



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107585059 A

(43)申请公布日 2018.01.16

(21)申请号 201710514681.7

(22)申请日 2017.06.29

(30)优先权数据

16178247.9 2016.07.06 EP

(71)申请人 沃尔沃汽车公司

地址 瑞典哥德堡

(72)发明人 L·约翰松 K·克朗 T·蒂林格

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 蔡洪贵

(51)Int.Cl.

B60L 15/20(2006.01)

B60L 7/10(2006.01)

B60L 11/18(2006.01)

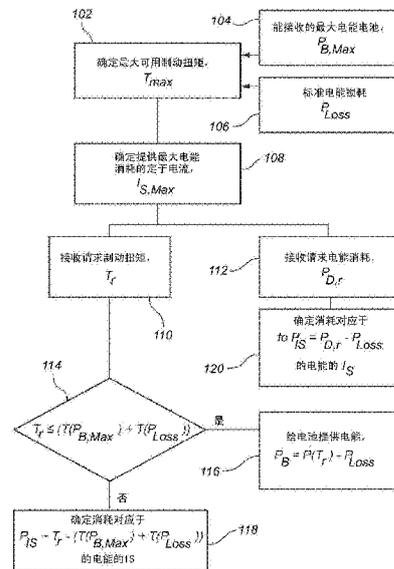
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

电能消耗扭矩控制器

(57)摘要

提供了用于控制在用于混合电动车辆的电驱动系统中电能消耗的方法和控制系统,包括确定在电驱动系统中提供最大可实现电能消耗的电机的定子电流并且确定电机的最大可用制动扭矩。



1. 一种用于控制用于混合电动车辆的电驱动系统中电能消耗的方法,控制系统包括:  
齿轮组或齿轮箱(202);  
连接于所述齿轮组或齿轮箱的轴的电机(208);  
可操作地连接于所述电机的可再充电电池(211);以及  
被配置为控制所述齿轮箱和所述电机的控制单元(214);其中所述方法包括如下步骤:  
基于电池能接收(104)的最大电能以及电驱动系统(106)中的总标准电能消耗确定(102)电机的用于给定的运行条件组的最大可用制动扭矩;  
确定(108)提供所述电驱动系统中用于一定轴扭矩值的最大可实现电能消耗的定子电流;  
接收(110)用于电机的低于或等于最大可用制动扭矩的请求制动扭矩,或接收(112)低于或等于所述电驱动系统中最大可实现电能消耗的请求电能消耗;  
如果请求制动扭矩等于或低于用于提供对应于电池能够接收的最大电能与总电能消耗的总和的电能所需的扭矩,则通过给电池提供(116)对应于所述请求制动扭矩与总标准电能消耗之差的电能来提供所述请求制动扭矩;并且  
如果所述请求制动扭矩超过用于提供对应于电池能够接收的最大电能和总标准电能消耗的总和的电能所需的扭矩,则确定(118)在实现所述请求制动扭矩的同时将消耗所需额外电能的电机定子电流;并且  
如果请求电能消耗,则确定(120)导致所述请求电能消耗的定子电流。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,确定提供电驱动系统中最大可实现电能消耗的定子电流包括确定电机损耗和变换器损耗。
3. 根据前述权利要求任意一项所述的方法,其中,确定在实现所述请求制动扭矩的同时将消耗所需额外电能的电机定子电流矢量包括沿恒定扭矩线修改定子电流的每安培最高扭矩MTPA。
4. 根据前述权利要求任意一项所述的方法,进一步包括确定所述电机的用于不同操作条件范围的多个最大可用制动扭矩以及存储多个可用制动扭矩。
5. 根据前述权利要求任意一项所述的方法,其中,所述操作条件包括定子绕组温度、变换器直流电压、所述电机的速度以及来自所述电机的输出扭矩。
6. 根据前述权利要求任意一项所述的方法,其中,所述电驱动系统中的总标准电能消耗包括来自所述电机和来自车辆的耗电单元的损耗。
7. 根据前述权利要求任意一项所述的方法,其中,利用所述请求制动扭矩执行齿轮同步。
8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述请求制动扭矩是降低齿轮箱的轴的速度以便有利于切换为更高档位所需的扭矩。
9. 根据前述权利要求任意一项所述的方法,其中,利用所述请求制动扭矩增加用于执行车辆的电制动的扭矩窗口。
10. 根据前述权利要求任意一项所述的方法,其中,所述请求电能消耗被用于选择性地控制所述电机中和/或所述变换器中的附加加热。
11. 一种用于控制用于混合电动车辆的电驱动系统中电能消耗的控制系統,包括:  
齿轮组或齿轮箱(202);

连接于所述齿轮组或齿轮箱的轴的电机(208);以及

经由变换器可操作地连接于电机的可再充电电池(211),所述控制系统包括:

被配置为控制齿轮箱和电机的控制单元(214);其中,所述控制单元被配置为基于电池能接收的最大电能以及电驱动系统中的总标准电能消耗确定电机的用于给定运行条件组的最大可用制动扭矩;

确定提供电驱动系统中用于一定轴扭矩值的最大可实现电能消耗的定子电流;

接收用于电机的低于或等于最大可用制动扭矩的请求制动扭矩,或接收低于或等于最大可实现电能消耗的请求电能消耗;

如果请求制动扭矩等于或低于用于提供对应于电池能够接收的最大电能和总电能消耗的总和的电能所需的扭矩,则通过给电池提供对应于请求制动扭矩与总标准电能消耗之差的电能来提供所述请求制动扭矩;并且

如果所需的请求制动扭矩超过用于提供对应于电池能够接收的最大电能和总标准电能消耗的总和的电能所需的扭矩,则确定在实现所述请求制动扭矩的同时将消耗所需额外电能的电机定子电流;并且

如果请求电能消耗,则确定导致所请求电能消耗的定子电流。

12. 根据权利要求11所述的控制系统,其中,所述齿轮箱是双离合器变速齿轮箱,其中所述电机可操作地连接于两个离合器之一的轴。

13. 根据权利要求11或12所述的控制系统,其中,所述控制单元进一步被配置为通过确定电机损耗和变换器损耗来确定提供电驱动系统中最大可实现电能消耗的定子电流。

14. 根据权利要求11-13任意一项所述的控制系统,其中,所述控制单元进一步被配置为通过沿恒定扭矩线修改每安培定子电流最高扭矩MTPA来确定在实现所需制动扭矩的同时将消耗所需额外电能的电机定子电流。

15. 根据权利要求11-14任意一项所述的控制系统,其中,所述控制单元进一步被配置为确定电机的用于不同操作条件范围的多个最大可用制动扭矩以及存储多个可用制动扭矩。

## 电能消耗扭矩控制器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于混合电动车辆的控制系统。特别地,本发明涉及用于在混合电动车辆的电驱动系统中消耗功率的系统和方法。

### 背景技术

[0002] 用于混合电动车辆的动力系统单元(powertrain unit)典型地包括连接于传动系统的轴的电机,使得传动系可用于纯电力推进模式或其中内燃发动机(ICE)也运行并贡献推进力的混合电动模式。

[0003] 混合电动车辆的推进系统也包括用于向电驱动系统提供动力的可再充电电池。电池也可例如在车辆的再生制动(regenerative braking)期间通过电驱动系统充电。

[0004] 但是,电池并非一直能够接收电机产生的所有电能。例如,如果电池充满电或几乎满电,或如果电池温度非常低,则电池仅仅能够接收少量的电能。因此,在某些操作条件期间,通过电机产生的多余电能不能被传递至电池。

[0005] US8880259公开了在混合电动车辆中操作电马达的马达控制设备和方法。特别地,US8880259涉及在用于实现降速再生制动的电马达中提供制动扭矩。在所述的马达控制设备中,马达控制单元被配置为基于电池的状态在标准操作模式和电能消耗模式之间选择。在电能消耗马达控制操作期间,来自制动扭矩的动力在电马达的定子绕组中消耗而不向电池产生任何电能。

[0006] 但是,US8880259的马达控制单元仅仅应对两个不同的操作模式,即标准操作和全电能消耗。因此,期望一种能够适应混合电动车辆中一定范围的不同应用情形的改进系统和方法。

### 发明内容

[0007] 鉴于上述以及现有技术的其它缺陷,本发明的一个目的是提供一种用于控制混合电动车辆中电能消耗的改进方法和控制系统。

[0008] 根据本发明的第一方面,提供了一种用于控制用于混合电动车辆的电驱动系统中电能消耗的方法,所述控制系统包括:齿轮组或齿轮箱;连接于齿轮组或齿轮箱的轴的电机;可操作地连接于电机的可再充电电池;以及被配置为控制齿轮箱和电机的控制单元;其中所述方法包括如下步骤:基于电池能接收的最大电能和电驱动系统中的总标准电能损耗确定电机的给定运行条件组下的最大可用制动扭矩;确定提供电驱动系统中用于一定轴扭矩值的最大可实现电能消耗的定子电流;接收用于电机的低于或等于最大可用制动扭矩的请求制动扭矩,或接收低于或等于最大可实现电能消耗的请求功率消耗;如果请求制动扭矩等于或低于提供对应于电池能够接收的最大电能和所述总电能消耗的总和的电能所需的扭矩,则通过向电池提供对应于所请求制动扭矩与总标准电能消耗之差的电能来提供请求制动扭矩;并且如果所述请求制动扭矩超过用于提供对应于电池能够接收的最大电能和总标准电能消耗的总和的电能所需的扭矩,则确定在实现所需的制动扭矩的同时将消耗该

额外电能的电机定子电流；并且如果请求电能消耗，则确定导致请求电能消耗的定子电流。

[0009] 本发明涉及一种用于混合电动汽车的电驱动系统，其中可再充电电池可操作地连接于被配置为贡献车辆推进力的电机。电池可操作地连接于电机意味着电池可向用于产生扭矩的电机提供动力，并且电机可产生电能随后电能被供至电池以为电池充电。

[0010] 虽然控制单元此处被描述为一个单元，但是本领域技术人员认识到控制单元可包括多个处理单元例如微控制器、ASICs、微处理器等等。在一个车辆应用中，控制功能可能散布在若干控制单元上。

[0011] 这里假定了向负责请求来自电驱动系统的制动扭矩或电能消耗的车辆的控制功能提供确定的最大可用制动扭矩值，因此请求制动扭矩或电能消耗不超过最大值。

[0012] 当定子电流被确定为使得电机以最大效率操作时，其中定子电流被确定为带有一致电压限制的最高扭矩每安培 (MTPA) 电流，电驱动系统的可用制动扭矩和/或可能的电能消耗能力受到系统损耗和电池能接收的电能的限制。

[0013] 因此，本发明基于这样的认识：可能通过确定用于电机的导致附加损耗的定子电流（即电机并非在其最大效率下操作的定子电流）来扩展可用制动扭矩或电能消耗值的范围。藉此，获得电驱动系统使用时的更大灵活性，在下文中将通过所述示例进一步示出。

[0014] 可通过重新计算定子电流来扩展制动扭矩和电能消耗的可用范围，从而与其中可用制动扭矩被限制于系统功率损失和电池能接收的最大电能的上述情形相比提供电机和变换器中的额外电能消耗。

[0015] 总标准电能消耗可以被认为包括驱动系统的标准操作期间电驱动系统中的所有损耗，例如但不限于标准变换器和电机损耗和电阻损耗。因此，最大可实现电能消耗是标准电能消耗和由电机的定子电流的改进导致的附加损耗的组合。

[0016] 根据本发明的一个实施例，确定在电驱动系统中提供最大可实现电能消耗的定子电流矢量可包括确定用于给定定子电流的电机损耗和变换器损耗。应注意到，变换器损耗作为定子损耗的函数而变化，并且为了获得正确的结果，用于改进定子电流的变换器损耗应当属于确定的最大可实现电能消耗。

[0017] 根据本发明的一个实施例，确定电机将消耗所需额外电能的定子电流同时实现所需的制动扭矩可包括修改最高扭矩每安培MTPA电流。

[0018] 能够利用沿电流坐标系中恒定扭矩线的不同电流矢量实现请求的扭矩。通过偏离MTPA线，能利用另一个电流矢量实现相同扭矩，这就是电机绕组中如何实现电能消耗的。电能消耗的最大量受到电机中最大容许电流、最大可能电压和受到热磁局限性的限制。

[0019] 根据本发明的一个实施例，所述方法可进一步包括确定电机的用于不同操作条件范围的多个最大可用制动扭矩以及存储多个制动扭矩。通过访问用于不同操作条件的不同制动扭矩的存储范围，不需要计算用于给定操作条件的可用扭矩，这又使得可能连续地访问可用制动扭矩的正确值。不同的制动扭矩例如可以适当的格式存储在数据库中。

[0020] 根据本发明的一个实施例，操作条件可包括定子绕组温度、变换器直流电压、电机速度和/或来自电机的输出扭矩。所有所述操作条件影响电机的最大可用制动扭矩。例如，定子绕组温度影响绕组电阻，后者又影响绕组电流与绕组中功率损失之间的关系。

[0021] 根据本发明的一个实施例，电驱动系统中的总标准电能消耗包括来自所述电机和来自车辆耗电单元的损耗。电驱动系统损耗例如可包括变换器损耗即电力电子晶体管中的

转换和传导损耗,电阻电机定子损耗即铜损耗,以及电机的磁芯和阻力损耗即铁损耗和机械阻力损耗。耗电单元例如可为空调系统。标准电能消耗也可包括直流-直流变换器损耗。此外,如果期望的电能消耗超过最大可用电能消耗,则有可能利用可控附加载荷来消耗额外电能。

[0022] 根据本发明的一个实施例,可利用请求制动扭矩执行齿轮同步。知道可用扭矩的优点是能使用更简单的rpm调节器而不需饱和补偿(windup compensation)或处理由未实现的请求扭矩所致的剩余误差。这又导致总控制系统中的简化校准和检验。此外,简化的rpm调节也可导致分布式控制系统中的通信率增加。

[0023] 特别地,在本发明的一个实施例中,请求制动扭矩是减少齿轮箱的轴的速度从而有利于切换为更高档位所需的扭矩。

[0024] 根据本发明的一个实施例,可利用请求制动扭矩增加用于执行车辆电制动的扭矩窗口。这具有如下优点:能通过利用电机的可用制动扭矩增加电制动的最大可用量。

[0025] 根据本发明的一个实施例,请求电能消耗可用于选择性地控制电机中和/或变换器中的附加热,这又能用于降低冷却介质的粘性,这在极低温度下是期望的。

[0026] 根据本发明的第二方面,提供了一种控制用于混合电动车辆的电驱动系统中电能消耗的系统,所述控制系统包括:齿轮组或齿轮箱;连接于齿轮组或齿轮箱的轴的电机;以及经由变换器可操作地连接于电机的可再充电电池,控制系统包括被配置为控制齿轮箱和电机的控制单元;其中控制单元被配置为:基于电池能接收的最大电能和电驱动系统中的总标准电能损耗确定给定组运行条件下电机的最大可用制动扭矩;确定电驱动系统中提供用于一定轴扭矩值的最大可实现电能消耗的定子电流;接收用于电机的低于或等于最大可用制动扭矩的请求制动扭矩,或接收低于或等于最大可实现电能消耗的请求功率损耗;如果请求制动扭矩等于或低于用于提供对应于电池能够接收的最大电能和所述总电能消耗的总和的电能所需的扭矩,则通过向电池提供对应于所述请求制动扭矩与总标准电能消耗之差的电能来提供请求制动扭矩;并且如果请求制动扭矩超过用于提供对应于电池能够接收的最大电能和总标准电能消耗的总和的电能所需的扭矩,则确定电机仍然实现请求制动扭矩的同时将消耗所需额外电能的定子电流;并且如果请求电能消耗,则确定导致请求电能消耗的定子电流。

[0027] 根据本发明的一个实施例,齿轮箱可以是双离合器变速齿轮箱,其中电机可操作地连接于所述两个离合器之一的轴,并且其中另一个轴连接于内燃发动机(ICE)。藉此,齿轮箱能够通过控制双离合器在纯电力牵引模式下、混合电动模式下或ICE模式下操作。这又使得电机可用于不同模式下的不同目的。

[0028] 本发明第二方面的效果和特征大部分类似于结合本发明第一方面如上所述的那些。

[0029] 还提供了一种控制用于混合电动车辆的电驱动系统中电能消耗的方法,所述控制系统包括:齿轮组或齿轮箱;连接于齿轮组或齿轮箱的轴的电机;可操作地连接于电机的可再充电电池;以及被配置为控制齿轮箱和电机的控制单元;其中方法包括如下步骤:基于电池能接收的最大电能和电驱动系统中的总标准电能损耗确定给定组运行条件下电机的最大可用制动扭矩;接收用于电机的低于或等于最大可用制动扭矩的请求制动扭矩,并且如果请求制动扭矩等于或低于用于提供对应于电池能够接收的最大电能和总电能消耗的总和

的电能所需的扭矩,则通过向电池提供对应于请求制动扭矩与总标准电能消耗之差的电能来提供请求制动扭矩;并且如果请求制动扭矩超过用于提供对应于电池能够接收的最大电能和总标准电能消耗的总和的电能所需的扭矩,则确定电机将实现请求制动扭矩的同时消耗所需额外电能的定子电流。

[0030] 还提供了一种控制用于混合电动车辆的电驱动系统中电能消耗的方法,所述控制系统包括:齿轮组或齿轮箱;连接于齿轮组或齿轮箱的轴的电机;可操作地连接于电机的可再充电电池;以及被配置为控制齿轮箱和电机的控制单元;其中所述方法包括如下步骤:确定在电驱动系统中提供用于某个轴扭矩值的最大可实现电能消耗的定子电流;接收低于或等于电驱动系统中最大可实现电能消耗和总标准电能消耗的总和的请求功率耗损;并且确定对应于请求功率耗损与总标准电能消耗之差的定子电流。

[0031] 当研究所附权利要求和随后的描述时本发明的其它特征和优点变得更为清楚。本领域技术人员认识到,本发明的不同特征可以组合从而产生在下文中描述的那些之外的实施例而不脱离本发明的范围。

## 附图说明

[0032] 现在将参照示出本发明实施例的附图更详细地描述本发明的这些及其它方面,其中:

[0033] 图1是描绘根据本发明实施例的方法的一般步骤的流程图;

[0034] 图2示意性地示出根据本发明实施例的混合电动车辆的电驱动系统;并且

[0035] 图3是示意性地示出用于根据本发明实施例的电机(electrical machine)的定子电流的图形。

## 具体实施方式

[0036] 在本详细说明中,参照用于包括双离合器传动装置的混合电动车辆的电驱动系统主要描述了根据本发明的方法和系统的各种实施例。但是,本发明的一般概念同样适用于利用其它传动装置构造的混合驱动系统。

[0037] 图1是描绘根据本发明实施例的方法的一般步骤的流程图。将进一步参照示意性地示出用于混合电动车辆的电驱动系统的图2论述图1的方法。

[0038] 图2示出包括齿轮组或齿轮箱202的电驱动系统200。齿轮箱202在此被示为双离合器变速齿轮箱202,其包括连接于相应的第一和第二轴206a、206b的第一和第二离合器204a、204b。电机208可操作地连接于齿轮箱202的第二轴206b,其在当前示例中被认为代表齿轮箱202的偶数齿轮(even gears)。齿轮箱202进一步被设置为从内燃发动机(ICE) 210接收动力。可充电电池211经由变换器(invert)和变换器控制器单元212可操作地连接于电机208。

[0039] 所述系统进一步包括被配置为控制齿轮箱202和电机208的控制单元214,并且发动机控制模块(ECM) 216控制内燃发动机210的操作。各个控制单元和组件连接于用于彼此通信和与车辆内其中设置驱动系统的其它组件通信的公共通信接口例如CAN总线。但是,本领域技术人员认识到,通过使用一个或多个专用或一般目的控制单元能够以很多不同的方式获得所述功能。

[0040] 图1描绘的方法包括基于电池210能接收的最大电能 $P_{B,Max}$ 104和电驱动系统200中的总标准电能损耗 (total normal power losses)  $P_{Loss}$ 106确定102电机208的用于给定操作条件组的最大可用制动扭矩 $T_{Max}$ 。接下来,确定108提供电驱动系统中用于一定轴扭矩值的最大可实现电能消耗 $P_{D,Max}$ 的定子电流 $I_{S,Max}$ 。

[0041] 最大可用制动扭矩 $T_{Max}$ 因而被确定为向电池提供最大电能所需的扭矩、标准电能消耗和最大可实现电能消耗的总和,即 $T_{Max} \sim (P_{B,Max} + P_{Loss} + P_{D,Max})$ 。

[0042] 接下来,方法包括接收110用于电机的低于或等于最大可用制动扭矩 $T_{Max}$ 的请求制动扭矩 $T_r$ ,或接收112低于或等于电驱动系统中最大可实现电能消耗 $P_{D,EM}$ 和总标准电能损耗 $P_{Loss}$ 的总和的请求电能消耗 $P_{D,r}$ 。由于已经确定了用于给定操作条件组的最大可用制动扭矩,因此该值能被传送至车辆的其它功能使得请求制动扭矩 $T_r$ 不超过用于给定操作条件组的可用扭矩 $T_{Max}$ 。此外,请求电能消耗 $P_{D,r}$ 通过被限制不超过最大可用电能消耗 $P_{D,Max} = P_{D,EM} + P_{Loss}$ 。

[0043] 此外,可确定用于大范围操作条件的最大可用制动扭矩 $T_{Max}$ 从而产生扭矩映射,例如查找表形式的扭矩映射,藉此消除了重新计算可用扭矩的需要并且增加了系统的响应性和速度,因为不需要执行联机计算即可确定可用扭矩值。考虑到的不同操作条件可例如包括定子绕组温度、给变换器的直流电压、电机速度和来自电机的输出扭矩。此外,可分析地或完全根据经验地确定用于不同的运行条件的最大可用制动扭矩 $T_{Max}$ 值。

[0044] 接下来,确定114请求制动扭矩 $T_r$ 是否等于或低于提供对应于电池能接收的最大电能 $P_{B,Max}$ 和总电能消耗 $P_{Loss}$ 的总和的电能所需的扭矩。如果是这种情形,则通过向电池提供116对应于请求制动扭矩与总标准电能消耗之间差异的电能来提供请求制动扭矩 $T_r$ ,即 $P_B = P(T_r) - P_{Loss}$ 。

[0045] 另一方面,如果确定114请求制动扭矩超过提供对应于电池能接收的最大电能和总电能消耗的总和的电能所需的扭矩,则确定118在实现所需制动扭矩的同时将消耗所需的额外电能 $P_{IS}$ 的电机定子电流 $I_S$ ,即 $P_{IS} \sim T_r - (T(P_{B,Max}) + T(P_{Loss}))$ 。

[0046] 如果有用于消耗额外电能 $P_{D,r}$ 的请求,则所述方法包括确定120对应于请求电能消耗 $P_{D,r}$ 与总标准电能消耗 $P_{Loss}$ 之间的差异的定子电流 $I_S$ 。

[0047] 确定108提供电驱动系统中最大可实现电能消耗 $P_{D,Max}$ 的定子电流 $I_{S,Max}$ 的步骤可包括确定电机自身的损耗和变换器损耗二者的步骤,因为变换器损耗是电机中固有的,并且因为变换器损耗还取决于供至电机的电流大小。

[0048] 图3是示出用于电机208的定子电流矢量 $I_s$ 的矢量表示法的示图。定子电流由dq-参照系中的d-和q-轴相电流表示,其中通过最大电流线限制定子电流以防破坏电机。在其中电机中不需要额外电能消耗的标准操作模式 (normal operating mode) 下,定子电流被确定为提供最大效率的最高扭矩/每安培 (MTPA) 电流 $I_{s1}$ 。为了增加电机中可能的电能消耗,重新计算定子电流。定子电流 $I_{s2}$ 被示为相对于 $I_{s1}$ 沿恒定扭矩线定位,即 $I_{s2}$ 提供了相同的输出扭矩但是效率降低。

[0049] 对于覆盖整个操作范围的电机速度和扭矩水平来说,计算导致电机定子中最高可实现定子电流 (MAPT-最大安培每扭矩) 以及电阻损耗的d-轴和q-轴电流,其中所考虑的电阻损耗 $P_{cu}$ 根据如下定义:

$$[0050] \quad P_{cu} = R_s \sqrt{i_d^2 + i_q^2}$$

[0051] 其中 $R_s$ 是定子绕组电阻。电流 $i_d$ 被限制以确保不发生永久去磁。

[0052] 可能通过修改定子电流 $I_{s1}$ 产生的附加损耗 $P_{add}$ 能大致通过增加的电阻损耗估算并确定为：

$$[0053] \quad P_{add} = \frac{3}{2} R_s (I_{s2}^2 - I_{s1}^2).$$

[0054] 在本发明的一个实施例中，利用请求制动扭矩执行齿轮同步。特别地，请求制动扭矩是减少齿轮箱202的第二轴204b速度从而有利于切换到更高的齿轮所需的扭矩。

[0055] 虽然已经参照其特定的例示实施例描述了本发明，很多不同的变化、改进等等对于本领域技术人员来说是显而易见的。同样应注意到，方法和系统的部件可被省略、替换或以其他方式设置，但方法和系统仍然能够完成本发明的功能。

[0056] 额外地，根据对附图、说明书和所附权利要求的研究，所公开实施例的变化很容易被实践所请求发明的本领域技术人员理解和执行。在权利要求中，单词“包括”不排除其它元件或步骤的存在，并且不定冠词“一个”不排除多个。某些测量值记载在彼此各异的从属权利要求中这个纯粹事实并不表明不能利用这些测量值的组合。

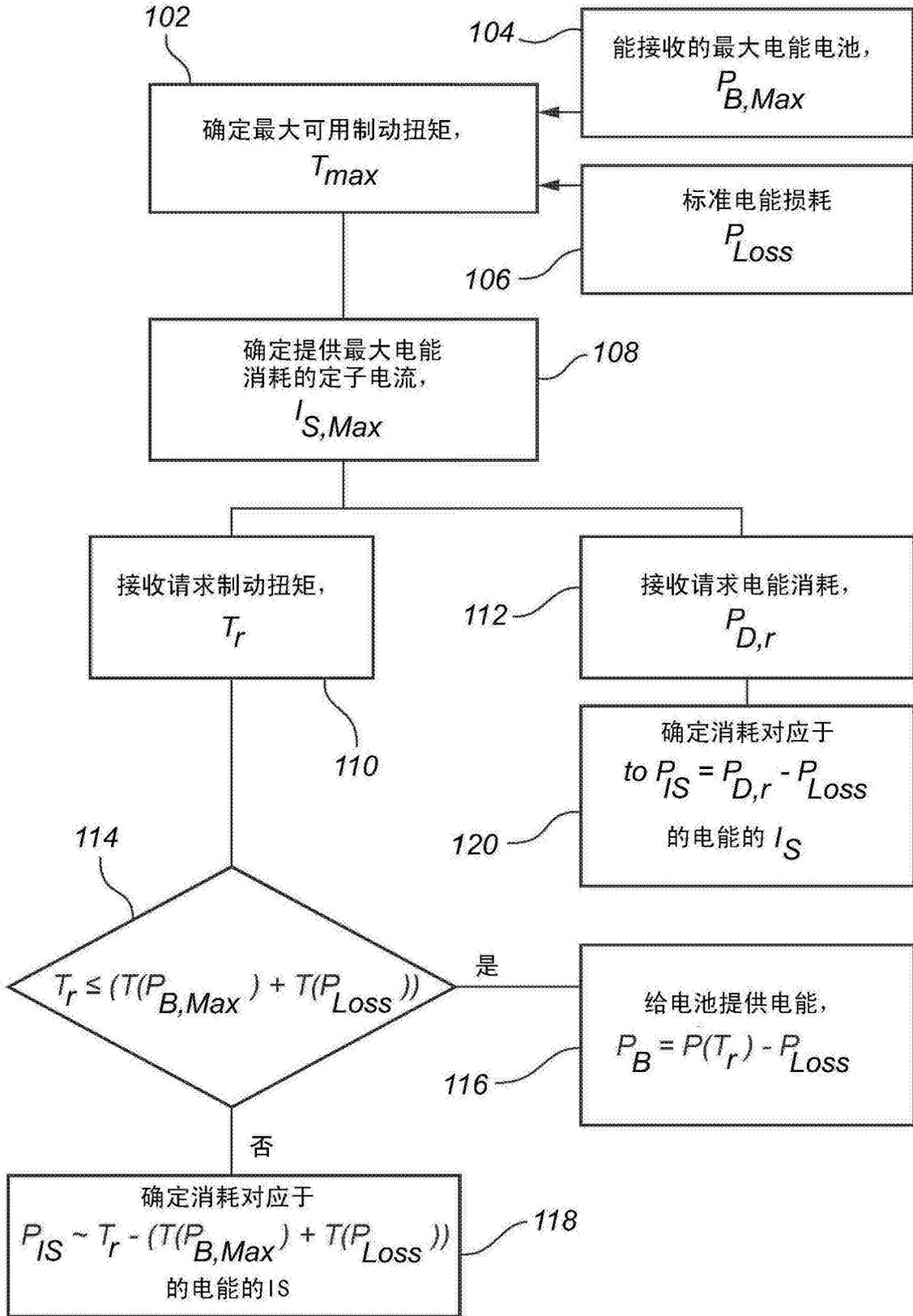


图1

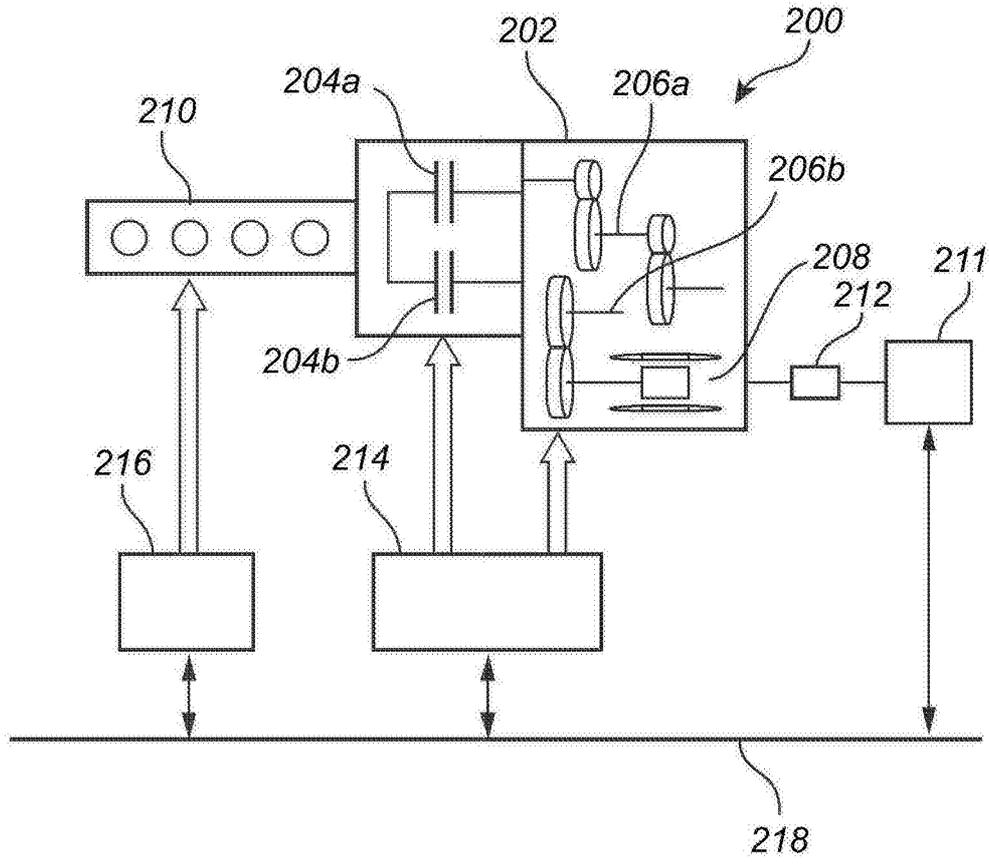


图2

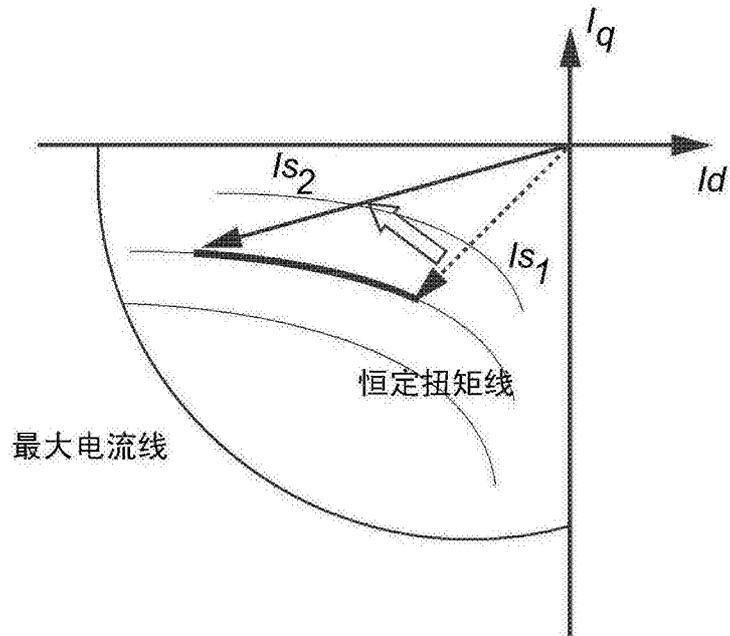


图3