



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103052794 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201180034622. 0

(22) 申请日 2011. 12. 28

(30) 优先权数据

2010-294142 2010. 12. 28 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 01. 14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/080421 2011. 12. 28

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/091102 JA 2012. 07. 05

(73) 专利权人 三菱重工业株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 若狭强志 篠田尚信 桥本雅之

山下幸生 名嘉丈博 八杉明

中岛巧

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 高培培 车文

(51) Int. Cl.

F03D 7/04(2006. 01)

F03D 7/02(2006. 01)

H02P 9/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101042111 A, 2007. 09. 26,

CN 101395369 A, 2009. 03. 25,

CN 1639462 A, 2005. 07. 13,

CN 1711675 A, 2005. 12. 21,

CN 1894837 A, 2007. 01. 10,

CN 1976210 A, 2007. 06. 06,

JP 2004-15854 A, 2004. 01. 15,

JP 2005-73418 A, 2005. 03. 17,

审查员 赵银凤

权利要求书2页 说明书11页 附图8页

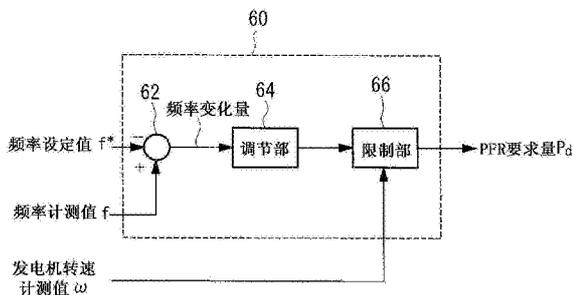
(54) 发明名称

风力发电装置的控制装置、风力发电系统及风力发电装置的控制方法

(57) 摘要

本发明目的在于防止使电力系统的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置无法向电力系统供给电力的情况。风车控制装置控制风力发电装置,该风力发电装置中,具有多个叶片的转子接受风而旋转,发电机因该转子的旋转而发电,向电力系统供给电力,并且,根据该电力系统的频率的变动而能够变更向电力系统供给的电力量。风力控制装置具备的减法器(62)算出风力发电装置的发电输出的频率计测值与该风力发电装置的发电输出的频率设定值之差即频率变化量,限制部(66)基于所述发电机的转速,限制减法器(62)算出的频率变化量所对应的电力变化量。

CN 103052794 B



1. 一种风力发电装置的控制装置,所述风力发电装置中,具有多个叶片的转子接受风而旋转,发电机因该转子的旋转而发电,向电力系统供给电力,并且,能够根据该电力系统的频率的变动而变更向电力系统供给的电力量,所述风力发电装置的控制装置具备:

计算单元,在所述电力系统产生频率的变动的情况下被输入用于使该变动恢复的频率的设定值,算出所述风力发电装置的发电输出的频率的计测值与所述频率的设定值之差即频率变化量;及

限制单元,基于所述发电机的转速来限制与通过所述计算单元算出的所述频率变化量对应的电力变化量。

2. 根据权利要求 1 所述的风力发电装置的控制装置,其中,

所述限制单元在所述发电机的转速为第一设定值以下时,将所述电力变化量设为预定的第一限制值,在所述发电机的转速为第二设定值以上时,将所述电力变化量设为比所述第一限制值大的预定的第二限制值,在所述发电机的转速超过第一设定值且小于第二设定值时,使所述电力变化量的限制值随着所述发电机的转速的上升而在从所述第一限制值到所述第二限制值之间上升。

3. 根据权利要求 1 所述的风力发电装置的控制装置,其中,

所述限制单元对所述电力变化量乘以规定的增益,

所述规定的增益在所述发电机的转速为第一设定值以下时为第一增益,在所述发电机的转速为第二设定值以上时为第二增益,在所述发电机的转速超过所述第一设定值时,所述规定的增益随着所述发电机的转速的上升而上升至比所述第一增益及所述第二增益高的第三增益,当达到该第三增益后,所述规定的增益向所述第二增益下降直至所述发电机的转速达到所述第二设定值。

4. 根据权利要求 1 所述的风力发电装置的控制装置,其中,

所述限制单元基于所述发电机的旋转的加速度,来校正所述电力变化量。

5. 根据权利要求 1 所述的风力发电装置的控制装置,其中,

所述限制单元基于所述发电机的转速、所述频率的计测值及相对于所述风力发电装置的风速,预测所述风力发电装置的发电输出的频率、相对于所述风力发电装置的风速的变动量,基于预测结果来校正所述电力变化量。

6. 一种风力发电系统,具备:

风力发电装置,具有多个叶片的转子接受风而旋转,发电机因该转子的旋转而发电,向电力系统供给电力,并且,能够根据该电力系统的频率的变动而变更向电力系统供给的电力量;及

根据权利要求 1 所述的风力发电装置的控制装置,控制所述风力发电装置。

7. 一种风力发电装置的控制方法,所述风力发电装置中,具有多个叶片的转子接受风而旋转,发电机因该转子的旋转而发电,向电力系统供给电力,并且,能够根据该电力系统的频率的变动而变更向电力系统供给的电力量,所述风力发电装置的控制方法包括:

第一工序,在所述电力系统产生频率的变动的情况下被输入用于使该变动恢复的频率的设定值,算出所述风力发电装置的发电输出的频率的计测值与所述频率的设定值之差即频率变化量;

第二工序,基于所述发电机的转速,限制与通过所述第一工序算出的所述频率变化量

对应的电力变化量。

风力发电装置的控制装置、风力发电系统及风力发电装置的控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及风力发电装置的控制装置、风力发电系统及风力发电装置的控制方法。

背景技术

[0002] 近年来,对于系统互连的风力发电装置,要求在距电力系统的干扰发生为预定的时间内(例如30秒以内)有助于电力系统的频率的变动的恢复(Primary Frequency Response:一次频率响应,以下,称为“PFR”)。

[0003] 在专利文献1中,记载了在PFR中,基于转子的转速、发电输出,而对输出的有效电力设置限制的内容。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:美国专利第7345373号说明书

发明内容

[0007] PFR通常根据设定频率与实际的频率(计测值)的偏差(频率变化量),使风力发电装置的发电输出增减,但在以不恒定的自然能量为动力源的风力发电装置中,与以气体的燃烧、蒸气等能够控制的稳定的能量为动力源的涡轮发电机(同步发电机)相比,转子的转速有时会较大地变动。

[0008] 因此,如图10所示,当为了进行PFR而追加要求的发电输出即PFR要求量过大时,例如,在转子的转速小时,若连转子具有的惯性力也使用于发电,则可能转子的转速低于脱离(解列)下限,而风力发电装置发生脱离。而且,例如转子的转速大时,若要求发电量进一步增加,则可能转子的转速超过过速度上限,而风力发电装置发生跳闸(输出切断)。需要说明的是,在跳闸时,除了转子的过旋转之外,有时也会引起过输出、过电流。

[0009] 这种PFR的执行中的风力发电装置的脱离、跳闸作为干扰而作用于电力系统,与未进行PFR时相比,可能使电力系统的频率更不稳定。而且,一旦跳闸时,到再起为止需要时间,因此风力发电装置无法实现使电力系统的频率恢复这一目的。

[0010] 本发明鉴于这种情况而作出,目的在于提供一种风力发电装置的控制装置、风力发电系统及风力发电装置的控制方法,其能够防止在使电力系统的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置无法向电力系统供给电力的情况。

[0011] 为了解决上述课题,本发明的风力发电装置的控制装置、风力发电系统及风力发电装置的控制方法采用以下的手段。

[0012] 本发明的第一方式的风力发电装置的控制装置中,所述风力发电装置中,具有多个叶片的转子接受风而旋转,发电机因该转子的旋转而发电,向电力系统供给电力,并且,能够根据该电力系统的频率的变动而变更向电力系统供给的电力量,所述风力发电装置的

控制装置具备：计算单元，算出所述风力发电装置的发电输出的频率的计测值与该风力发电装置的发电输出的频率的设定值之差即频率变化量；限制单元，基于所述发电机的转速来限制与通过所述计算单元算出的所述频率变化量对应的电力变化量。

[0013] 第一方式的风力发电装置的控制装置对风力发电装置进行控制，该风力发电装置中，具有多个叶片的转子接受风而旋转，发电机因该转子的旋转而发电，向电力系统供给电力，并且，能够根据该电力系统的频率的变动而变更向电力系统供给的电力量。

[0014] 第一方式的风力发电装置的控制装置通过所述计算单元，算出风力发电装置的发电输出的频率的计测值与该风力发电装置的发电输出的频率的设定值之差即频率变化量。频率变化量是风力发电装置被要求的发电输出的频率与实际的发电输出的频率之差，当电力系统产生频率的变动时，向控制单元输入用于使该变动恢复的设定值。即，当电力系统产生频率的变动时，通过计算单元，算出为了使电力系统的频率的变动恢复所需的频率的变化量。

[0015] 通过限制单元，基于发电机的转速来限制与通过计算单元算出的频率变化量对应的电力变化量。

[0016] 风力发电装置的发电输出的频率与电力（有效电力）具有一对一的关系，使频率变化的情况会使电力变化。然而，由于对应于频率变化量将更多的电力从风力发电装置输出，转子的旋转有时成为使风力发电装置从电力系统脱离的转速以下。而且，有时转子的旋转超过过速度上限而风力发电装置发生跳闸。风力发电装置的脱离及跳闸不仅无助于电力系统的频率的变动的恢复，而且可能使电力系统的频率更不稳定。而且，发电机的转速与转子的转速具有相关性，在发电机的转速低时，转子的转速也低，在发电机的转速高时，转子的转速也高。

[0017] 因此，第一方式的风力发电装置的控制装置基于发电机的转速，限制与频率变化量对应的电力变化量，由此，能够防止在使电力系统的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量，而风力发电装置无法向电力系统供给电力的情况。

[0018] 另外，第一方式的风力发电装置的控制装置可以是，所述限制单元在所述发电机的转速为第一设定值以下时，将所述电力变化量设为预定的第一限制值，在所述发电机的转速为第二设定值以上时，将所述电力变化量设为比所述第一限制值大的预定的第二限制值，在所述发电机的转速超过第一设定值且小于第二设定值时，使所述电力变化量的限制值随着所述发电机的转速的上升而在从所述第一限制值到所述第二限制值之间上升。

[0019] 根据该结构，通过限制单元，在发电机的转速为第一设定值以下时，将电力变化量设为第一限制值，在发电机的转速为第二设定值以上时，将电力变化量设为比第一限制值大的预定的第二限制值。此外，通过限制单元，在发电机的转速超过第一设定值且小于第二设定值时，使电力变化量的限制值随着发电机的转速的上升而在从第一限制值到第二限制值之间上升。

[0020] 例如，发电机的转速为第一设定值以下的情况是指转子的转速更低的情况，要输出比现状更多的电力时，转子的转速过低，风力发电装置的发电输出可能比脱离下限更低。这种情况下，对电力变化量设置第一限制值，防止风力发电装置的脱离。

[0021] 另一方面，发电机的转速为第二设定值以上的情况是转子的转速更高的情况，当要输出比现状更多的电力时，风力发电装置可能发生跳闸。这种情况下，对电力变化量设置

第二限制值,防止风力发电装置的跳闸。

[0022] 发电机的转速超过第一设定值且小于第二设定值的情况下,使电力变化量的限制值随着发电机的转速的上升而升高,由此利用与发电机的转速对应的限制值来限制电力变化量。

[0023] 因此,上述结构的风力发电装置的控制装置能够更可靠地防止在使电力系统的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置无法向电力系统供给电力的情况。

[0024] 第一方式的风力发电装置的控制装置可以是,所述限制单元对所述电力变化量乘以规定的增益,所述规定的增益在所述发电机的转速为第一设定值以下时为第一增益,在所述发电机的转速为第二设定值以上时为第二增益,在所述发电机的转速超过所述第一设定值时,所述规定的增益随着所述发电机的转速的上升而上升至比所述第一增益及所述第二增益高的第三增益,当达到该第三增益后,所述规定的增益向所述第二增益下降直至所述发电机的转速达到所述第二设定值。

[0025] 根据该结构,通过限制单元而与电力变化量相乘的增益在发电机的转速为第一设定值以下时,被设定为第一增益,在发电机的转速为第二设定值以上时,被设定为第二增益。即,通过将第一增益及第二增益较小地设定(例如,0(零)),而电力变化量减小。由此,防止转子的转速过低的情况及发电输出过高的情况。

[0026] 在发电机的转速为第一设定值与第二设定值之间时,增益被设定为,随着发电机的转速的上升而上升至比第一增益及第二增益高的第三增益,当达到该第三增益后,向第二增益下降。

[0027] 因此,上述结构的风力发电装置的控制装置能够更可靠地防止在使电力系统的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置无法向电力系统供给电力的情况。

[0028] 第一方式的风力发电装置的控制装置可以是,所述限制单元基于所述发电机的旋转的加速度,来校正所述电力变化量。

[0029] 根据该结构,例如,基于根据发电机的转速的微分值而求出的发电机的旋转的加速度,来校正电力变化量。即,对应于转速的减速及加速而校正电力变化量。

[0030] 因此,上述结构的风力发电装置的控制装置能够更可靠地防止在使电力系统的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置无法向电力系统供给电力的情况。

[0031] 第一方式的发电装置的控制装置可以是,所述限制单元基于所述发电机的转速、所述频率的计测值及相对于所述风力发电装置的风速,预测所述风力发电装置的发电输出的频率、相对于所述风力发电装置的风速的变动量,基于预测结果来校正所述电力变化量。

[0032] 根据该结构,预测风力发电装置的发电输出的频率、风速的变动量,基于预测结果来校正电力变化量,因此能够更可靠地防止在使电力系统的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置无法向电力系统供给电力的情况。

[0033] 本发明的第二方式的风力发电系统具备:风力发电装置,具有多个叶片的转子接受风而旋转,发电机因该转子的旋转而发电,向电力系统供给电力,并且,能够根据该电力系统的频率的变动而变更向电力系统供给的电力量;第一方式的控制装置,控制所述风力

发电装置。

[0034] 根据第二方式的风力发电系统,风力发电装置由上述记载的控制装置控制,因此能够防止使电力系统的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置无法向电力系统供给电力的情况。

[0035] 本发明的第三方式的风力发电装置的控制方法中,所述风力发电装置中,具有多个叶片的转子接受风而旋转,发电机因该转子的旋转而发电,向电力系统供给电力,并且,能够根据该电力系统的频率的变动而变更向电力系统供给的电力量,所述风力发电装置的控制方法包括:第一工序,算出所述风力发电装置的发电输出的频率的计测值与该风力发电装置的发电输出的频率的设定值之差即频率变化量;第二工序,基于所述发电机的转速,限制与通过所述第一工序算出的所述频率变化量对应的电力变化量。

[0036] 根据第三方式的风力发电装置的控制方法,基于发电机的转速来限制与频率变化量对应的电力变化量,由此,能够防止使电力系统的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置无法向电力系统供给电力的情况。

[0037] 发明效果

[0038] 根据本发明,具有如下的优异效果:能够防止使电力系统的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置无法向电力系统供给电力的情况。

附图说明

[0039] 图 1 是本发明的第一实施方式的风力发电装置的外观图。

[0040] 图 2 是表示了本发明的第一实施方式的风电场的整体结构及风力发电装置的电气结构的示意图。

[0041] 图 3 是表示本发明的第一实施方式的电力指令值生成部的结构的框图。

[0042] 图 4 是表示本发明的第一实施方式的 PFR 要求量生成部的结构的框图。

[0043] 图 5 是表示本发明的第一实施方式的 PFR 要求量限制值的一例的示意图。

[0044] 图 6 是表示本发明的第二实施方式的 PFR 要求量生成部的结构的框图。

[0045] 图 7A 是表示本发明的第二实施方式的可变增益的一例的示意图,表示增益呈三角形状变化的情况。

[0046] 图 7B 是表示本发明的第二实施方式的可变增益的一例的示意图,表示增益呈圆弧状变化的情况。

[0047] 图 8A 是表示本发明的第三实施方式的电力指令值生成部的结构的框图,表示通过对电力变化量增加与发电机转速计测值对应的增益而对电力变化量进行校正的情况。

[0048] 图 8B 是表示本发明的第三实施方式的电力指令值生成部的结构的框图,表示通过使调节率可变而对电力变化量进行校正的情况。

[0049] 图 9A 是表示本发明的第四实施方式的电力指令值生成部的结构的框图,表示通过对电力变化量增加与发电输出的频率、风速对应的值而对电力变化量进行校正的情况。

[0050] 图 9B 是表示本发明的第四实施方式的电力指令值生成部的结构的框图,表示通过使调节率可变而校正电力变化量的情况。

[0051] 图 10 是以往的频率响应控制的说明所需的图。

具体实施方式

[0052] 以下,参照附图,说明本发明的风力发电装置的控制装置、风力发电系统及风力发电装置的控制方法的一实施方式。

[0053] (第一实施方式)

[0054] 以下,对本发明的第一实施方式进行说明。

[0055] 图 1 是本第一实施方式的风力发电装置 10 的外观图。

[0056] 图 1 所示的风力发电装置 10 是所谓可变速风车,具有:竖立设置在基础 12 上的支柱 14;在支柱 14 的上端设置的舱室 16;能够绕着大致水平的轴线旋转而设置于舱室 16 的转子 18。

[0057] 在转子 18 上绕着其旋转轴线呈放射状安装有多个(在本第一实施方式中,作为一例有 3 个)风车旋转叶片(以下,简称为“叶片 20”)。由此,从转子 18 的旋转轴线方向接触叶片 20 的风的力变换成使转子 18 绕着旋转轴线旋转的动力,该动力通过同步发电机即发电机 46(参照图 2)被转换成电力。需要说明的是,叶片 20 以能够根据运转条件转动的方式与转子 18 连结,叶片 20 的桨距角能够变化。

[0058] 图 2 是表示第一实施方式的风电场 30 的整体结构及风力发电装置 10 的电气结构的示意图。风电场 30 具备多个风力发电装置 10、变电所 31、对应于各风力发电装置 10 设置的多个风车控制装置 32。需要说明的是,将风力发电装置 10 与风车控制装置 32 的组合称为风力发电系统。

[0059] 各风力发电装置 10 经由变压器 34 而与变电所 31 连接,并且经由变电所 31 具有的变压器 34 及送电线 36 而进行系统互连,向电力系统 38 供给电力。

[0060] 另外,在变电所 31 上设有负责风电场 30 整体的控制的主控制器 41(例如,SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition))。

[0061] 主控制器 41 从电力系统 38 接收表示要求的输出值(电力量)的系统要求输出值,向各风车控制装置 32 发送。

[0062] 风车控制装置 32 为了控制对应的风力发电装置 10,而生成与系统要求输出值对应的电力指令值,并控制对应的风力发电装置 10 的发电输出(有效电力),或者为了控制叶片 20 的桨距角而生成桨距角指令值,进行向桨距执行器(未图示)输出等。而且,风车控制装置 32 将表示风力发电装置 14 的发电输出、风力发电装置 14 的控制状态的数据等向主控制器 41 发送。

[0063] 需要说明的是,风车控制装置 32 具备涡轮控制器 40 及转换器控制器 42。

[0064] 涡轮控制器 40 存储风力发电装置 10 的发电输出的频率的设定值(以下,称为“频率设定值”)作为与系统要求输出值对应的参数,基于该频率设定值,生成电力指令值,向转换器控制器 42 输出。

[0065] 并且,转换器控制器 42 基于输入的电力指令值,对风力发电装置 10 具备的转换器 44 进行控制。

[0066] 转换器 44 基于来自转换器控制器 42 的控制信号,控制从发电机 46 向电力系统 38 的发电输出。

[0067] 接下来,说明基于涡轮控制器 40 的电力指令值的生成。

[0068] 图 3 是表示生成电力指令值的电力指令值生成部 50 的结构的框图。

[0069] 电力指令值生成部 50 被输入发电机转速设定值 ω^* 和发电机转速计测值 ω 。发电机转速设定值 ω^* 基于频率设定值而生成, 发电机转速计测值 ω 是实际计测的发电机 46 的转速。

[0070] 发电机转速设定值 ω^* 及发电机转速计测值 ω 向减法器 52 输入, 减法器 52 将发电机转速设定值 ω^* 与发电机转速计测值 ω 的偏差向 PI 控制部 54 输出。

[0071] PI 控制部 54 生成基于输入的偏差的电力指令值 P_o^* , 向限制部 56 输出。

[0072] 限制部 56 在输入的电力指令值 P_o^* 超过预定的上限值时, 将电力指令值 P_o^* 限制为该上限值而输出。从限制部 56 输出的电力指令值 P^* 通过加法器 58 而与 PFR 要求量 P_d 相加, 作为电力指令值 P_{total}^* 向转换器控制器 42 输出。需要说明的是, PFR 要求量 P_d 从涡轮控制器 40 具备的后述的 PFR 要求量生成部 60 输出。

[0073] 在此, 风力发电装置 10 在风车控制装置 32 的控制下, 能够根据电力系统 38 的频率 (以下, 称为“系统频率”) 的变动而变更发电输出。即, 风力发电装置 10 当系统频率产生变动时, 执行使该变动恢复的 PFR。并且, PFR 要求量 P_d 是指用于执行 PFR 的发电输出的增加量或减少量。

[0074] 然而, 当 PFR 要求量 P_d 过大时, 例如, 转子 18 的转速小的情况下, 连转子 18 具有的惯性力也使用于发电时, 转子 18 的转速可能低于脱离下限, 而风力发电装置 10 发生脱离。而且, 在转子 18 的转速大的情况下, 当要求发电量进一步增加时, 转子 18 的转速有时会超过过速度上限, 而风力发电装置 10 跳闸。风力发电装置 10 的脱离及跳闸不仅无助于电力系统 38 的频率的变动的恢复, 而且可能使电力系统 38 的频率更不稳定。

[0075] 因此, 本第一实施方式的风车控制装置 32 生成限制为不会变得过大的 PFR 要求量 P_d 。

[0076] 图 4 是表示本第一实施方式的 PFR 要求量生成部 60 的结构的框图。

[0077] PFR 要求量生成部 60 具备减法器 62、调节部 64 及限制部 66。

[0078] 减法器 62 被输入风力发电装置 10 的发电输出的频率的计测值 (以下, 称为“频率计测值”) f 和风力发电装置 10 的频率设定值 f^* , 算出频率计测值 f 与频率设定值 f^* 之差即频率变化量。

[0079] 频率变化量是指风力发电装置 10 被要求的发电输出的频率 (频率设定值 f^*) 与实际的发电输出的频率 (频率计测值 f) 之差, 当电力系统 38 产生频率的变动时, 向 PFR 要求量生成部 60 输入用于使该变动恢复的频率设定值 f^* 。即, 当电力系统 38 产生频率的变动时, 通过减法器 62, 算出为了使电力系统 38 的频率的变动恢复所需的频率变化量。

[0080] 调节部 64 通过将频率变化量乘以规定的调节率 ($1/R$ (R 分之 1), R 为常数), 而算出与频率变化量对应的电力变化量。

[0081] 并且, 限制部 66 被输入发电机 46 的转速的计测值 (以下, 称为“发电机转速计测值”) ω , 将基于发电机转速计测值 ω 而限制了输入的电力变化量后的 PFR 要求量 P_d 向电力指令值生成部 50 输出。

[0082] 需要说明的是, 如上所述, 为了通过利用调节部 64 将频率变化量乘以调节率而算出与频率对应的电力, 风力发电装置 10 的发电输出的频率与电力 (有效电力) 存在一对一的关系, 使频率变化会使电力变化。

[0083] 另外, 发电机 46 的转速与转子 18 的转速具有相关性, 当发电机 46 的转速低时, 转

子 18 的转速也低,当发电机 46 的转速高时,转子 18 的转速也高。

[0084] 如此,本第一实施方式的风车控制装置 32 基于与转子 18 的转速具有相关性的发电机转速计测值 ω ,限制与频率变化量对应的电力变化量,由此,防止在使电力系统 38 的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,风力发电装置 10 无法向电力系统 38 供给电力的情况。

[0085] 需要说明的是,本第一实施方式的限制部 66 基于图 4 所示的发电机转速 ω 与 PFR 要求量限制值的关系,输出限制了输入的电力变化量后的 PFR 要求量 P_d 。

[0086] 本第一实施方式的限制部 66 在发电机转速计测值 ω 为最小设定值以下时,以电力变化量为第一限制值,在发电机转速计测值 ω 为最大设定值以上时,将电力变化量设为比第一限制值大的预定的第二限制值。此外,限制部 66 在发电机转速计测值 ω 超过最小设定值且小于最大设定值时,使电力变化量的限制值随着发电机转速计测值 ω 的上升而在从第一限制值到第二限制值之间上升。

[0087] 例如图 5 所示,在电力系统 38 的频率下降时(频率设定值 f^* 比频率计测值 f 大时),发电机转速计测值 ω 为最小设定值以下的情况是指转子 18 的转速更低的情况,当为了输出比现状更多的电力而使用转子 18 的惯性力时,转子 18 的之后的转速可能过低,而风力发电装置 10 的发电输出会低于脱离下限。这种情况下,对电力变化量设置第一限制值(在图 5 的例子中为 0(零)),防止风力发电装置 10 的脱离。即,发电机转速计测值 ω 为最小设定值以下的风力发电装置 10 的 PFR 要求量 P_d 成为 0,因此该风力发电装置 10 不执行 PFR。

[0088] 另一方面,在电力系统 38 的频率下降时,发电机转速计测值 ω 为最大设定值以上的情况是指转子 18 的转速更高的情况,若要输出比现状更多的电力,则风力发电装置 10 可能发生跳闸。这种情况下,对电力变化量设置第二限制值,防止风力发电装置 10 的跳闸。

[0089] 并且,在发电机转速计测值 ω 超过最小设定值且小于最大设定值时,使电力变化量的限制值随着发电机 46 的转速的上升而升高,由此利用与发电机 46 的转速对应的限制值来限制电力变化量,作为 PFR 要求量 P_d 而输出。

[0090] 这样的话,在电力系统 38 的频率下降时,PFR 要求量 P_d 在从 0 到正值的范围内进行变化,因此风力发电装置 10 将更多的电力向电力系统 38 供给。具体而言,风车控制装置 32 进行将叶片 20 的桨距角进一步向最大桨距角(fine)侧变更而使转子 18 的转速上升以增加发电输出的控制、使用蓄积在转子 18 中的惯性力而使发电输出上升的控制等。

[0091] 另一方面,如图 5 所示,在电力系统 38 的频率上升时(频率设定值 f^* 比频率计测值 f 小时),与最小设定值对应的第一限制值为 0 以下,与最大设定值对应的第二限制值为 0。

[0092] 因此,在电力系统 38 的频率上升时,PFR 要求量 P_d 在从负值到 0 的范围内变化,因此风力发电装置 10 使向电力系统 38 供给的电力减少。具体而言,风车控制装置 32 进行使叶片 20 的桨距角进一步向顺桨(feathering)侧变更而使转子 18 的转速下降以使发电输出减少的控制等。

[0093] 因此,本第一实施方式的风车控制装置 32 在使电力系统 38 的频率的变动恢复时,能够更可靠地防止发电输出的增减变得过量而风力发电装置 10 无法向电力系统供给电力的情况。

[0094] 需要说明的是,图 5 所示的 PFR 要求量限制值是一例,并未限定于此。

[0095] (第二实施方式)

[0096] 以下,对本发明的第二实施方式进行说明。

[0097] 需要说明的是,本第二实施方式的风力发电装置 10、风电场 30 及电力指令值生成部 50 的结构与图 1、2、3 所示的第一实施方式的风力发电装置 10、风电场 30 及电力指令值生成部 50 的结构相同,因此省略说明。

[0098] 图 6 表示本第二实施方式的 PFR 要求量生成部 60 的结构。需要说明的是,对于图 6 中的与图 4 相同的结构部分,标注与图 4 相同的标号,省略其说明。

[0099] 本第二实施方式的 PFR 要求量生成部 60 具备增益部 70 及乘法器 72。

[0100] 发电机转速计测值 ω 向增益部 70 输入,基于发电机转速计测值 ω 的增益向乘法器 72 输出。

[0101] 从增益部 70 输出的增益是基于发电机转速计测值 ω 而变化的可变增益,在发电机转速计测值 ω 为最小设定值以下时,设定为第一增益,在发电机转速计测值 ω 为最大设定值以上时,设定为第二增益。即,通过将第一增益及第二增益设定得较小,而电力变化量减小。由此,防止转子 18 的转速过低的情况及发电输出过高的情况。

[0102] 另一方面,在发电机转速计测值 ω 为最小设定值与最大设定值之间时,增益设定为随着发电机转速计测值 ω 的上升而上升至比第一增益及第二增益高的第三增益,当达到该第三增益时,向第二增益下降。

[0103] 图 7A 及图 7B 是表示第二实施方式的可变增益的一例的示意图,图 7A 表示增益呈三角形状变化的情况,图 7B 表示增益呈圆弧状变化的情况。需要说明的是,在图 7A、图 7B 的例子中,增益 = 0 为第一增益及第二增益,增益 = 1.0 为第三增益。第一增益、第二增益、第三增益的值并不局限于此,也可以是其他的值,第一增益与第二增益的值也可以不同。而且,增益的变化并未限定为三角形状、圆弧状,例如,也可以不是连续的变化,而是根据发电机转速计测值而阶段性地变化的不连续变化。

[0104] 乘法器 72 被输入从调节部 64 输出的电力变化量和从增益部 70 输出的增益,将电力变化量和增益相乘,并将相乘的结果作为 PFR 要求量 P_d 向电力指令值生成部 50 输出。

[0105] 需要说明的是,在电力系统 38 的频率下降时(频率设定值 f^* 大于频率计测值 f 时),从调节部 64 输出的电力变化量为正值,因此从乘法器 72 输出的 PFR 要求量 P_d 在从 0 到正值的范围内变化,因此风力发电装置 10 将更多的电力向电力系统 38 供给。

[0106] 另一方面,在电力系统 38 的频率上升时(频率设定值 f^* 小于频率计测值 f 时),从调节部 64 输出的电力变化量为负值,因此从乘法器 72 输出的 PFR 要求量 P_d 在从负值到 0 的范围内变化,因此风力发电装置 10 使向电力系统 38 供给的电力减少。

[0107] 如以上说明所示,第二实施方式的风车控制装置 32 使与发电机转速计测值对应的增益变化,将该增益乘以电力变化量,因此能够更可靠地防止在使电力系统 38 的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置 10 无法向电力系统供给电力的情况。

[0108] (第三实施方式)

[0109] 以下,对本发明的第三实施方式进行说明。

[0110] 需要说明的是,本第三实施方式的风力发电装置 10、风电场 30 及电力指令值生成

部 50 的结构与图 1、2、3 所示的第一实施方式的风力发电装置 10、风电场 30 及电力指令值生成部 50 的结构相同,因此省略说明。

[0111] 本第三实施方式的 PFR 要求量生成部 60 对应于发电机 46 的旋转的加速度而校正电力变化量。例如,在发电机 46 较大地减速时(为了防止转速的下降),校正电力变化量而减小 PFR 要求量,在发电机 46 较大地加速时,校正电力变化量而增大 PFR 要求量。

[0112] 图 8A 及图 8B 表示本第三实施方式的 PFR 要求量生成部 60 的结构。需要说明的是,对于图 8A 及图 8B 中的与图 4 相同的结构部分,标注与图 4 相同的标号,省略其说明。

[0113] 图 8A 所示的 PFR 要求量生成部 60 的结构是通过将电力变化量加上与发电机转速计测值对应的增益而校正电力变化量的情况。

[0114] 图 8A 所示的 PFR 要求量生成部 60 具备微分器 80、增益部 82、加法器 84 及限制部 86。

[0115] 微分器 80 被输入发电机转速计测值 ω ,对发电机转速计测值 ω 进行微分,由此算出发电机 46 的旋转的加速度,将加速度向增益部 82 输出。

[0116] 需要说明的是,本第三实施方式的 PFR 要求量生成部 60 也可以取代微分器 80,为了不受到噪声的影响而使用具有与微分器 80 的功能类似、近似的特性(强调发电机 46 的旋转的快速变化那样的高频带域的增益高的特性)的滤波器。

[0117] 增益部 82 输出与加速度对应的增益,并向加法器 84 输出。

[0118] 加法器 84 被输入从调节部 64 输出的电力变化量和从增益部 82 输出的增益,利用增益加上电力变化量,并将其结果向限制部 86 输出。

[0119] 限制部 86 设定下限值及上限值,输出限制后的 PFR 要求量 P_d 以使从加法器 84 输出的结果成为下限值及上限值的范围。需要说明的是,本第三实施方式的 PFR 要求量生成部 60 也可以使用第一实施方式的 PFR 要求量生成部 60 具备的限制部 66 作为限制部 86。

[0120] 图 8B 所示的 PFR 要求量生成部 60 的结构是通过使调节率可变而校正电力变化量的情况。

[0121] 图 8B 所示的 PFR 要求量生成部 60 具备可变调节部 88。

[0122] 可变调节部 88 被输入从减法器 62 输出的频率变化量和从增益部 82 输出的增益。并且,可变调节部 88 根据输入的增益,使调节率变化,将变化后的调节率与频率变化量相乘,由此算出电压变化量,并将电压变化量向限制部 86 输出。

[0123] 需要说明的是,可变调节部 88 在输入的增益(发电机 46 的转速的微分值)大时,减小调节率,避免过分取出惯性力引起的转子 18 的转速较大变化(下降)的情况,另一方面,在输入的增益小时,考虑到即使较多地取出惯性力而转子 18 的转速也不会下降至风力发电装置 10 发生脱离的情况,因而增大调节率,将更多的电力从风力发电装置 10 向电力系统 38 供给。

[0124] 如以上说明那样,第三实施方式的风车控制装置 32 对应于发电机 46 的旋转的加速度而校正电力变化量,因此能够更可靠地防止在使电力系统 38 的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置 10 无法向电力系统供给电力的情况。

[0125] (第四实施方式)

[0126] 以下,对本发明的第四实施方式进行说明。

[0127] 需要说明的是,本第四实施方式的风力发电装置 10、风电场 30 及电力指令值生成

部 50 的结构与图 1、2、3 所示的第一实施方式的风力发电装置 10、风电场 30 及电力指令值生成部 50 的结构相同,因此省略说明。

[0128] 本第四实施方式的 PFR 要求量生成部 60 预测风力发电装置 10 的发电输出的频率、风速的变动,根据预测结果来校正电力变化量。例如,发电机 46 的发电输出的频率、风速减小时(为了防止转子的转速的下降),校正电力变化量而减小 PFR 要求量,在发电机 46 的发电输出的频率、风速增大时,校正电力变化量而增大 PFR 要求量。

[0129] 图 9A 及图 9B 表示本第四实施方式的 PFR 要求量生成部 60 的结构。需要说明的是,对于图 9A 及图 9B 中的与图 4 相同的结构部分,标注与图 4 相同的标号,而省略其说明。

[0130] 图 9A 所示的 PFR 要求量生成部 60 的结构是通过将电力变化量加上与发电输出的频率或风速对应的值而校正电力变化量的情况。

[0131] 图 9A 所示的 PFR 要求量生成部 60 具备时序推定部 90A、加法器 92 及限制部 94。

[0132] 时序推定部 90A 通过基于发电机转速计测值 ω 、频率计测值 f 及相对于风力发电装置 10 的风速的、使用了自回归模型等统计方法的时序推定算法,预测风力发电装置 10 的发电输出的频率、相对于风力发电装置 10 的风速的变动量,根据预测结果求出校正输出,并将该校正输出向加法器 92 输出。

[0133] 加法器 92 被输入从调节部 64 输出的电力变化量和从时序推定部 90A 输出的校正输出,利用校正值加上电力变化量,并将其结果向限制部 94 输出。

[0134] 限制部 94 设定下限值及上限值,输出限制的 PFR 要求量 P_d 以使从加法器 92 输出的结果成为下限值及上限值的范围。需要说明的是,本第四实施方式的 PFR 要求量生成部 60 也可以使用第一实施方式的 PFR 要求量生成部 60 具备的限制部 66 作为限制部 94。

[0135] 图 9B 所示的 PFR 要求量生成部 60 的结构是通过使调节率可变而校正电力变化量的情况。

[0136] 图 9B 所示的 PFR 要求量生成部 60 具备时序推定部 90B、可变调节部 96。

[0137] 时序推定部 90B 通过基于发电机转速计测值 ω 、频率计测值 f 及相对于风力发电装置 10 的风速的、使用了自回归模型等统计方法的时序推定算法,预测风力发电装置 10 的发电输出的频率、相对于风力发电装置 10 的风速的变动量,根据预测结果而求出校正系数,并将该校正系数向可变调节部 96 输出。

[0138] 可变调节部 96 被输入从减法器 62 输出的频率变化量和从时序推定部 90B 输出的校正系数。并且,可变调节部 96 通过将输入的校正系数与调节率相乘而使调节率变化,再将变化后的调节率与频率变化量相乘,由此算出电压变化量,并将电压变化量向限制部 94 输出。

[0139] 如以上说明那样,第四实施方式的风车控制装置 32 预测风力发电装置 10 的发电输出的频率、风速的变动,对应于预测结果而校正电力变化量,因此能够更可靠地防止在使电力系统 38 的频率的变动恢复时发电输出的增减变得过量,而风力发电装置 10 无法向电力系统供给电力的情况。

[0140] 另外,向时序推定部 90A、90B 输入的值并不局限于频率计测值 f 、发电机转速计测值 ω 及风速,也可以被输入其他的值,用于时序推定算法。

[0141] 以上,使用上述各实施方式说明了本发明,但本发明的技术范围并未限定为上述实施方式记载的范围。在不脱离发明的主旨的范围内能够对上述各实施方式施加多种变更

或改良,施加了该变更或改良的方式也包含在本发明的技术范围内。

[0142] 例如,在上述各实施方式中,说明了在风电场 30 中具备多个风力发电装置 10 的方式,但本发明并未限定于此,也可以是风电场 30 具备一个风力发电装置 10 的方式。

[0143] 标号说明

[0144] 10 风力发电装置

[0145] 18 转子

[0146] 20 叶片

[0147] 30 风电场

[0148] 32 风车控制装置

[0149] 38 电力系统

[0150] 46 发电机

[0151] 62 减法器

[0152] 66 限制部

[0153] 70 增益部

[0154] 80 微分器

[0155] 82 增益部

[0156] 90A 时序推定部

[0157] 90B 时序推定部

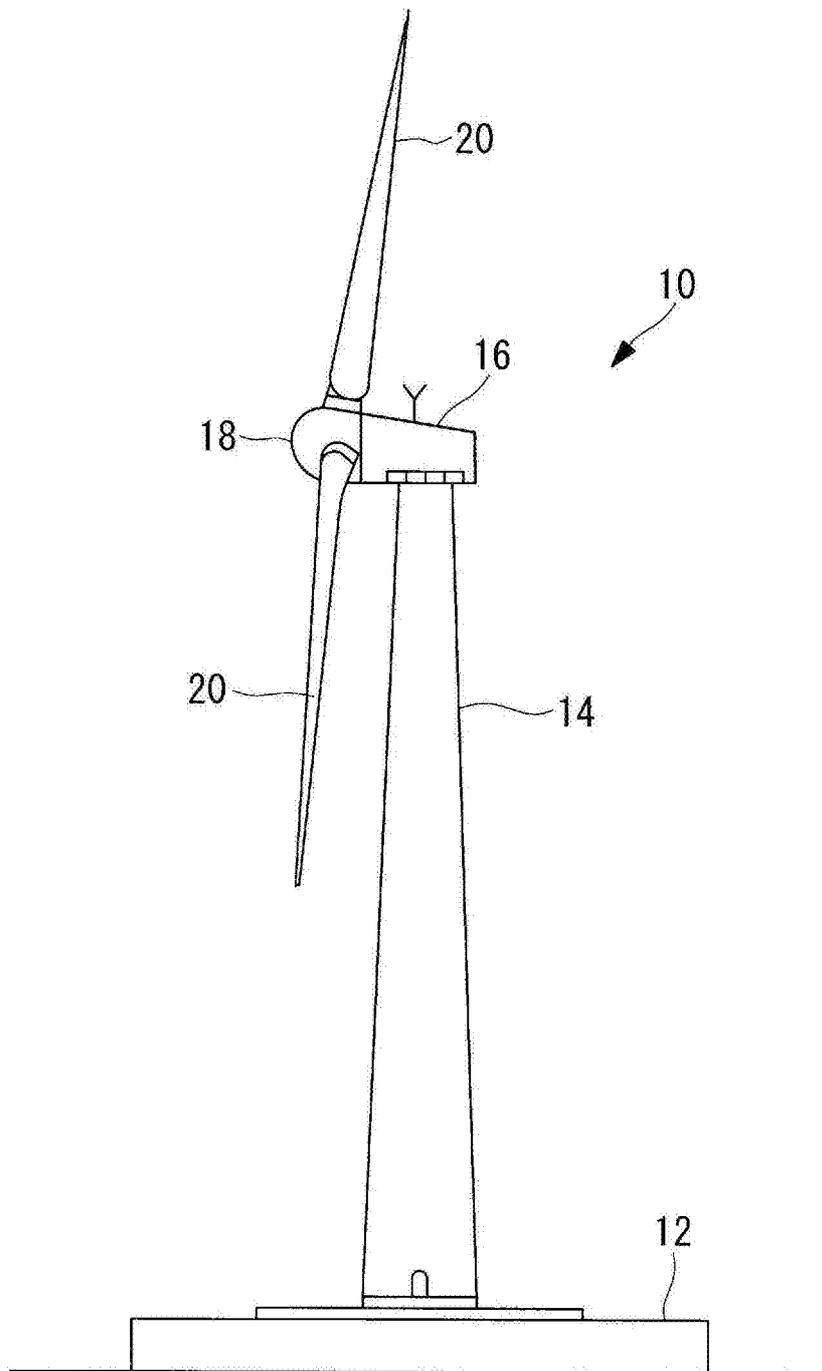


图 1

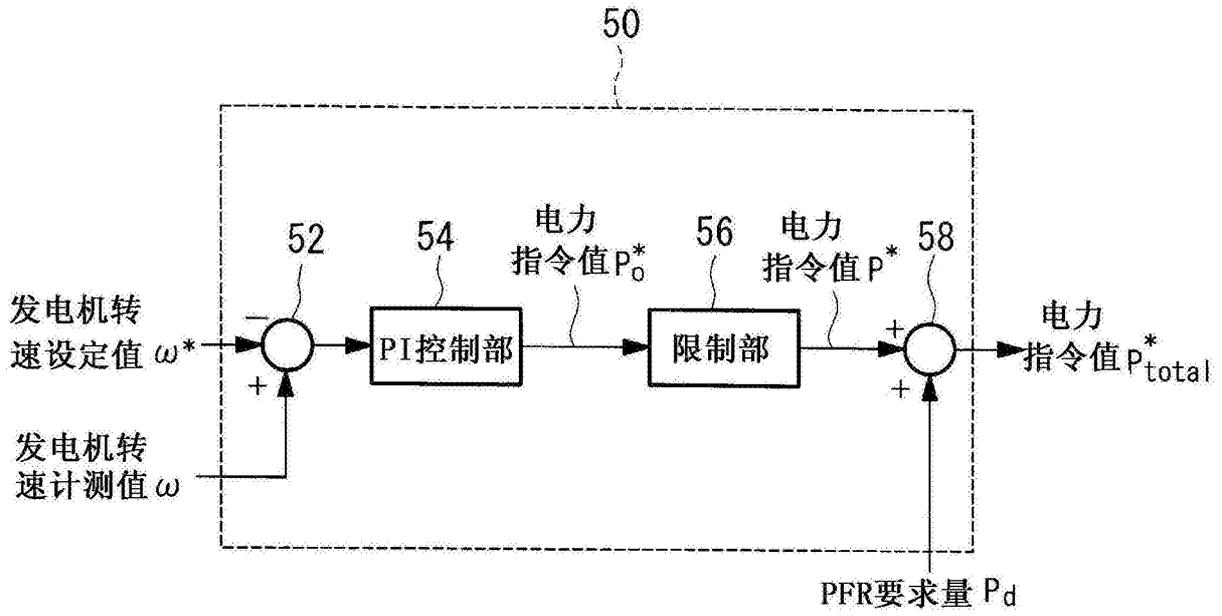


图 3

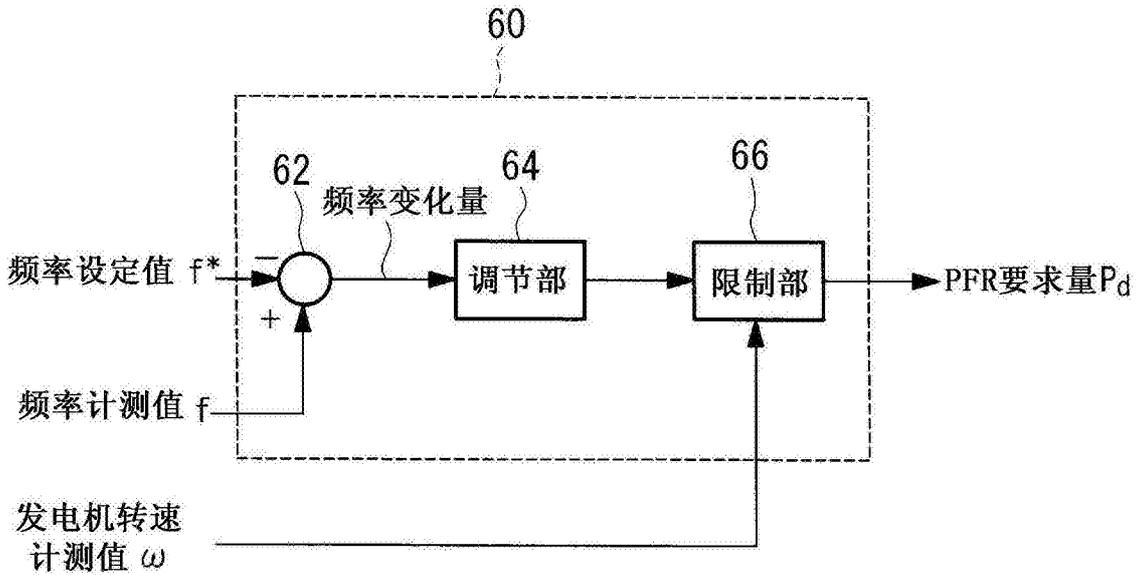


图 4

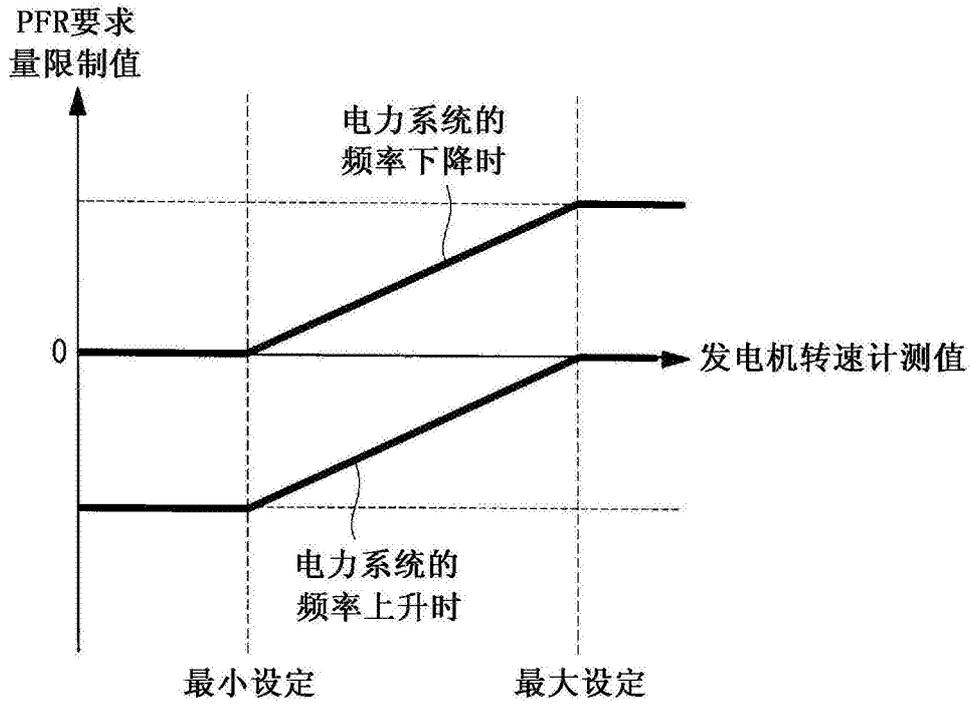


图 5

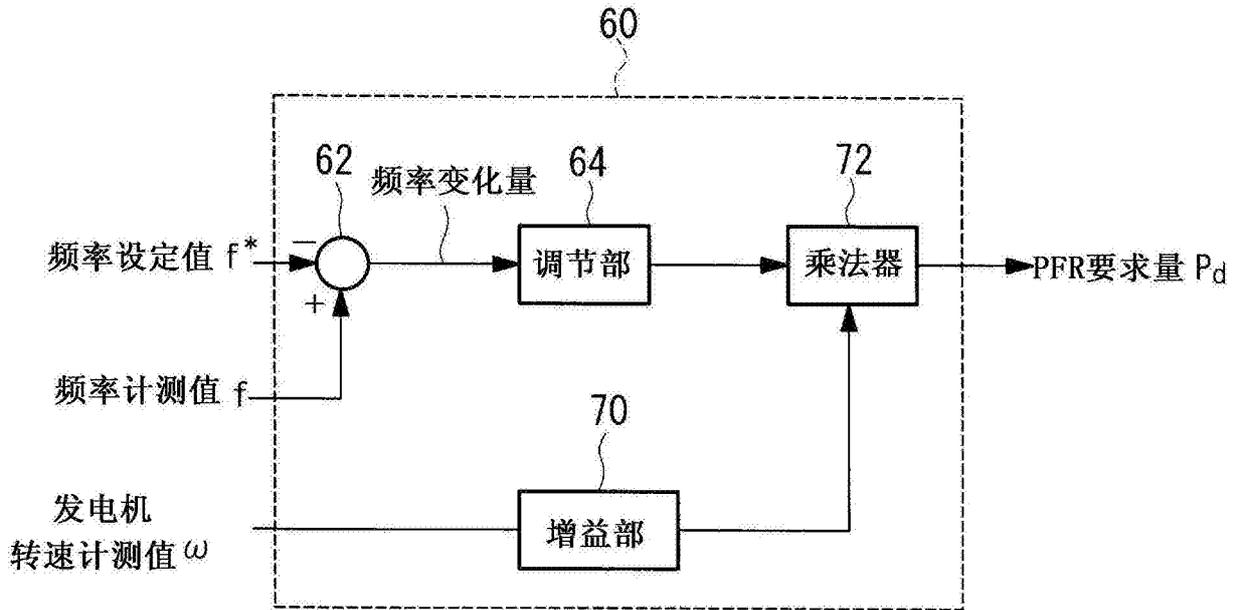


图 6

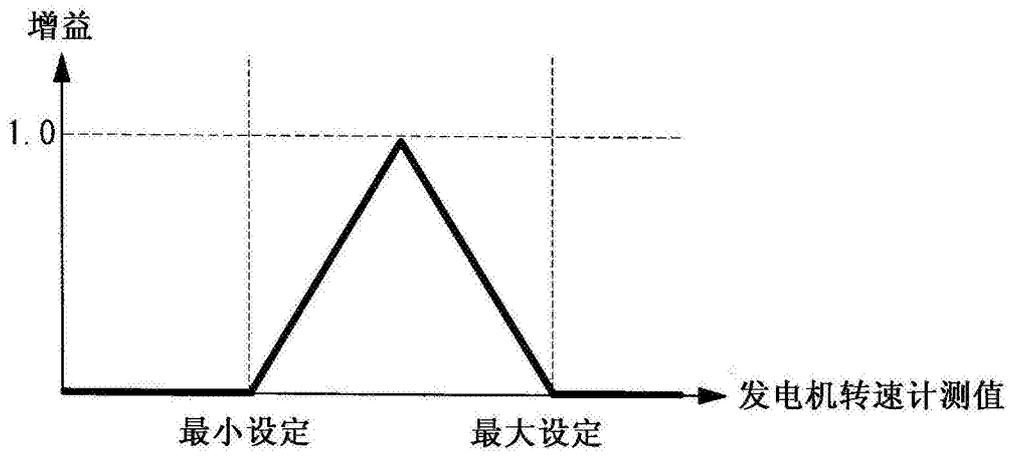


图 7A

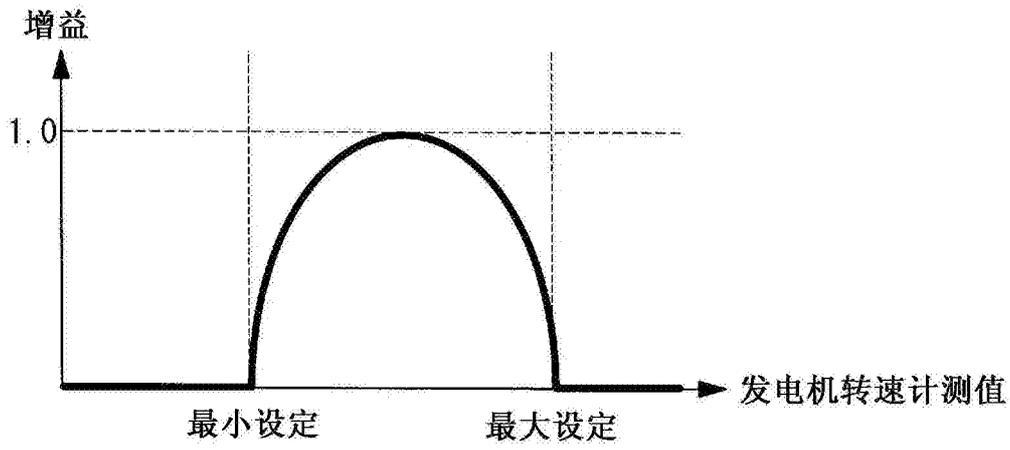


图 7B

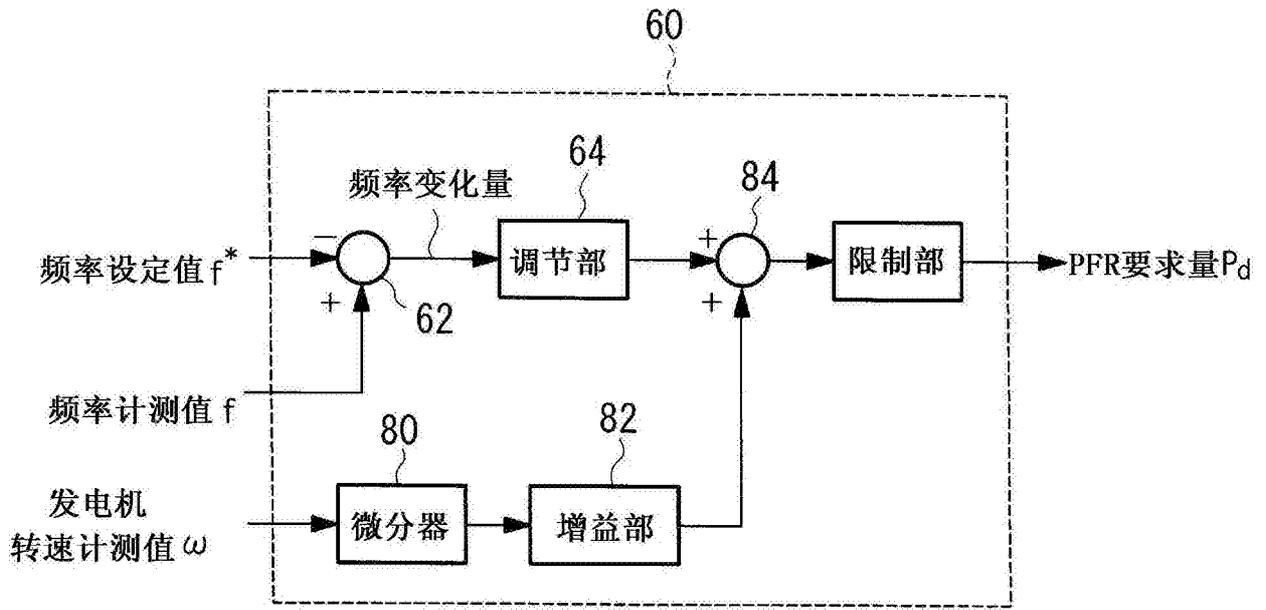


图 8A

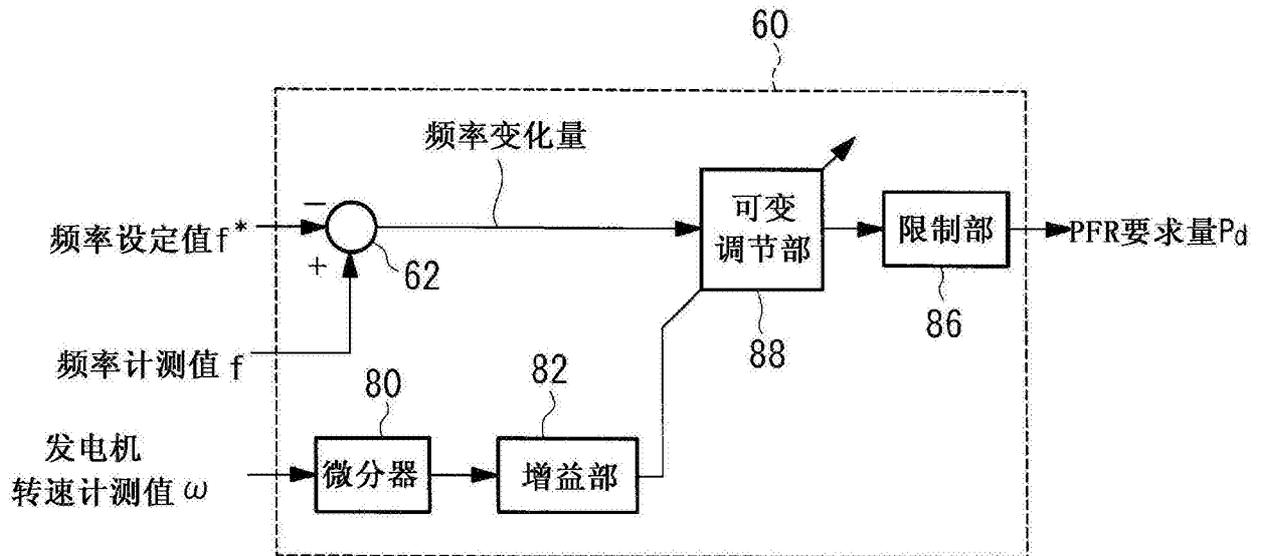


图 8B

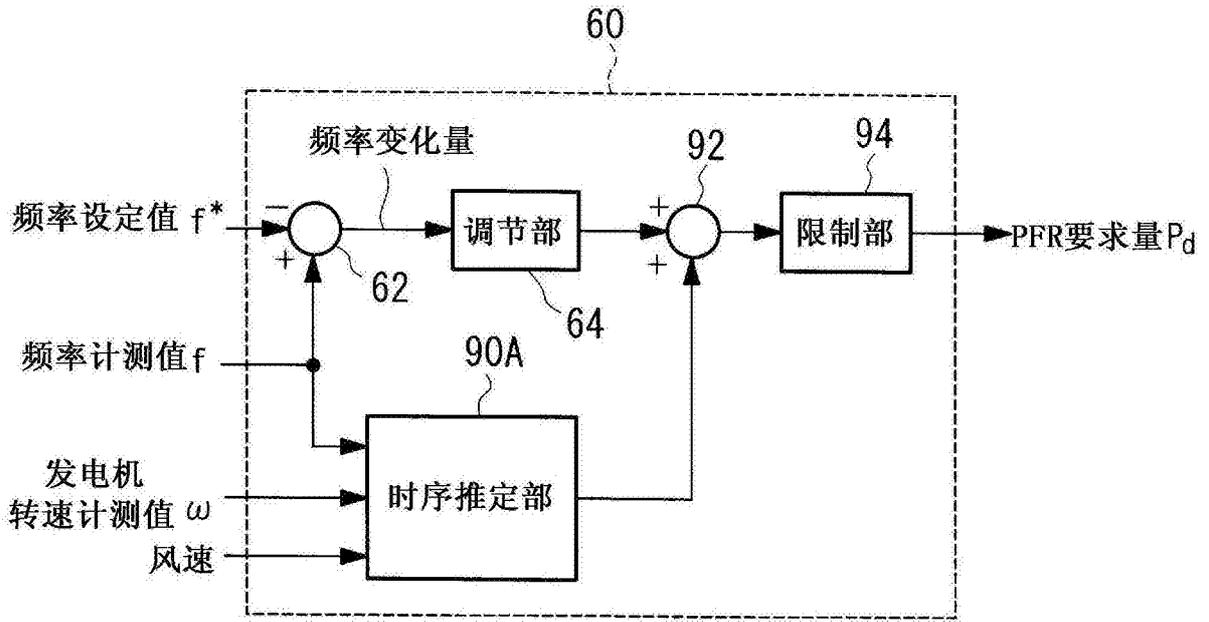


图 9A

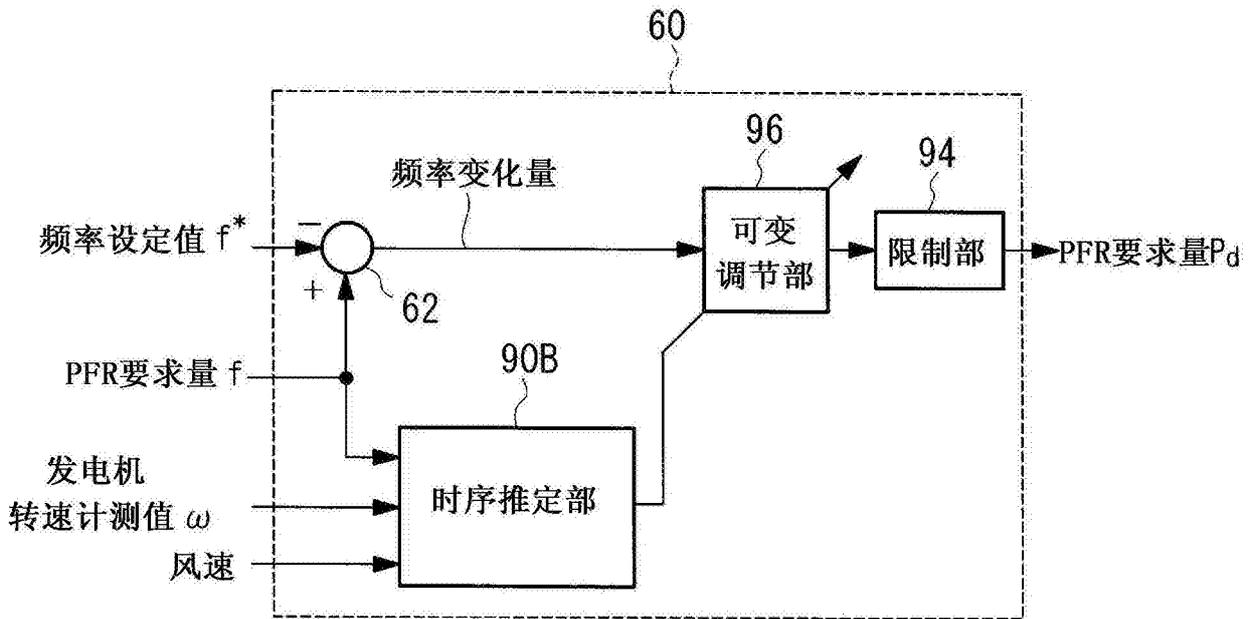


图 9B

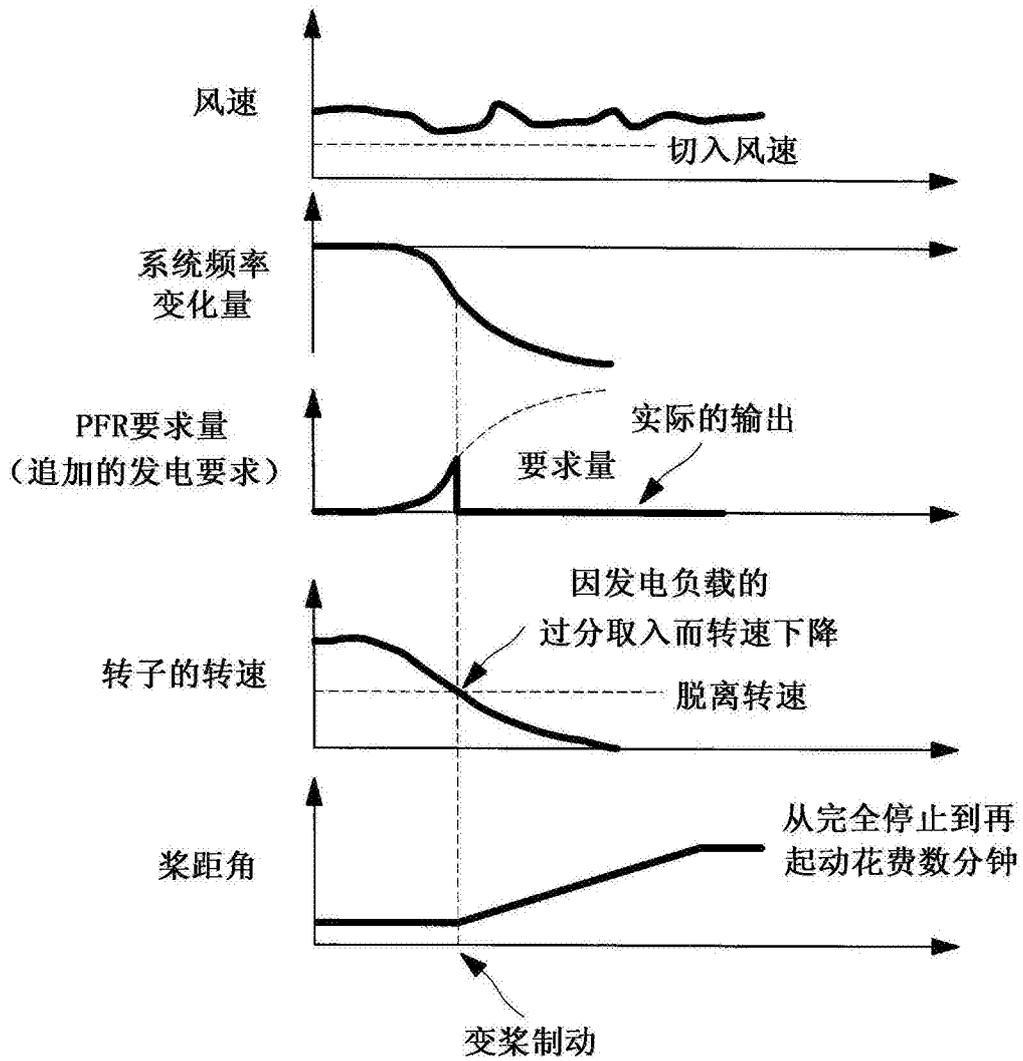


图 10