油带出到外接的热交换装置。

17. 根据权利要求 16 所述的冷却结构，其特征在于：在第二
20 电机机壳上，安装装有冷却油的输入、输出管路，该输入、输出管路呈螺旋状嵌装在机壳内，定子叠片被压装在定子机壳内壁，定子的发热一方面通过机壳散出，一方面通过冷却油带出至外接的热交换装置。

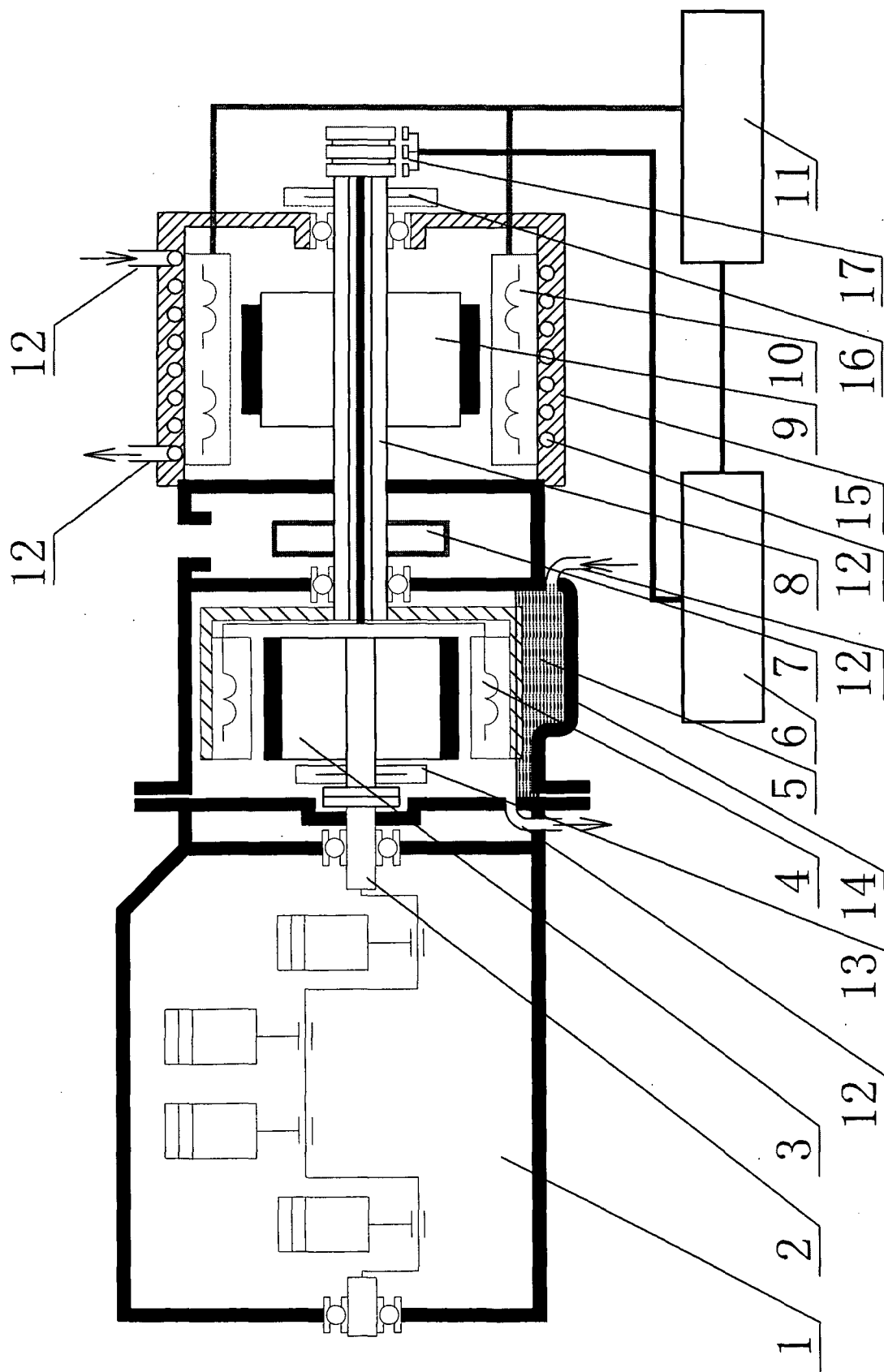


图 1

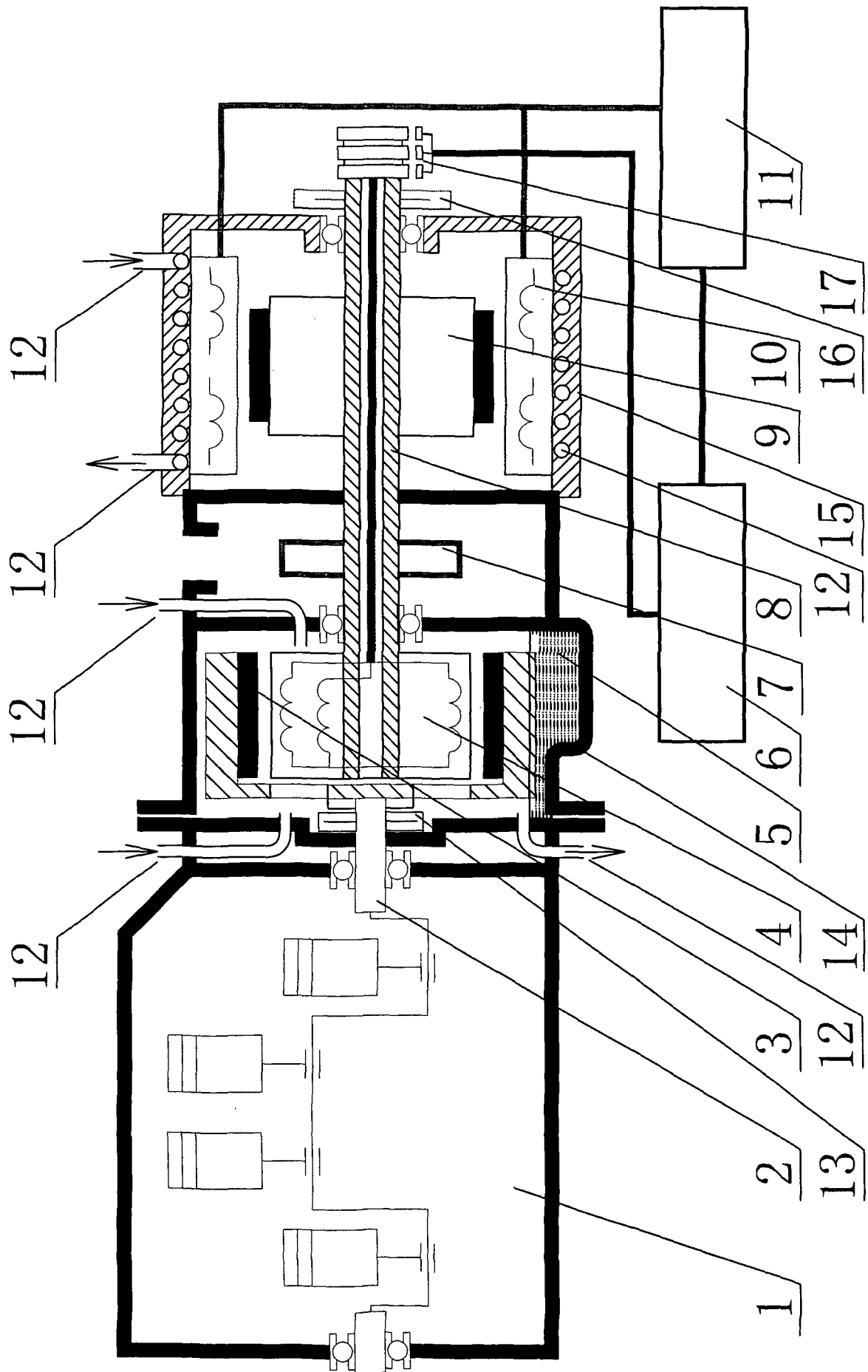


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2007/002599

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <p style="text-align: center;">See Extra Sheet</p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>				
B. FIELDS SEARCHED <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)</p> <p style="text-align: center;">IPC: H02P, H02K, B60L, B60K, B60W</p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched</p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p> <p style="text-align: center;">CPRS; WPI; EPODOC; PAJ rotor, stator, shaft, axis, axes, axial, engine, motor, generate, electrical machine, hybrid, combine, power, speed, velocity</p>				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	US 5973460 A (Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha) 26 Oct. 1999(26.10.1999) See column 9, line 20 to column 22, line 11 of the description, figures 1-12	1-3, 5-15		
Y		4, 16		
A		17		
Y	CN 1738163 A (CHINA AUTOMOTIVE TECHNOLOGY RES CENT) 22 Feb. 2006(22.02.2006) See pages 7-9 of the description, figures 2 and 8	4, 16		
A		17		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&”document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&”document member of the same patent family</p>
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&”document member of the same patent family</p>			
Date of the actual completion of the international search 20 Dec. 2007(20.12.2007)		Date of mailing of the international search report 24 Jan. 2008 (24.01.2008)		
Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451		Authorized officer XU, Xiaojuan Telephone No. (86-10)62411872		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2007/002599

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5744895 A (Nippondenso Co., Ltd) 28 Apr. 1998(28.04.1998) See column 4, line 20 to column 10, line 27 of the description, figures 1-6	1-15
A	JP 11-187614 A (DENSO CORP) 9 Jul. 1999(09.07.1999) The whole document	1-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2007/002599

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 5973460 A	26.10.1999	JP 9266601 A	07.10.1997
		JP 3003573 B2	31.01.2000
		EP 1340645 A	03.09.2003
		DE 69721890 D	18.06.2003
		EP 0800951 A	15.10.1997
		DE 69721890 T	13.05.2004
CN 1738163 A	22.02.2006	NONE	
US 5744895 A	28.04.1998	EP 0725474 A	07.08.1996
		JP 8340663 A	24.12.1996
		JP 9023509 A	21.01.1997
		JP 9130916 A	16.05.1997
		CN 1141859 A	05.02.1997
		JP 9056010 A	25.02.1997
		JP 9056126 A	25.02.1997
		JP 9121404 A	06.05.1997
		JP 9182211 A	11.07.1997
		JP 9215110 A	15.08.1997
		US 5917248 A	29.06.1999
		DE 69616842 D	20.12.2001
		DE 69616842 T	20.06.2002
JP 11-187614 A	09.07.1999	WO 9932322 A	01.07.1999

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2007/002599

Continuation of: A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02P 6/04 (2006.01)i

B60L 11/00 (2007.10)i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2007/002599

A. 主题的分类		
见附加页		
按照国际专利分类表(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
IPC: H02P, H02K, B60L, B60K, B60W		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
CPRS; WPI; EPODOC; PAJ 转子, 定子, 轴, 发动机, 电机, 马达, 电动机, 发电, rotor, stator, shaft, axis, axes, axial, engine, motor, generate, electrical machine, hybrid, combine, power, speed, velocity		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	US 5973460 A (Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha) 26.10 月 1999(26.10.1999) 见说明书第 9 栏第 20 行至第 22 栏第 11 行以及附图 1-12	1-3, 5-15
Y		4, 16
A		17
Y	CN 1738163 A (中国汽车技术研究中心) 22.2 月 2006(22.02.2006) 见说明书第 7-9 页以及附图 2 和 8	4, 16
A		17
<input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在 C 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 20.12 月 2007(20.12.2007)		国际检索报告邮寄日期 24.1 月 2008 (24.01.2008)
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号: (86-10)62019451		授权官员 项晓娟 电话号码: (86-10) 62411872

C(续). 相关文件		
类 型	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	US 5744895 A (Nippondenso Co., Ltd) 28.4 月 1998(28.04.1998) 见说明书第 4 栏第 20 行至第 10 第 27 行以及附图 1-6	1-15
A	JP 11-187614 A (DENSO CORP) 9.7 月 1999(09.07.1999) 全文	1-17

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2007/002599

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
US 5973460 A	26.10.1999	JP 9266601 A	07.10.1997
		JP 3003573 B2	31.01.2000
		EP 1340645 A	03.09.2003
		DE 69721890 D	18.06.2003
		EP 0800951 A	15.10.1997
		DE 69721890 T	13.05.2004
CN 1738163 A	22.02.2006	无	
US 5744895 A	28.04.1998	EP 0725474 A	07.08.1996
		JP 8340663 A	24.12.1996
		JP 9023509 A	21.01.1997
		JP 9130916 A	16.05.1997
		CN 1141859 A	05.02.1997
		JP 9056010 A	25.02.1997
		JP 9056126 A	25.02.1997
		JP 9121404 A	06.05.1997
		JP 9182211 A	11.07.1997
		JP 9215110 A	15.08.1997
		US 5917248 A	29.06.1999
		DE 69616842 D	20.12.2001
		DE 69616842 T	20.06.2002
JP 11-187614 A	09.07.1999	WO 9932322 A	01.07.1999

接 A.主题的分类

H02P 6/04 (2006.01)i

B60L 11/00 (2007.10)i