



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101242155 B

(45) 授权公告日 2013. 09. 18

(21) 申请号 200710195040. 6

JP 2004336876 A, 2004. 11. 25, 全文.

(22) 申请日 2007. 12. 10

钱存元等. 直线同步电机检相器的设计.

(30) 优先权数据

《电机与控制学报》. 2007, 第 11 卷 (第 02 期), 97-100.

2007-029620 2007. 02. 08 JP

审查员 刘江

(73) 专利权人 富士通将军股份有限公司

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 一木敏 川口直树

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 何立波 张天舒

(51) Int. Cl.

H02P 6/16 (2006. 01)

H02P 21/14 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2006067787 A, 2006. 03. 09, 全文.

CN 1521939 A, 2004. 08. 18, 全文.

JP 2006197771 A, 2006. 07. 27, 全文.

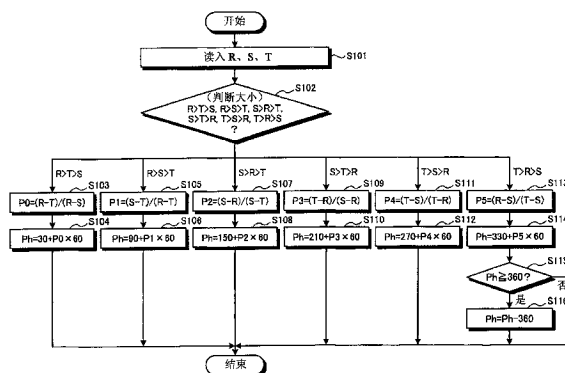
权利要求书7页 说明书13页 附图16页

(54) 发明名称

相位检测方法及其装置、同步电动机的控制方法及装置

(57) 摘要

本发明提供一种相位检测方法及其装置、同步电动机的控制方法及装置。根据本发明, 可以以简单的结构实时且高精度地检测矢量相位。在本发明中, 判断位于连续的 6 个区间中的哪一个区间, 在上述各区间中, 所输入的 3 相信号的各相信号振幅的大小关系不同, 然后与该判断出的区间对应而在该区间内对各相之间进行规定的减法处理, 使用该减法处理结果在该区间内求出归一化后的归一化振幅值, 与判断出的区间对应, 将该求得的归一化振幅值换算为以规定相为基准的 1 个周期的矢量相位并输出。



1. 一种相位检测方法,其特征在于,包括:

区间判断步骤,在该步骤中基于输入的 3 相信号振幅值,判断位于连续的多个区间中的哪一个区间,其中,在上述多个区间中各相信号振幅的大小关系不同;

振幅归一化处理步骤,在该步骤中,对于在前述区间判断步骤中判断出的区间的前述各个相之间的信号振幅,进行第 1 减法处理和第 2 减法处理,通过将第 2 减法处理结果除以第 1 减法处理结果的归一化处理求出归一化振幅值,其中,该第 1 减法处理为,在各区间中,从最大相的值中减去最小相的值,该第 2 减法处理为,在规定的区间中,从最大相的值中减去中间相的值,在该规定区间的下一个区间中,从中间相的值中减去最小相的值,在之后的区间中,交替地重复进行该第 2 减法处理中的两种减法计算;以及

换算相位输出步骤,在该步骤中,与通过前述区间判断步骤判断出的区间对应,将通过前述振幅归一化处理步骤求得的归一化振幅值换算为以规定相为基准的 1 个周期的矢量相位并输出。

2. 根据权利要求 1 所述的相位检测方法,其特征在于,

在前述换算相位输出步骤中,在前述区间中包含前述矢量相位的起点和终点的情况下,将终点以后的矢量相位值换算为起点以后的矢量相位值。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的相位检测方法,其特征在于,

在前述振幅归一化处理步骤中,将第二减法处理结果的值除以第一减法处理结果的值而获得的值,作为归一化振幅值输出,该第二减法处理是前述区间内各相的信号振幅间的减法处理结果为线性特性的减法处理,该第一减法处理是前述区间内各相的信号振幅间的减法处理结果为大致平坦特性的减法处理。

4. 一种相位检测方法,其特征在于,包含:

区间判断步骤,在该步骤中,判断位于下述第 1~第 6 区间这 6 个连续的区间中的哪一个区间,在上述第 1~第 6 区间中,输入的 R 相、S 相、T 相这 3 相信号的信号振幅值的大小关系分别为 R 相的值 > T 相的值 > S 相的值、R 相的值 > S 相的值 > T 相的值、S 相的值 > R 相的值 > T 相的值、S 相的值 > T 相的值 > R 相的值、T 相的值 > S 相的值 > R 相的值、T 相的值 > R 相的值 > S 相的值;

振幅归一化处理步骤,在该步骤中,以下述方式进行运算处理,以在各区间内求出归一化后的归一化振幅值,即,在前述第 1 区间按照 $(R \text{ 相的值} - T \text{ 相的值}) / (R \text{ 相的值} - S \text{ 相的值})$ 进行运算处理,在前述第 2 区间按照 $(S \text{ 相的值} - T \text{ 相的值}) / (R \text{ 相的值} - T \text{ 相的值})$ 进行运算处理,在前述第 3 区间按照 $(S \text{ 相的值} - R \text{ 相的值}) / (S \text{ 相的值} - T \text{ 相的值})$ 进行运算处理,在前述第 4 区间按照 $(T \text{ 相的值} - R \text{ 相的值}) / (S \text{ 相的值} - R \text{ 相的值})$ 进行运算处理,在前述第 5 区间按照 $(T \text{ 相的值} - S \text{ 相的值}) / (T \text{ 相的值} - R \text{ 相的值})$ 进行运算处理,在前述第 6 区间按照 $(R \text{ 相的值} - S \text{ 相的值}) / (T \text{ 相的值} - S \text{ 相的值})$ 进行运算处理;以及

换算相位输出步骤,在该步骤中,将前述第 1~第 6 区间的归一化振幅值分别乘以相位 60° ,将前述第 1~第 6 区间的乘法值分别加上相位 30° 、 90° 、 150° 、 210° 、 270° 、 330° 而计算出相位值,并在前述第 6 区间的相位值大于或等于 360° 的情况下,从该相位值中减去相位 360° 而求出相位值,由此换算并输出 1 个周期的矢量相位。

5. 根据权利要求 1、2、4 中任一项所述的相位检测方法,其特征在于,

还包括校正步骤,在该步骤中,预先存储前述换算相位输出步骤输出的矢量相位与相

位误差之间的关系,基于该关系,对前述矢量相位加上或减去相位误差量而对该矢量相位进行校正,前述相位误差是前述换算相位输出步骤输出的矢量相位与真实矢量相位之间的误差。

6. 根据权利要求 3 所述的相位检测方法,其特征在于,

还包括校正步骤,在该步骤中,预先存储前述换算相位输出步骤输出的矢量相位与相位误差之间的关系,基于该关系,对前述矢量相位加上或减去相位误差量而对该矢量相位进行校正,前述相位误差是前述换算相位输出步骤输出的矢量相位与真实矢量相位之间的误差。

7. 一种相位检测装置,其特征在于,具有:

区间判断电路,其基于输入的 3 相信号振幅值,判断位于连续的多个区间中的哪一个区间,其中,在上述多个区间中各相信号振幅的大小关系不同;

振幅归一化处理电路,其对于由前述区间判断电路判断出的区间的前述各个相之间的信号振幅,进行第 1 减法处理和第 2 减法处理,通过将第 2 减法处理结果除以第 1 减法处理结果的归一化处理求出归一化振幅值,其中,该第 1 减法处理为,在各区间中,从最大相的值中减去最小相的值,该第 2 减法处理为,在规定的区间中,从最大相的值中减去中间相的值,在该规定区间的下一个区间中,从中间相的值中减去最小相的值,在之后的区间中,交替地重复进行该第 2 减法处理中的两种减法计算;以及

换算相位输出电路,其与由前述区间判断电路判断出的区间对应,将通过前述振幅归一化处理电路求得的归一化振幅值换算为以规定相为基准的 1 个周期的矢量相位并输出。

8. 根据权利要求 7 所述的相位检测装置,其特征在于,

前述换算相位输出电路,在前述区间中包含前述矢量相位的起点和终点的情况下,将终点以后的矢量相位值换算为起点以后的矢量相位值。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的相位检测装置,其特征在于,

前述振幅归一化处理电路,将第二减法处理结果的值除以第一减法处理结果的值而获得的值,作为归一化振幅值输出,该第二减法处理是前述区间内各相的信号振幅间的减法处理结果为线性特性的减法处理,该第一减法处理是前述区间内各相的信号振幅间的减法处理结果为大致平坦特性的减法处理。

10. 一种相位检测装置,其特征在于,具备:

区间判断电路,其判断位于下述第 1~第 6 区间这 6 个连续的区间中的哪一个区间,在上述第 1~第 6 区间中,输入的 R 相、S 相、T 相这 3 相信号的信号振幅值的大小关系分别为 R 相的值 > T 相的值 > S 相的值、R 相的值 > S 相的值 > T 相的值、S 相的值 > R 相的值 > T 相的值、S 相的值 > T 相的值 > R 相的值、T 相的值 > S 相的值 > R 相的值、T 相的值 > R 相的值 > S 相的值;

振幅归一化处理电路,其以下述方式进行运算处理,以求出归一化振幅值,即,在前述第 1 区间按照 $(R \text{ 相的值} - T \text{ 相的值}) / (R \text{ 相的值} - S \text{ 相的值})$ 进行运算处理,在前述第 2 区间按照 $(S \text{ 相的值} - T \text{ 相的值}) / (R \text{ 相的值} - T \text{ 相的值})$ 进行运算处理,在前述第 3 区间按照 $(S \text{ 相的值} - R \text{ 相的值}) / (S \text{ 相的值} - T \text{ 相的值})$ 进行运算处理,在前述第 4 区间按照 $(T \text{ 相的值} - R \text{ 相的值}) / (S \text{ 相的值} - R \text{ 相的值})$ 进行运算处理,在前述第 5 区间按照 $(T \text{ 相的值} - S \text{ 相的值}) / (T \text{ 相的值} - R \text{ 相的值})$ 进行运算处理,在前述第 6 区间按照 $(R \text{ 相的值} - S \text{ 相的值}) /$

(T 相的值 -S 相的值) 进行运算处理; 以及

换算相位输出电路, 其将前述第 1 ~ 第 6 区间的归一化振幅值分别乘以相位 60° , 将前述第 1 ~ 第 6 区间的乘法值分别加上相位 30° 、 90° 、 150° 、 210° 、 270° 、 330° 而计算出相位值, 并在前述第 6 区间的相位值大于或等于 360° 的情况下, 从该相位值中减去相位 360° 而求出相位值, 由此换算并输出 1 个周期的矢量相位。

11. 根据权利要求 7、8、10 中任一项所述的相位检测装置, 其特征在于,

还具有校正电路, 其预先存储前述换算相位输出电路输出的矢量相位与相位误差之间的关系, 基于该关系, 对前述矢量相位加上或减去相位误差量而对该矢量相位进行校正, 前述相位误差是前述换算相位输出电路输出的矢量相位与真实矢量相位之间的误差。

12. 根据权利要求 9 所述的相位检测装置, 其特征在于,

还具有校正电路, 其预先存储前述换算相位输出电路输出的矢量相位与相位误差之间的关系, 基于该关系, 对前述矢量相位加上或减去相位误差量而对该矢量相位进行校正, 前述相位误差是前述换算相位输出电路输出的矢量相位与真实矢量相位之间的误差。

13. 一种同步电动机的控制方法, 其特征在于,

包含功率因数运算步骤, 在该步骤中, 根据权利要求 1 至 5 中任一项记载的相位检测方法求出施加于同步电动机上的电压的矢量相位和电流的矢量相位, 并实时地运算电压的矢量相位和电流的矢量相位间的相位差、即功率因数,

在该控制方法中, 根据该求得的功率因数而控制前述同步电动机。

14. 根据权利要求 13 所述的同步电动机的控制方法, 其特征在于,

包含反馈控制步骤, 在该步骤中, 设定前述功率因数的目标值, 进行使前述功率因数运算步骤运算出的功率因数接近前述目标值的反馈控制。

15. 根据权利要求 14 所述的同步电动机的控制方法, 其特征在于,

在前述反馈控制步骤中, 通过对施加于前述同步电动机上的电压振幅值进行振幅调节, 而进行使前述功率因数接近前述目标值的控制。

16. 根据权利要求 14 或 15 所述的同步电动机的控制方法, 其特征在于,

在前述反馈控制步骤中, 通过进行相位调节以使前述功率因数运算步骤中运算出的功率因数与前述目标值间的误差减小, 而进行使前述功率因数接近前述目标值的控制。

17. 根据权利要求 14 或 15 所述的同步电动机的控制方法, 其特征在于,

在前述反馈控制步骤中, 与基于各相的电压值及各相的电流值而求出的前述同步电动机的扭矩对应, 使前述振幅调节及 / 或前述相位调节的增益改变。

18. 根据权利要求 16 所述的同步电动机的控制方法, 其特征在于,

在前述反馈控制步骤中, 与基于各相的电压值及各相的电流值而求出的前述同步电动机的扭矩对应, 使前述振幅调节及 / 或前述相位调节的增益改变。

19. 根据权利要求 14 至 18 中任一项所述的同步电动机的控制方法, 其特征在于,

前述反馈控制步骤包括目标功率因数变换步骤, 在该步骤中基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系, 而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

在该反馈控制步骤中, 使用该目标值, 进行使前述功率因数运算步骤中运算出的功率因数接近前述目标值的反馈控制。

20. 根据权利要求 16 所述的同步电动机的控制方法,其特征在于,

前述反馈控制步骤包括目标功率因数变换步骤,在该步骤中基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

在该反馈控制步骤中,使用该目标值,进行使前述功率因数运算步骤中运算出的功率因数接近前述目标值的反馈控制。

21. 根据权利要求 17 所述的同步电动机的控制方法,其特征在于,

前述反馈控制步骤包括目标功率因数变换步骤,在该步骤中基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

在该反馈控制步骤中,使用该目标值,进行使前述功率因数运算步骤中运算出的功率因数接近前述目标值的反馈控制。

22. 根据权利要求 18 所述的同步电动机的控制方法,其特征在于,

前述反馈控制步骤包括目标功率因数变换步骤,在该步骤中基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

在该反馈控制步骤中,使用该目标值,进行使前述功率因数运算步骤中运算出的功率因数接近前述目标值的反馈控制。

23. 根据权利要求 19 所述的同步电动机的控制方法,其特征在于,

在目标功率因数变换步骤中,通过反馈各相电压值和各相电流值,而输出与扭矩对应的功耗效率高的功率因数的目标值。

24. 根据权利要求 13 至 15 中任一项所述的同步电动机的控制方法,其特征在于,

在前述功率因数运算步骤中,基于施加于前述同步电动机上的驱动控制信号,检测施加于前述同步电动机上的前述电压的矢量相位。

25. 根据权利要求 16 所述的同步电动机的控制方法,其特征在于,

在前述功率因数运算步骤中,基于施加于前述同步电动机上的驱动控制信号,检测施加于前述同步电动机上的前述电压的矢量相位。

26. 根据权利要求 17 所述的同步电动机的控制方法,其特征在于,

在前述功率因数运算步骤中,基于施加于前述同步电动机上的驱动控制信号,检测施加于前述同步电动机上的前述电压的矢量相位。

27. 根据权利要求 18 所述的同步电动机的控制方法,其特征在于,

在前述功率因数运算步骤中,基于施加于前述同步电动机上的驱动控制信号,检测施加于前述同步电动机上的前述电压的矢量相位。

28. 根据权利要求 19 所述的同步电动机的控制方法,其特征在于,

在前述功率因数运算步骤中,基于施加于前述同步电动机上的驱动控制信号,检测施加于前述同步电动机上的前述电压的矢量相位。

29. 根据权利要求 20 或 21 所述的同步电动机的控制方法,其特征在于,

在前述功率因数运算步骤中,基于施加于前述同步电动机上的驱动控制信号,检测施加于前述同步电动机上的前述电压的矢量相位。

30. 根据权利要求 23 所述的同步电动机的控制方法,其特征在于,
在前述功率因数运算步骤中,基于施加于前述同步电动机上的驱动控制信号,检测施加于前述同步电动机上的前述电压的矢量相位。

31. 一种同步电动机的控制装置,其特征在于,具备:

电压相位检测单元,其利用权利要求 7 至 11 中任一项所述的相位检测装置,求出施加于同步电动机上的电压的矢量相位;

电流相位检测单元,其利用权利要求 7 至 11 中任一项所述的相位检测装置,求出施加于前述同步电动机上的电流的矢量相位;

功率因数运算单元,其实时地运算由前述电压相位检测单元检测出的电压矢量相位和由前述电流相位检测单元检测出的电流矢量相位间的相位差、即功率因数;以及

控制单元,其基于前述功率因数运算单元求得的功率因数对前述同步电动机进行同步控制。

32. 一种同步电动机的控制装置,其特征在于,具备:

电流相位检测单元,其利用权利要求 7 至 11 中任一项所述的相位检测装置,求出施加于前述同步电动机上的电流的矢量相位;

功率因数运算单元,其实时地运算电压的矢量相位与由前述电流相位检测单元检测出的电流的矢量相位之间的相位差、即功率因数;以及

控制单元,其基于前述功率因数运算单元求得的功率因数对前述同步电动机进行同步控制,

输入至前述功率因数运算单元的电压矢量相位是电压驱动信号的相位,该电压驱动信号由前述控制单元控制,用于生成施加于前述同步电动机上的交流信号。

33. 根据权利要求 31 或 32 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

具备目标功率因数设定单元,其设定前述功率因数的目标值,

前述控制单元进行下述反馈控制,即,使由前述功率因数运算单元求得的功率因数接近由前述目标功率因数设定单元设定的目标值。

34. 根据权利要求 33 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

前述控制单元,通过对施加于前述同步电动机上的电压振幅值进行振幅调节,而使前述功率因数接近前述目标值的控制。

35. 根据权利要求 33 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

前述控制单元,通过进行相位调节以使由前述功率因数运算单元运算出的功率因数与前述目标值间的误差减小,而使前述功率因数接近前述目标值的控制。

36. 根据权利要求 34 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

前述控制单元,通过进行相位调节以使由前述功率因数运算单元运算出的功率因数与前述目标值间的误差减小,而使前述功率因数接近前述目标值的控制。

37. 根据权利要求 33 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

前述控制单元,与基于各相的电压值及各相的电流值而求出的前述同步电动机的扭矩对应,使前述振幅调节及/或前述相位调节的增益改变。

38. 根据权利要求 34 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

前述控制单元,与基于各相的电压值及各相的电流值而求出的前述同步电动机的扭矩

对应,使前述振幅调节及 / 或前述相位调节的增益改变。

39. 根据权利要求 35 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

前述控制单元,与基于各相的电压值及各相的电流值而求出的前述同步电动机的扭矩对应,使前述振幅调节及 / 或前述相位调节的增益改变。

40. 根据权利要求 36 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

前述控制单元,与基于各相的电压值及各相的电流值而求出的前述同步电动机的扭矩对应,使前述振幅调节及 / 或前述相位调节的增益改变。

41. 根据权利要求 31、32、34 中任一项所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

具备目标功率因数变换单元,其基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

前述目标功率因数设定单元,设定为从前述目标功率因数变换单元输出的功率因数。

42. 根据权利要求 33 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

具备目标功率因数变换单元,其基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

前述目标功率因数设定单元,设定为从前述目标功率因数变换单元输出的功率因数。

43. 根据权利要求 35 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

具备目标功率因数变换单元,其基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

前述目标功率因数设定单元,设定为从前述目标功率因数变换单元输出的功率因数。

44. 根据权利要求 36 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

具备目标功率因数变换单元,其基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

前述目标功率因数设定单元,设定为从前述目标功率因数变换单元输出的功率因数。

45. 根据权利要求 37 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

具备目标功率因数变换单元,其基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

前述目标功率因数设定单元,设定为从前述目标功率因数变换单元输出的功率因数。

46. 根据权利要求 38 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

具备目标功率因数变换单元,其基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

前述目标功率因数设定单元,设定为从前述目标功率因数变换单元输出的功率因数。

47. 根据权利要求 39 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

具备目标功率因数变换单元,其基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与

该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

前述目标功率因数设定单元,设定为从前述目标功率因数变换单元输出的功率因数。

48. 根据权利要求 40 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

具备目标功率因数变换单元,其基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,

前述目标功率因数设定单元,设定为从前述目标功率因数变换单元输出的功率因数。

49. 根据权利要求 41 所述的同步电动机的控制装置,其特征在于,

前述目标功率因数变换单元,通过反馈各相电压值和各相电流值,而输出前述功率因数的目标值。

相位检测方法及其装置、同步电动机的控制方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及可以实时检测多相信号的相位的相位检测方法和相位检测装置,以及使用上述相位检测方法、相位检测装置,无需使用传感器即可对同步电动机进行同步控制的同步电动机控制方法以及同步电动机控制装置。

背景技术

[0002] 目前,同步电动机的控制装置,例如,具有:交流电流检测器,其检测电动机电流,设置在从逆变电路向电动机的一条供电线路上;电动机电流相位检测单元,其检测电流过零时的电动机电压相位,并以该电流过零时的电动机电压相位作为基准,检测电动机电流相位;以及运算单元,其用于运算逆变电路的电压指令或频率指令,以使该电动机电流相位成为所希望的电动机电流相位,并且该控制装置基于该运算结果控制逆变电路(参照专利文献1)。

[0003] 此外,作为同步电动机的无传感器控制方法,具有使用电动机的电压方程而推定转子位置的方法。该控制方法需要高精度的电动机常数,并且必须进行复杂的控制(参照专利文献2)。

[0004] 专利文献1:特开平5-236789号公报

[0005] 专利文献2:特开2006-223085号公报

[0006] 专利文献3:特开2004-336876号公报

发明内容

[0007] 然而,上述专利文献1示出的技术中存在下述问题,即,由于在电流过零时检测电动机电流相位与电动机电压相位的相位差,因此是每隔 180° 进行相位检测,检测精度差,无法进行瞬时相位的检测。

[0008] 此外,通常在实时检测相位差的情况下,是对3相信号进行3相/2相转换而求得矢量相位。例如,如果对图1上部所示的3相信号进行3相/2相转换,则如图4的上段所示,可以得到实轴成分及虚轴成分的波形,如果使用该实轴成分和虚轴成分进行反正切转换,则如图4下段所示,可以求得矢量相位。然而,该种普通的矢量相位检测方法存在这样的问题,即,获得检测结果前的处理复杂,在实时进行相位检测的情况下,需要具有较高运算能力的装置。

[0009] 此外,在专利文献3中记载了可以在任意时刻进行相位检测的技术,但即使是该种相位检测方法,对离散的瞬时相位进行检测这一点没有变化,仍存在检测精度差,无法进行实时的相位检测这一问题。

[0010] 本发明就是鉴于上述情况而提出的,目的在于提供通过简单的结构就可以实时进行高精度矢量相位检测的相位检测方法以及相位检测装置,同时提供使用上述相位检测方法和相位检测装置对同步电动机进行同步控制的同步电动机控制方法以及同步电动机控制装置。

[0011] 为了解决上述问题并实现上述目的,本发明所涉及的相位检测方法的特征在于,包括:区间判断步骤,在该步骤中基于输入的多相信号振幅值,判断位于连续的多个区间中的哪一个区间,其中,在上述多个区间中各相信号振幅的大小关系不同;振幅归一化处理步骤,在该步骤中,分别针对在前述区间判断步骤中判断出的区间,对前述各个相之间的信号振幅进行规定的减法处理,并使用该减法处理结果在该区间内求出归一化后的归一化振幅值;以及换算相位输出步骤,在该步骤中,与通过前述区间判断步骤判断出的区间对应,将通过前述振幅归一化处理步骤求得的归一化振幅值换算为以规定相为基准的1个周期的矢量相位并输出。

[0012] 此外,本发明所涉及的相位检测方法的特征在于,在上述技术方案中,在前述换算相位输出步骤中,在前述区间中包含前述矢量相位的起点和终点的情况下,将终点以后的矢量相位值换算为起点以后的矢量相位值。

[0013] 此外,本发明所涉及的相位检测方法的特征在于,在上述技术方案中,在前述振幅归一化处理步骤中,将第二减法处理结果的值除以第一减法处理结果的值而获得的值,作为归一化振幅值输出,该第二减法处理是前述区间内各相的信号振幅间的减法处理结果为线性特性的减法处理,该第一减法处理是前述区间内各相的信号振幅间的减法处理结果为大致平坦特性的减法处理。

[0014] 另外,本发明所涉及的相位检测方法的特征在于,包含:区间判断步骤,在该步骤中,判断位于下述第1~第6区间这6个连续的区间中的哪一个区间,在上述第1~第6区间中,输入的R相、S相、T相这3相信号的信号振幅值的大小关系分别为R相的值>T相的值>S相的值、R相的值>S相的值>T相的值、S相的值>R相的值>T相的值、S相的值>T相的值>R相的值、T相的值>S相的值>R相的值、T相的值>R相的值>S相的值;振幅归一化处理步骤,在该步骤中,以下述方式进行运算处理而在各区间内求出归一化后的归一化振幅值,即,在前述第1区间按照 $(R\text{相的值}-T\text{相的值})/(R\text{相的值}-S\text{相的值})$ 进行运算处理,在前述第2区间按照 $(S\text{相的值}-T\text{相的值})/(R\text{相的值}-T\text{相的值})$ 进行运算处理,在前述第3区间按照 $(S\text{相的值}-R\text{相的值})/(S\text{相的值}-T\text{相的值})$ 进行运算处理,在前述第4区间按照 $(T\text{相的值}-R\text{相的值})/(S\text{相的值}-R\text{相的值})$ 进行运算处理,在前述第5区间按照 $(T\text{相的值}-S\text{相的值})/(T\text{相的值}-R\text{相的值})$ 进行运算处理,在前述第6区间按照 $(R\text{相的值}-S\text{相的值})/(T\text{相的值}-S\text{相的值})$ 进行运算处理;以及换算相位输出步骤,在该步骤中,将前述第1~第6区间的归一化振幅值分别乘以相位 60° ,将前述第1~第6区间的乘法值分别加上相位 30° 、 90° 、 150° 、 210° 、 270° 、 330° 而计算出相位值,并在前述第6区间的相位值大于或等于 360° 的情况下,从该相位值中减去相位 360° 而求出相位值,由此换算并输出1个周期的矢量相位。

[0015] 此外,本发明所涉及的相位检测方法的特征在于,在上述技术方案中,还包括校正步骤,在该步骤中,预先存储前述换算相位输出步骤输出的矢量相位与相位误差之间的关系,基于该关系,对前述矢量相位加上或减去相位误差量而对该矢量相位进行校正,前述相位误差是前述换算相位输出步骤输出的矢量相位与真实矢量相位之间的误差。

[0016] 此外,本发明所涉及的相位检测装置的特征在于,具有:区间判断电路,其基于输入的多相信号振幅值,判断位于连续的多个区间中的哪一个区间,其中,在上述多个区间中各相信号振幅的大小关系不同;振幅归一化处理电路,其分别针对由前述区间判断电路判

断出的区间,对前述各个相之间的信号振幅进行规定的减法处理,并使用该减法处理结果在该区间内求出归一化后的归一化振幅值;以及换算相位输出电路,其与由前述区间判断电路判断出的区间对应,将通过前述振幅归一化处理电路求得的归一化振幅值换算为以规定相为基准的1个周期的矢量相位并输出。

[0017] 此外,本发明所涉及的相位检测装置的特征在于,在上述技术方案中,前述换算相位输出电路,在所述区间中包含前述矢量相位的起点和终点的情况下,将终点以后的矢量相位值换算为起点以后的矢量相位值。

[0018] 此外,本发明所涉及的相位检测装置的特征在于,在上述技术方案中,前述振幅归一化处理电路,将第二减法处理结果的值除以第一减法处理结果的值而获得的值,作为归一化振幅值输出,该第二减法处理是前述区间内各相的信号振幅间的减法处理结果为线性特性的减法处理,该第一减法处理是前述区间内各相的信号振幅间的减法处理结果为大致平坦特性的减法处理。

[0019] 另外,本发明所涉及的相位检测装置的特征在于,具备:区间判断电路,其判断位于下述第1~第6区间这6个连续的区间中的哪一个区间,在上述第1~第6区间中,输入的R相、S相、T相这3相信号的信号振幅值的大小关系分别为R相的值>T相的值>S相的值、R相的值>S相的值>T相的值、S相的值>R相的值>T相的值、S相的值>T相的值>R相的值、T相的值>S相的值>R相的值、T相的值>R相的值>S相的值;振幅归一化处理电路,其以下述方式进行运算处理而求出归一化振幅值,即,在所述第1区间按照 $(R\text{相的值}-T\text{相的值})/(R\text{相的值}-S\text{相的值})$ 进行运算处理,在所述第2区间按照 $(S\text{相的值}-T\text{相的值})/(R\text{相的值}-T\text{相的值})$ 进行运算处理,在所述第3区间按照 $(S\text{相的值}-R\text{相的值})/(S\text{相的值}-T\text{相的值})$ 进行运算处理,在所述第4区间按照 $(T\text{相的值}-R\text{相的值})/(S\text{相的值}-R\text{相的值})$ 进行运算处理,在所述第5区间按照 $(T\text{相的值}-S\text{相的值})/(T\text{相的值}-R\text{相的值})$ 进行运算处理,在所述第6区间按照 $(R\text{相的值}-S\text{相的值})/(T\text{相的值}-S\text{相的值})$ 进行运算处理;以及换算相位输出电路,其将前述第1~第6区间的归一化振幅值分别乘以相位 60° ,将前述第1~第6区间的乘法值分别加上相位 30° 、 90° 、 150° 、 210° 、 270° 、 330° 而计算出相位值,并在前述第6区间的相位值大于或等于 360° 的情况下,从该相位值中减去相位 360° 而求出相位值,由此换算并输出1个周期的矢量相位。

[0020] 另外,本发明所涉及的相位检测装置的特征在于,在上述技术方案中,还具有校正电路,其预先存储前述换算相位输出电路输出的矢量相位与相位误差之间的关系,基于该关系,对前述矢量相位加上或减去相位误差量而对该矢量相位进行校正,前述相位误差是前述换算相位输出电路输出的矢量相位与真实矢量相位之间的误差。

[0021] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制方法,其特征在于,包含功率因数运算步骤,在该步骤中,根据上述技术方案中任一项所记载的相位检测方法求出施加于同步电动机上的电压的矢量相位和电流的矢量相位,并实时地运算电压的矢量相位和电流的矢量相位间的相位差、即功率因数,在该控制方法中,根据该求得的功率因数而控制前述同步电动机。

[0022] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制方法的特征在于,在上述技术方案中,包含反馈控制步骤,在该步骤中,设定前述功率因数的目标值,进行使前述功率因数运算步骤运算出的功率因数接近前述目标值的反馈控制。

[0023] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制方法的特征在于,在上述技术方案中,在前述反馈控制步骤中,通过对施加于前述同步电动机上的电压振幅值进行振幅调节,而进行使前述功率因数接近前述目标值的控制。

[0024] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制方法的特征在于,在上述技术方案中,在前述反馈控制步骤中,通过进行相位调节以使前述功率因数运算步骤中运算出的功率因数与前述目标值间的误差减小,而进行使前述功率因数接近前述目标值的控制。

[0025] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制方法的特征在于,在上述技术方案中,在前述反馈控制步骤中,与基于各相的电压值及各相的电流值而求出的前述同步电动机的扭矩对应,使前述振幅调节及/或前述相位调节的增益改变。

[0026] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制方法的特征在于,在上述技术方案中,前述反馈控制步骤包括目标功率因数变换步骤,在该步骤中基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩、与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,在该反馈控制步骤中,使用该目标值,进行使前述功率因数运算步骤中运算出的功率因数接近前述目标值的反馈控制。

[0027] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制方法的特征在于,在上述技术方案中,在目标功率因数变换步骤中,通过反馈各相电压值和各相电流值,而输出与扭矩对应的功耗效率高的功率因数的目标值。

[0028] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制方法的特征在于,在上述技术方案中,在前述功率因数运算步骤中,基于施加于前述同步电动机上的驱动控制信号,检测施加于前述同步电动机上的前述电压的矢量相位。

[0029] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制装置的特征在于,具备:电压相位检测单元,其利用上述技术方案中任一项所述的相位检测装置,求出施加于同步电动机上的电压的矢量相位;电流相位检测单元,其利用上述技术方案中任一项所述的相位检测装置,求出施加于前述同步电动机上的电流的矢量相位;功率因数运算单元,其实时地运算由前述电压相位检测单元检测出的电压矢量相位和由前述电流相位检测单元检测出的电流矢量相位间的相位差、即功率因数;以及控制单元,其基于前述功率因数运算单元求得的功率因数对前述同步电动机进行同步控制。

[0030] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制装置的特征在于,具备:电流相位检测单元,其利用上述技术方案中任一项所述的相位检测装置,求出施加于前述同步电动机上的电流的矢量相位;功率因数运算单元,其实时地运算电压的矢量相位与由前述电流相位检测单元检测出的电流的矢量相位之间的相位差、即功率因数;以及控制单元,其基于前述功率因数运算单元求得的功率因数对前述同步电动机进行同步控制,输入至前述功率因数运算单元的电压矢量相位是电压驱动信号的相位,该电压驱动信号由前述控制单元控制,用于生成施加于前述同步电动机上的交流信号。

[0031] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制装置的特征在于,在上述技术方案中,具备进行前述功率因数的目标值设定的目标功率因数设定机构,前述控制机构进行使通过前述功率因数运算机构求得的功率因数接近通过前述目标功率因数设定机构设定的目标值的反馈控制。

[0032] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制装置的特征在于,在上述技术方案中,前

述控制单元,通过对施加于前述同步电动机上的电压振幅值进行振幅调节,而进行使前述功率因数接近前述目标值的控制。

[0033] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制装置的特征在于,在上述技术方案中,前述控制单元,通过进行相位调节以使由前述功率因数运算单元运算出的功率因数与前述目标值间的误差减小,而进行使前述功率因数接近前述目标值的控制。

[0034] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制装置的特征在于,在上述技术方案中,前述控制单元,与基于各相的电压值及各相的电流值而求出的前述同步电动机的扭矩对应,使前述振幅调节及/或前述相位调节的增益改变。

[0035] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制装置的特征在于,在上述技术方案中,具备目标功率因数变换单元,其基于根据各相的电压值和各相的电流值求得的扭矩与该扭矩时的功耗效率高的功率因数之间的关系,而输出与各相电压值和各相电流值对应的功率因数目标值,前述目标功率因数设定单元,设定为从前述目标功率因数变换单元输出的功率因数。

[0036] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制装置的特征在于,在上述技术方案中,前述目标功率因数变换单元,通过反馈各相电压值和各相电流值,而输出前述功率因数的目标值。

[0037] 发明的效果

[0038] 本发明所涉及的相位检测方法以及相位检测装置,基于输入的多相信号的振幅值,判断位于连续的多个区间中的哪一个区间,在上述多个区间中各相信号振幅的大小关系不同,然后,分别针对该判断出的区间而在前述各个相之间对信号振幅进行规定的减法处理,使用该减法处理结果在该区间内求出归一化后的归一化振幅值,与通过前述区间判断步骤判断出的区间对应,将求得的归一化振幅值换算为以规定相为基准的1个周期的矢量相位并输出,因此无需进行反正切运算等复杂且大负荷的运算处理,就能够实时进行简易且高精度的相位检测。

[0039] 此外,本发明所涉及的同步电动机的控制方法及同步电动机的控制装置,使用上述相位检测方法或相位检测装置,求出施加于同步电动机上的电压的矢量相位及电流的矢量相位,实时运算电压矢量相位和电流矢量相位间的相位差、即功率因数,因此可以以简单的结构实现高精度的同步电动机的同步运行控制。

附图说明

[0040] 图1是说明本发明的实施方式1的相位检测方法的概念的说明图(之一)。

[0041] 图2是说明本发明的实施方式1的相位检测方法的概念的说明图(之二)。

[0042] 图3-1是表示使用本发明的实施方式1的相位检测方法检测出的相位与误差之间关系的图(之一)。

[0043] 图3-2是表示使用本发明的实施方式1的相位检测方法检测出的相位与误差之间关系的图(之二)。

[0044] 图4是说明使用通过3相/2相转换求得的实轴成分和虚轴成分进行反正切变换而计算矢量相位的说明图。

[0045] 图5是表示本发明的实施方式1的相位检测装置结构的电路图。

- [0046] 图 6 是表示本发明的实施方式 1 的相位检测装置变形例的结构的电路图。
- [0047] 图 7 是表示本发明的实施方式 2 的相位检测方法的处理流程的流程图。
- [0048] 图 8 是表示本发明的实施方式 2 的变形例的相位检测方法的处理流程的流程图。
- [0049] 图 9 是表示旋转坐标系中电压与电流间关系的图。
- [0050] 图 10 是表示旋转坐标系中电压变化、电流变化以及相位差变化间关系的图。
- [0051] 图 11 是表示本发明的实施方式 3 的同步电动机控制装置的结构的框图。
- [0052] 图 12 是表示本发明的实施方式 3 的同步电动机控制装置的第一变形例的结构的框图。
- [0053] 图 13 是表示本发明的实施方式 3 的同步电动机控制装置的第二变形例的结构的框图。
- [0054] 图 14 是表示本发明的实施方式 3 的同步电动机控制装置的第三变形例的结构的框图。
- [0055] 图 15 是表示扭矩与功耗效率最高的功率因数之间关系的图。
- [0056] 图 16 是表示本发明的实施方式 4 的同步电动机控制装置的结构的框图。

具体实施方式

[0057] 以下,说明用于实施本发明的最佳实施方式即相位检测方法、相位检测装置、同步电动机的控制方法以及同步电动机的控制装置。

[0058] (实施方式 1)

[0059] 图 1 和图 2 是表示本发明的实施方式 1 的相位检测方法的概念的图。图 1 上段的图表示 R 相、S 相、T 相这 3 相的信号。信号可以是电压也可是电流。各相信号的大小关系不同的区域存在 6 种,随着相位前进,按照 R 相信号 > T 相信号 > S 相信号、R 相信号 > S 相信号 > T 相信号、S 相信号 > R 相信号 > T 相信号、S 相信号 > T 相信号 > R 相信号、T 相信号 > S 相信号 > R 相信号、T 相信号 > R 相信号 > S 相信号的顺序反复。此外,相位每前进 60° 就发生该大小关系的改变,在 3 相信号中的任意 2 个交叉的点处改变。

[0060] 如果将这 6 个区域分别作为区间「0」~「5」,则与各区间对应的 3 相信号的相位,如图 1 的中段所示,区间「0」为 $30^\circ \sim 90^\circ$,区间「1」为 $90^\circ \sim 150^\circ$,区间「2」为 $150^\circ \sim 210^\circ$,区间「3」为 $210^\circ \sim 270^\circ$,区间「4」为 $270^\circ \sim 330^\circ$,区间「5」为 $330^\circ \sim 360^\circ$ 和 $0^\circ \sim 30^\circ$ 。

[0061] 这里,如果仔细观察各区间则会发现,例如,如区间「0」的 T 相所示,中间相的值相对于相位的变化是接近线性的波形变化。因此,考虑根据该中间相的值的变化的变化作为近似值而求出相位的变化,但由于该中间相的值随着 3 相的振幅变化而变化,因此无法使用该中间相的值自身求出相位的近似值。

[0062] 于是,在本发明的实施方式 1 中,首先,如图 1 的下段所示,进行下述处理:第 1 减法处理,在该处理中针对各区间,从最大相的值中减去最小相的值;以及第 2 减法处理,在该处理中,在区间「0」、「2」、「4」,从最大相的值中减去中间相的值,在区间「1」、「3」、「5」,从中间相的值中减去最小相的值。第 2 减法处理结果相对于相位的变化具有接近线性的关系,第 1 减法处理结果相对于相位的变化,变化较小。例如,如图 1 的下段所示,在区间「0」中,从 R 相的值中减去 T 相的值而得到的第 2 减法处理结果,相对于相位的变化具有接近线

性的特性,从R相的值中减去S相的值而获得的第1减法处理结果,相对于相位的变化具有变化较小的平坦的特性。

[0063] 然后,针对各个区间分别进行将第2减法处理结果除以第1减法处理结果的归一化处理。例如,在区间「0」,进行 $(R\text{相的值}-T\text{相的值})/(R\text{相的值}-S\text{相的值})$ 的除法而进行归一化处理。其结果,如图2的中段所示,在各区间,成为相对于相位的变化而从0至1大致线性变化的归一化后的值,并且不依赖于3相的振幅。

[0064] 然后,由于各区间的相位宽度为 60° ,因此,在各区间,分别将归一化值乘以60,向该乘法值在区间「0」~「5」分别加上相位 30° 、 90° 、 150° 、 210° 、 270° 、 330° 而计算出换算相位值,随后,在区间「5」的相位值大于或等于 360° 的情况下,从该相位值中减去相位 360° 而求得换算相位值,从而计算1个周期的矢量相位。其结果,如图2的下段所示,可以求出相对于相位的变化而在 360° 内线性变化的矢量相位。

[0065] 具体地说,得到的区间「1」($30^\circ \sim 90^\circ$)中每隔 1° 的换算相位值,如图3-1及图3-2所示。在这里,例如图4所示,进行反正切运算求得的实际相位值与本实施方式1求出的换算相位值间的误差为约 1.1° 以内的精度。其他区间也同样是约 1.1° 以内的精度,在全部区间中都可以以高精度而简单地求出矢量相位。

[0066] 在这里,说明将上述相位检测方法具体化的相位检测装置。图5是表示本发明实施方式1的相位检测装置的结构电路图。图5中,该相位检测装置大体具有3相信号源1、区间判断电路100、减法电路101、归一化电路102、以及换算相位输出电路103。

[0067] 3相信号源1输出R相、S相、T相这3相的信号。区间判断电路100根据R相、S相、T相的大小关系而判断处于实施方式1所示的区间「0」~「5」这6个区间中的哪一个区间,并输出其判别结果。区间判断电路100具有比较器2~4,比较器2~4分别在R相的值 $>$ S相的值时、S相的值 $>$ T相的值时、T相的值 $>$ R相的值时,各自输出「1」。与各比较器2~4的输出分支连接的NOT元件5~7分别在R相的值 $<$ S相的值时、S相的值 $<$ T相的值时、T相的值 $<$ R相的值时,各自输出「1」。各比较器2~4及NOT元件5~7的输出与AND元件8~13连接。使NOT元件6、7的输出输入至AND元件8,在R相的值 $>$ T相的值 $>$ S相的值时,也就是位于区间「0」时输出「1」。使比较器2、3的输出输入至AND元件9,当R相的值 $>$ S相的值 $>$ T相的值时,也就是位于区间「1」时输出「1」。使NOT元件5、7的输出输入至AND元件10,当S相的值 $>$ R相的值 $>$ T相的值时,也就是位于区间「2」时输出「1」。使比较器3、4的输出输入至AND元件11,当S相的值 $>$ T相的值 $>$ R相的值时,也就是位于区间「3」时输出「1」。使NOT元件5、6的输出输入至AND元件12,当T相的值 $>$ S相的值 $>$ R相的值时,也就是位于区间「4」时输出「1」。使比较器2、4的输出输入至AND元件13,当T相的值 $>$ R相的值 $>$ S相的值时,也就是位于区间「5」时输出「1」。

[0068] 减法电路101进行如图1下段或图2上段所示的减法处理。也就是说,减法电路101具有减法器14~16,分别进行 $(R\text{相的值}-S\text{相的值})$ 、 $(S\text{相的值}-T\text{相的值})$ 、 $(T\text{相的值}-R\text{相的值})$ 的减法运算,与各减法器14~16分支连接的极性反转器17~19,对减法器14~16的输出分别乘以 (-1) ,输出 $(S\text{相的值}-R\text{相的值})$ 、 $(T\text{相的值}-S\text{相的值})$ 、 $(R\text{相的值}-T\text{相的值})$ 。乘法器20、21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,分别将与区间「0」~「5」对应的第1减法处理结果和第2减法处理结果输出至归一化电路102。具体地讲,乘法器20~31将各减法器14~16及极性反转器17~19乘以来自区间判断电路100的输

出,仅将与从区间判断电路输出「1」的区间「0」~「5」对应的第 1 减法处理结果和第 2 减法处理结果向归一化电路 102 输出。例如,在区间「0」的情况下,从乘法器 20 输出 (R 相的值 -S 相的值),从乘法器 21 输出 (R 相的值 -T 相的值),从其他的乘法器 22 ~ 31 不输出任何值。

[0069] 归一化电路 102 进行如图 2 中段所示的振幅归一化处理。归一化电路 102 具有加法器 32 ~ 37,上述加法器 32 ~ 37 承担分支输出归一化运算即除法处理的分子和分子的功能,加法器 32 ~ 34 分支输出分母,加法器 35 ~ 37 分支输出分子。除法器 38 将分支输出至分子侧的值除以分支输出至分母侧的值,作为归一化振幅值 A 输出至换算相位输出电路 103。例如,位于区间「0」时,使从乘法器 20 输出的 (R 相的值 -S 相的值) 经由加法器 32、34 输入至除法器 38 的分母侧,使从乘法器 21 输出的 (R 相的值 -T 相的值) 经由加法器 35、37 输入至除法器 38 的分子侧,而进行区间「0」的振幅归一化运算。

[0070] 换算相位输出电路 103,进行如图 2 下段所示的换算相位值的输出处理。乘法器 39 将从归一化电路 102 输出的归一化值乘以 60,输出至加法器 49。另一方面,分别将区间判断电路 100 的 AND 元件 8 ~ 13 的输出输入至乘法器 40 ~ 45,在从各 AND 元件 8 ~ 13 输出「1」的情况下,分别将 30、90、150、210、270、330 这些值经由加法器 46 ~ 48 输出至加法器 49。加法器 49 对从乘法器 39 输出的值和从乘法器 40 ~ 45 的任一个输出的值进行加法运算,作为矢量相位即换算相位值 B 输出。在这里,与加法器 49 分支连接的比较器 50,比较加法器 49 的输出是否大于或等于 360,在大于或等于的情况下,向乘法器 51 输出「1」,乘法器 51 将该「1」乘以 360,向加法器 52 输出使其加上 (-360),将从加法器 49 输出的值中减去 360 而得到的值作为换算相位值 B 输出。也就是说,进行区间「5」的换算相位值 B 的输出处理。

[0071] 本实施方式 1 能够以简单的结构,实时地以与真实矢量相位间的误差在约 1.1° 以内的高精度求得矢量相位。

[0072] 此外,也可以如图 6 所示,设置对换算相位值 B 进行相位校正的校正部 104。具体地讲,校正部 104 只要针对所有区间设置下述校正表,进行消除其误差的加减运算处理即可,在上述校正表中存储有如图 3-1 及图 3-2 所示的换算相位值与误差间的关系。这样,可以确保各区间中相位的线性特性,进行精度更高的矢量相位的检测。此外,在使用校正表的情况下,在值处于存储在校正表中的值区间中时进行校正处理即可。

[0073] 此外,上述第 2 减法处理为,在区间「0」、「2」、「4」中,从最大相的值中减去中间相的值,在区间「1」、「3」、「5」中从中间相的值中减去最小相的值,但区间「0」、「2」、「4」的减法处理和区间「1」、「3」、「5」的减法处理也可以进行相反的减法处理。也就是说,也可以在区间「0」、「2」、「4」中,从中间相的值中减去最小相的值,在区间「1」、「3」、「5」中,从最大相的值中减去中间相的值。在这种情况下,例如,可以通过再从 1 中减去该第 2 运算处理结果,执行上述换算相位值的输出处理。

[0074] 此外,在上述实施方式 1 中,以 3 相信号作为一个例子进行了说明,但并不仅限于此,也同样适合于多相的信号。此种情况下,在各相信号中两个相的信号交叉的位置进行区间分割,在各区间通过进行获得线性特性的减法处理和获得大致平坦特性的减法处理而求出归一化值。

[0075] (实施方式 2)

[0076] 下面,说明本发明的实施方式 2。在上述实施方式 1 中,由硬件构成相位检测装置,但是在本实施方式 2 中,是通过软件实现上述实施方式 1 中示出的相位检测方法。该软件是作为程序存储在 ROM 或 RAM 中,通过由 CPU 读入而执行的,通过微型计算机等实现。

[0077] 图 7 是表示本发明的实施方式 2 的相位检测方法的处理流程的流程图。在图 7 中,首先读入 3 相信号源 1 的 R 相、S 相、T 相的各值(步骤 S101),基于上述读入的三个值对 6 种大小关系进行判断(步骤 S102)。

[0078] 在满足 R 相的值 > T 相的值 > S 相的值这一大小关系(区间「0」)的情况下,求出归一化振幅值 $P0 = (R-T)/(R-S)$ (步骤 S103),然后求出换算相位值 $Ph = 30 + P0 \times 60$ (步骤 S104),将该求出的换算相位值 Ph 作为矢量相位输出,并结束本处理。

[0079] 在满足 R 相的值 > S 相的值 > T 相的值这一大小关系(区间「1」)的情况下,求出归一化振幅值 $P1 = (S-T)/(R-T)$ (步骤 S105),然后求出换算相位值 $Ph = 90 + P1 \times 60$ (步骤 S106),将该求出的换算相位值 Ph 作为矢量相位输出,并结束本处理。

[0080] 在满足 S 相的值 > R 相的值 > T 相的值这一大小关系(区间「2」)的情况下,求出归一化振幅值 $P2 = (S-R)/(S-T)$ (步骤 S107),然后求出换算相位值 $Ph = 150 + P2 \times 60$ (步骤 S108),将该求出的换算相位值 Ph 作为矢量相位输出,并结束本处理。

[0081] 在满足 S 相的值 > T 相的值 > R 相的值这一大小关系(区间「3」)的情况下,求出归一化振幅值 $P3 = (T-R)/(S-R)$ (步骤 S109),然后求出换算相位值 $Ph = 210 + P3 \times 60$ (步骤 S110),将该求出的换算相位值 Ph 作为矢量相位输出,并结束本处理。

[0082] 在满足 T 相的值 > S 相的值 > R 相的值这一大小关系(区间「4」)的情况下,求出归一化振幅值 $P4 = (T-S)/(T-R)$ (步骤 S111),然后求出换算相位值 $Ph = 270 + P4 \times 60$ (步骤 S112),将该求出的换算相位值 Ph 作为矢量相位输出,并结束本处理。

[0083] 在满足 T 相的值 > R 相的值 > S 相的值这一大小关系(区间「5」)的情况下,求出归一化振幅值 $P5 = (R-S)/(T-S)$ (步骤 S113),然后求出换算相位值 $Ph = 330 + P5 \times 60$ (步骤 S114)。然后,判断该求得的换算相位值 Ph 是否大于或等于 360(步骤 S115),在换算相位值 Ph 大于或等于 360 的情况下,从该换算相位值 Ph 中减去 360(步骤 S116),将该减法运算出的换算相位值 Ph 作为矢量相位输出,在换算相位值 Ph 小于 360 的情况下,将该换算相位值 Ph 直接作为矢量相位输出,并结束本处理。

[0084] 另外,如图 8 所示,也可进行下述校正处理(步骤 S201),将该校正处理后的值作为矢量相位输出,上述校正处理是对按照图 7 所示的处理流程求出的换算相位值 Ph 的误差进行校正。而且,该校正处理与图 6 所示的校正部 104 相同,使用校正表进行校正处理。由此,可以以简单的结构,实时进行更高精度的相位检测。

[0085] (实施方式 3)

[0086] 下面,说明本发明的实施方式 3。实施方式 3 中使用上述实施方式 1、2 所示的相位检测装置或相位检测方法而实现同步电动机的控制装置。

[0087] 首先,对同步运行中的同步电动机,例如永磁型(PM)电动机进行说明。图 9 是同步运行中的 PM 电动机在旋转坐标系中的感应电压、电流、电压的矢量图。在这里, L_d 是 d 轴电抗, L_q 是 q 轴电抗, Φ 是电动机的感应电压常数, I 是电流, V 是电压。此外, ϕI 是电流相位, ϕV 是电压相位, ϕpf 是电流与电压的相位差,表示功率因数。产生的扭矩为 T 。

[0088] 参照图 9,由于

$$[0089] \quad \phi I = \arctan(I_q/I_d)$$

$$[0090] \quad \phi V = \arctan((\Phi + L_d I_d)/L_q I_q), \text{ 因此}$$

$$[0091] \quad \phi_{pf} = \phi V - \phi I$$

$$[0092] \quad = \arctan((\Phi + L_d I_d)/L_q I_q) - \arctan(I_q/I_d) \cdots (1) \text{ 的关系式成立。而且}$$

$$[0093] \quad V = \omega ((\Phi + L_d I_d)^2 + (L_q I_q)^2)^{1/2} \cdots (2)$$

[0094] 扭矩 T 如众所周知那样, 满足下式

$$[0095] \quad T = \Phi I_q + (L_q - L_d) I_d I_q \cdots (3)$$

[0096] 式 (1) ~ (3) 如果在运行中持续同时成立, 则持续同步。运行中, 扭矩 T 由负载决定, 在短时间内是恒定的。此外, 角频率 ω 在短时间内也是恒定的。因此, 如果功率因数 ϕ_{pf} 恒定, 则根据式 (1) 及式 (3), 可唯一确定 I_d 、 I_q , 电压 V 的大小也可以唯一确定。因此, 对于功率因数 ϕ_{pf} , 只要控制电压 V 以使式 (2) 成立, 就可以使式 (1) ~ (3) 在运行中成立, 由此保持运行的同步。

[0097] 由于图 9 所示的矢量图是旋转坐标系, 功率因数 ϕ_{pf} 是电压与电流间的相对相位差, 所以并不必须是旋转坐标系的相位差, 使用固定坐标系同样可以检测。另外, 由于电压 V 的大小在旋转坐标系和固定坐标系中也是不变的, 所以使用固定坐标系也可以检测。

[0098] 因此, 根据利用固定坐标系检测出的功率因数, 通过控制电压的振幅, 就可实现运行的同步。也就是说, 不需要检测位置就可以实现无传感器的同步运行。

[0099] 在这里, 对根据电压振幅的相位差进行同步电动机控制的方法进行说明。图 10 是简化表示电压变化与电流和电压的相位差变化间关系的说明图。图 10 中, 在扭矩 T 恒定时, 可以认为 I_q 大致恒定, 因此电流 I 的矢量终点平行于 d 轴移动。另一方面, 电压 V 的矢量终点平行于 q 轴垂直地移动。其方向为随着电流 I 的矢量终点在图中从右向左移动, 电压 V 的矢量终点在图中从上向下移动。这时, 电压 V 的振幅变小。

[0100] 另外, 如果对电压 V 的矢量相位变化和电流 I 的矢量相位变化进行比较, 则可知电流 I 的相位变化量比电压 V 的相位变化量大, 如图 10 所示, 相位差从相位差 ϕ_{pfa} 减小至相位差 ϕ_{pfb} 。也就是说, 电压 V 的振幅与相位差 ϕ_{pf} 的关系为, 如果电压 V 的振幅变大, 则相位差 ϕ_{pf} 也变大, 如果电压 V 的振幅变小, 则相位差 ϕ_{pf} 也变小。因此, 只要利用该电压 V 的振幅与相位差 ϕ_{pf} 的关系, 控制与相位差 ϕ_{pf} 相对应的控制电压 V 的振幅, 就可满足上述式 (1) ~ (3)。

[0101] 其结果, 在要增大相位差 ϕ_{pf} 时, 使电压 V 的振幅变大, 在要减小相位差 ϕ_{pf} 时, 使电压 V 的振幅变小, 由此可以使式 (1) ~ (3) 成立, 进行同步电动机的同步控制 (第 1 控制方法)。

[0102] 但是, 在负载急剧变化或进行速度控制的情况下, 仅通过电压 V 的振幅控制, 使上述式 (1) ~ (3) 成立需要时间, 会产生不稳定的状态。因此, 必须在式 (1) ~ (3) 成立前的期间使相位差 ϕ_{pf} 稳定化, 优选对相位差 ϕ_{pf} 的变化进行反馈, 直接控制电压相位, 以阻碍相位差 ϕ_{pf} 变化 (第 2 控制方法)。

[0103] 使式 (1) ~ (3) 成立的电压 V 的振幅与相位差 ϕ_{pf} 的关系依赖于扭矩、角速度。因此, 作为最佳的调节增益, 优选相应于扭矩、角速度, 而改变调节器的增益 (第 3 控制方法)。

[0104] 通过使用上述第 1 ~ 第 3 控制方法, 可以在起动时、负载改变时、速度控制时无传

感器地进行稳定且高精度的同步电动机的同步控制。

[0105] 图 11 是表示本发明的实施方式 3 的同步电动机控制装置的结构框图。该同步电动机的控制装置是所谓的逆变装置,由开关元件 202 ~ 207 构成电桥电路,各开关元件 202 ~ 207 通过由驱动电路 213 进行驱动控制,而将来自直流电源 201 的直流输入转换为 3 相交流信号,作为同步电动机 211 的交流电源而供给该 3 相交流信号。此外,同步电动机 211 驱动负载 212。

[0106] 电压检测器 214 从同步电动机 211 的输入端检测 3 相电压振幅值,在该输入端输入由电桥电路输出的 3 相交流信号。电压相位运算器 215 基于该 3 相电压振幅值运算电压的矢量相位、即电压相位 ϕV 。另一方面,在同步电动机 211 的输入端设置电流检测器 208 ~ 210,检测 3 相的电流振幅值。电流相位运算器 216 基于由电流检测器 208 ~ 210 检测出的 3 相电流振幅值运算电流的矢量相位、即电流相位 ϕI 。在这里,电压相位运算器 215 及电流相位运算器 216 分别是由上述实施方式 1、2 所示的相位检测装置或使用相位检测方法的装置实现的。此外,电压相位运算器 215 及电流相位运算器 216,可以由实施方式 1 所示的电路实现,也可以由实施方式 2 所示的软件实现。无论实现方式如何,都可以使电压相位运算器 215 及电流相位运算器 216 分别以简单的结构实时且高精度地检测电压相位 ϕV 、电流相位 ϕI 。

[0107] 此外,图 9 和图 10 所示的电压相位 ϕV 和电流相位 ϕI 为旋转坐标系中的相位,但由于电压相位运算器 215 及电流相位运算器 216 分别运算出的电压相位 ϕV 和电流相位 ϕI 是用于运算相位差 ϕpf 的相位,因此并不必须是旋转坐标中的相位,也可以是固定坐标中的相位运算结果。

[0108] 功率因数运算器 217 对功率因数 ϕpf 进行运算,并输出至减法器 220,该功率因数 ϕpf 是从电压相位运算器 215 及电流相位运算器 216 分别输出的电压相位 ϕV 和电流相位 ϕI 之间的相位差。另一方面,目标功率因数设定器 218 将所设定的功率因数目标值输出至减法器 220。减法器 220 从由功率因数运算器 217 输出的功率因数 ϕpf 中减去功率因数目标值,将得到的功率因数偏差 $\Delta \phi$ 输出至振幅·相位调节器 224。

[0109] 另一方面,目标频率设定器 219 将目标频率 ω 输出至积分器 225,由积分器 225 对目标频率 ω 进行积分而转换为基准相位 $\phi e0$,并输出至振幅·相位调节器 224。

[0110] 振幅·相位调节器使用第 1 ~ 第 3 控制方法,在相位误差 $\Delta \phi$ 小幅扩大时,作为输出使电压 V 振幅变大的电压振幅 Vs 这样的控制单元,具有例如通过可变增益的 I 调节器和 PI 调节器使振幅增益变化等振幅调节功能,在相位误差 $\Delta \phi$ 大幅扩大时,作为输出使电压 V 的基准相位 $\phi e0$ 延迟的相位量 Φe 这样的控制单元,具有例如通过可变增益的 I 调节器和 PI 调节器的输出对基准相位 $\phi e0$ 进行微调等相位调节功能。

[0111] 正弦波发生器 221 基于从振幅·相位调节器 224 输出的电压振幅 Vs 及相位量 Φe 而生成正弦波,并输出至比较器 223 的正端子。将来自三角波发生器 222 的三角波输入至比较器 223 的负端子,比较器 223 将基于该三角波进行调制后的 PWM 控制信号输出至驱动电路 213,驱动电路 213 驱动控制各开关元件 202 ~ 207 而输出 3 相交流信号。

[0112] 在本实施方式 3 中,利用振幅·相位调节器 224 的振幅调节功能,将电压 V 调节至满足式 (1) ~ (3) 而实现同步运行,利用相位调节功能直接控制相位,保持过渡的稳定性,可以实现速度变化时、负载变化时以及启动时的运行。此外,可以进行这种高精度的同步运

行的原因在于,电压相位运算器 215 及电流相位运算器 216 可以实时进行相位检测。并且,不需要进行同步电动机的转子位置推定这样复杂的处理,就能够以简单的结构进行高精度的同步电动机的同步运行控制。

[0113] 此外,由于根据本控制方法或本控制装置,在电动机的控制中与电动机常量(线圈电抗(Ld、Lq)、感应电压常数、线圈电阻值、惯性矩等)的依赖性很小,因此可以缩短当前使用的各种电动机必需的用于对电动机常量进行控制适应性检测的时间,具有降低作业成本、容易应用于不同种类电动机的优点。

[0114] 此外,电压相位运算器 215 通过设置电压检测器 214 而检测实际的 3 相电压,但是,上述 3 相电压由来自电桥电路的输出而确定,所以如图 12 所示,也可以构成为直接使用正弦波发生器 221 的输出相位。此种情况下,将电压检测器 214 及电压相位运算器 215 这一结构省去,使结构更为简单。

[0115] 另外,如图 13 所示,也可以构成为将图 11 所示的振幅·相位调节器 224 分离成振幅调节器 226 和相位调节器 227。此种情况下,振幅调节器 226 向正弦波发生器 221 输出用以将功率因数偏差 $\Delta \phi$ 调小的电压振幅 V_s ,相位调节器 227 向加法器 228 输出用以将功率因数偏差 $\Delta \phi$ 调小的相位调整量,加法器 228 将在基准相位 ϕ_{e0} 中加上相位调整量而得到的相位量 ϕ_e 输出至正弦波发生器 221。

[0116] 此外,也可以如图 14 所示,使用第 1 控制方法,仅调整电压 V 的振幅以使功率因数偏差 $\Delta \phi$ 变小。此种情况下,由于不设置图 13 所示的相位调整器 227 和加法器 228,因此结构更加简单。此外,来自积分器 225 的基准相位 ϕ_{e0} 直接输出至正弦波发生器 221。该图 14 所示的同步电动机控制装置,适用于速度变动或负载变动较小的同步电动机的控制。

[0117] (实施方式 4)

[0118] 下面,对本发明的实施方式 4 进行说明。本实施方式 4 能够以最佳功率因数进行同步运行,从而能够提高功耗效率。

[0119] 由于同步电动机的驱动状态由功率因数、扭矩大致唯一地确定,因此通过将扭矩和与其对应的功耗效率高的最佳功率因数间的关系表格化,并设定为最佳功率因数,可以实现与驱动目的相匹配的同步运行。

[0120] 图 15 是表示以扭矩作为参数的情况下功耗效率高的最佳功率因数特性的图。图 15 的上段表示以扭矩作为参数,与电流 I_d 变化相对应的功率因数的变化,图 15 的下段表示以扭矩作为参数,与电流 I_d 变化相对的电流大小的变化。从图 15 上段可以看出,能够使用的功率因数 ϕ_{pf} 的范围由扭矩大小限制。例如,当扭矩为 1Nm 时,将功率因数 ϕ_{pf} 设定为小于或等于 50 多度就可以运行,但是如果扭矩为 10Nm,则不设定为小于或等于 -30 多度就无法运行。也就是说,必须与扭矩值配合地设定功率因数。

[0121] 此外,由于图 15 下段的电流大小相当于电阻损耗,因此在该电流为最小的情况下电阻损耗最小,功耗效率最高。如果将该功耗效率最高的多个点 P1,分别描绘为与图 15 的上段对应的扭矩曲线上的点 P2,则可以求得效率最高曲线 L。也就是说,求出功耗效率最高的功率因数与扭矩间的关系。

[0122] 因此,如图 16 所示,在图 11 所示的结构中设置目标功率因数变换部 229,该目标功率因数变换部 229 使用存储有上述功耗效率最高的功率因数与上述扭矩间关系的表,与输入的扭矩对应向目标功率因数设定器 218 输出功耗效率最高的功率因数。对于输入的扭

矩,只要在监视由电压检测器 214 检测的 R 相、S 相、T 相的电压 V_r 、 V_s 、 V_t 的同时,监视由电流检测器 208 ~ 210 检测的 R 相、S 相、T 相的电流 I_r 、 I_s 、 I_t ,而进行扭矩运算即可。

[0123] 在本实施方式 4 中,由于检测各相的电压和电流,根据上述检测出的值计算扭矩,与该计算出的扭矩对应地设定使功耗效率最高的功率因数的目标值,因此可以进行功耗效率高的同步运行。

[0124] 此外,在上述实施方式 4 中,与扭矩对应地设定使功耗效率最高的功率因数的目标值,但是由于扭矩与同步电动机的角频率 ω 成反比,所以也可以构成为检测该角频率 ω ,与基于该检测出的角频率得出的扭矩对应地设定使功耗效率最高的功率因数的目标值。

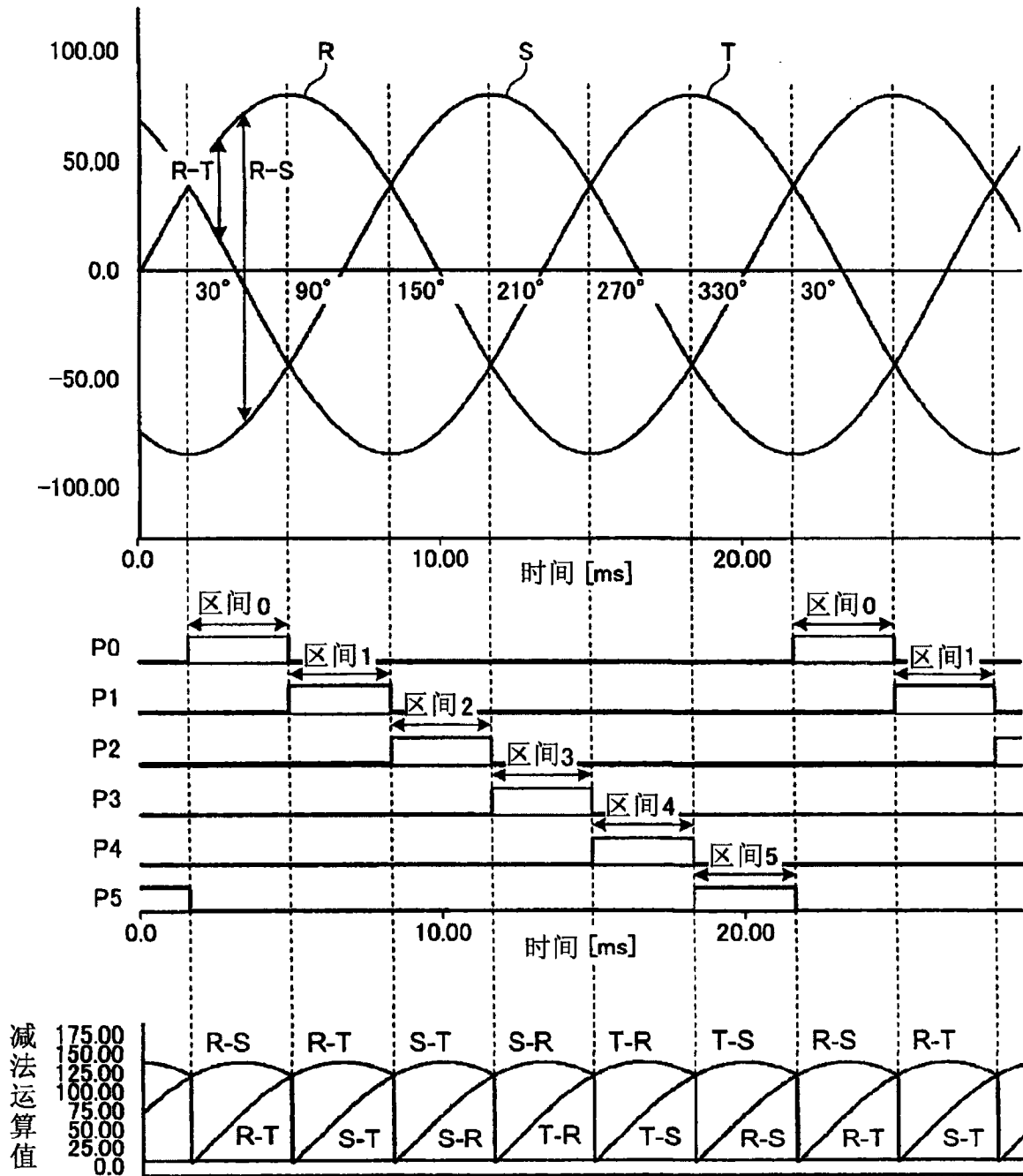


图 1

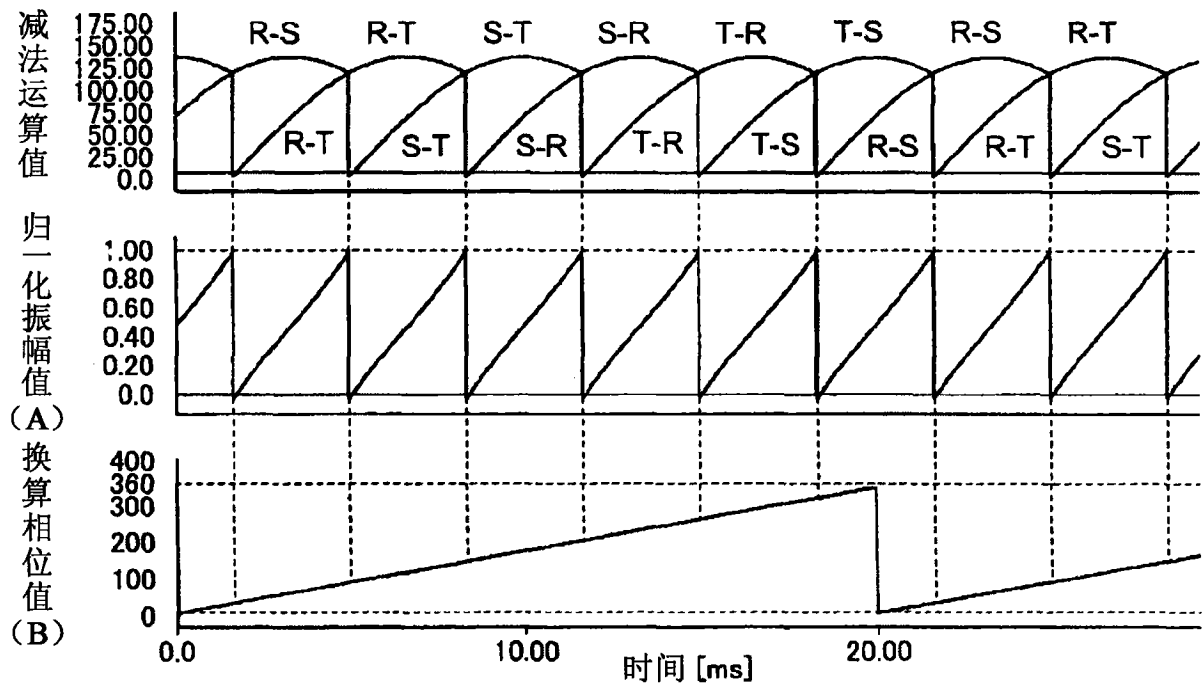


图 2

实际值	归一化值	换算相位值	误差
30	0.00	30.00	0.00
31	0.02	31.20	-0.20
32	0.04	32.37	-0.37
33	0.06	33.52	-0.52
34	0.08	34.66	-0.66
35	0.10	35.77	-0.77
36	0.11	36.87	-0.87
37	0.13	37.94	-0.94
38	0.15	39.01	-1.01
39	0.17	40.05	-1.05
40	0.18	41.09	-1.09
41	0.20	42.11	-1.11
42	0.22	43.12	-1.12
43	0.24	44.11	-1.11
44	0.25	45.10	-1.10
45	0.27	46.08	-1.08
46	0.28	47.04	-1.04
47	0.30	48.00	-1.00
48	0.32	48.96	-0.96
49	0.33	49.90	-0.90
50	0.35	50.84	-0.84
51	0.36	51.77	-0.77
52	0.38	52.70	-0.70
53	0.39	53.62	-0.62
54	0.41	54.54	-0.54
55	0.42	55.45	-0.45
56	0.44	56.37	-0.37
57	0.45	57.28	-0.28
58	0.47	58.19	-0.19
59	0.48	59.09	-0.09
60	0.50	60.00	0.00

图 3-1

实际值	归一化值	换算相位值	误差
61	0.52	60.91	0.09
62	0.53	61.81	0.19
63	0.55	62.72	0.28
64	0.56	63.63	0.37
65	0.58	64.55	0.45
66	0.59	65.46	0.54
67	0.61	66.38	0.62
68	0.62	67.30	0.70
69	0.64	68.23	0.77
70	0.65	69.16	0.84
71	0.67	70.10	0.90
72	0.68	71.04	0.96
73	0.70	72.00	1.00
74	0.72	72.96	1.04
75	0.73	73.92	1.08
76	0.75	74.90	1.10
77	0.76	75.89	1.11
78	0.78	76.88	1.12
79	0.80	77.89	1.11
80	0.82	78.91	1.09
81	0.83	79.95	1.05
82	0.85	80.99	1.01
83	0.87	82.06	0.94
84	0.89	83.13	0.87
85	0.90	84.23	0.77
86	0.92	85.34	0.66
87	0.94	86.48	0.52
88	0.96	87.63	0.37
89	0.98	88.80	0.20
90	1.00	90.00	0.00

图 3-2

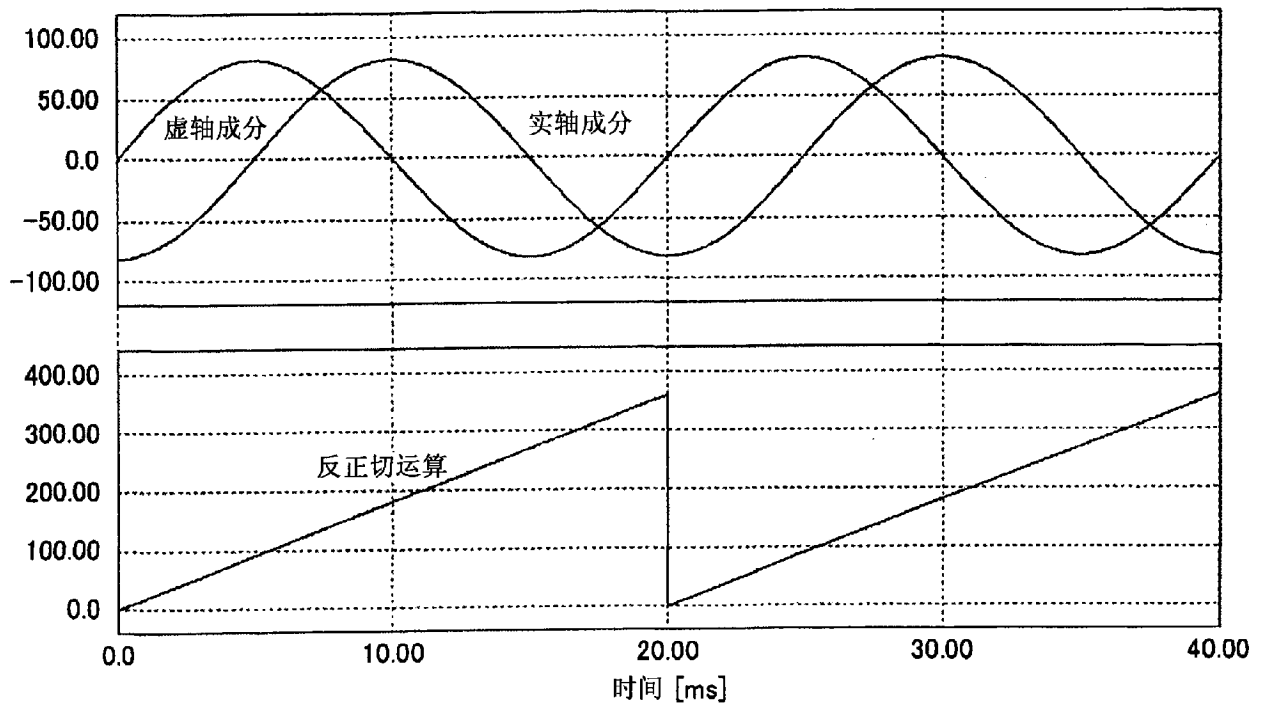


图 4

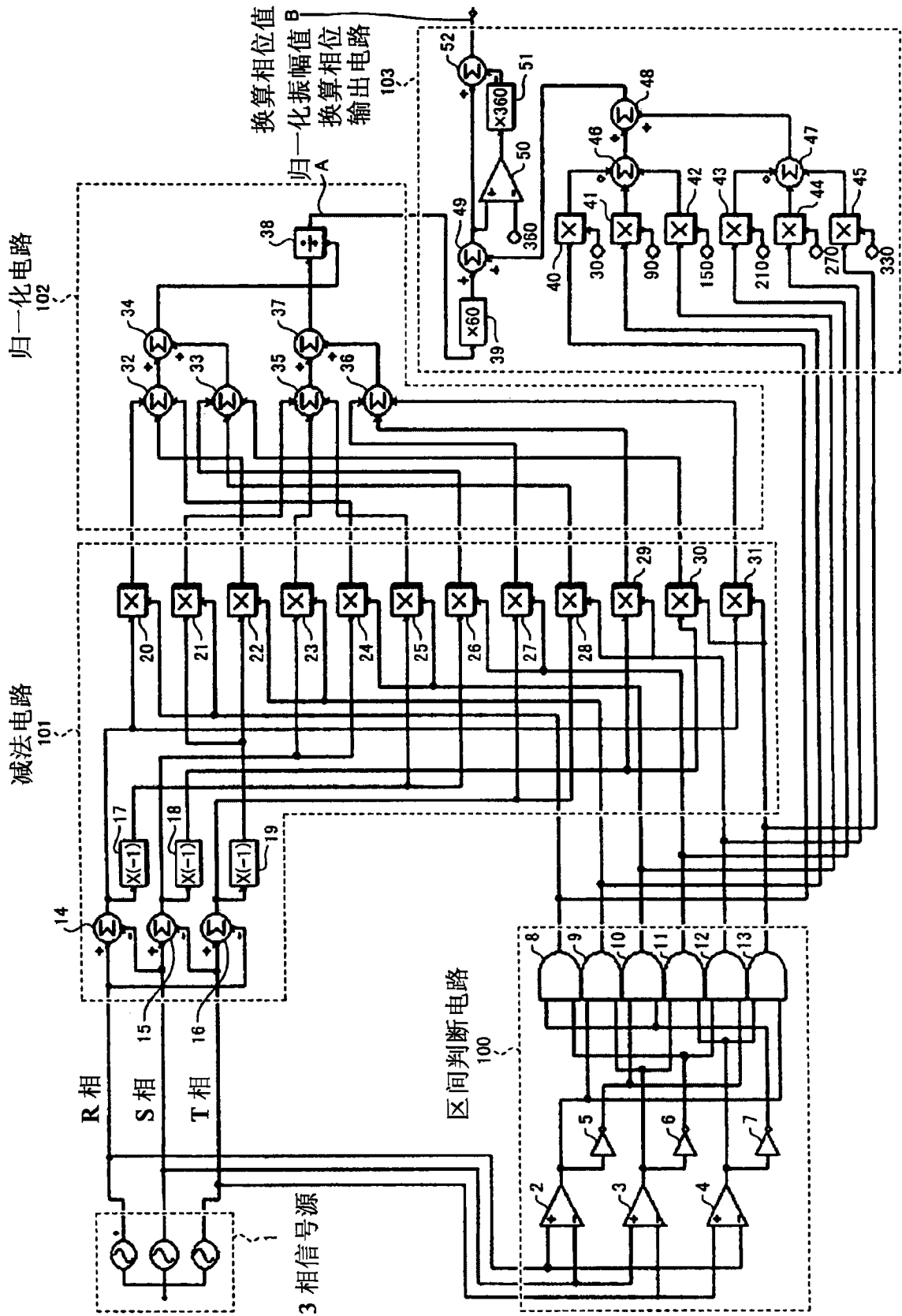


图 5

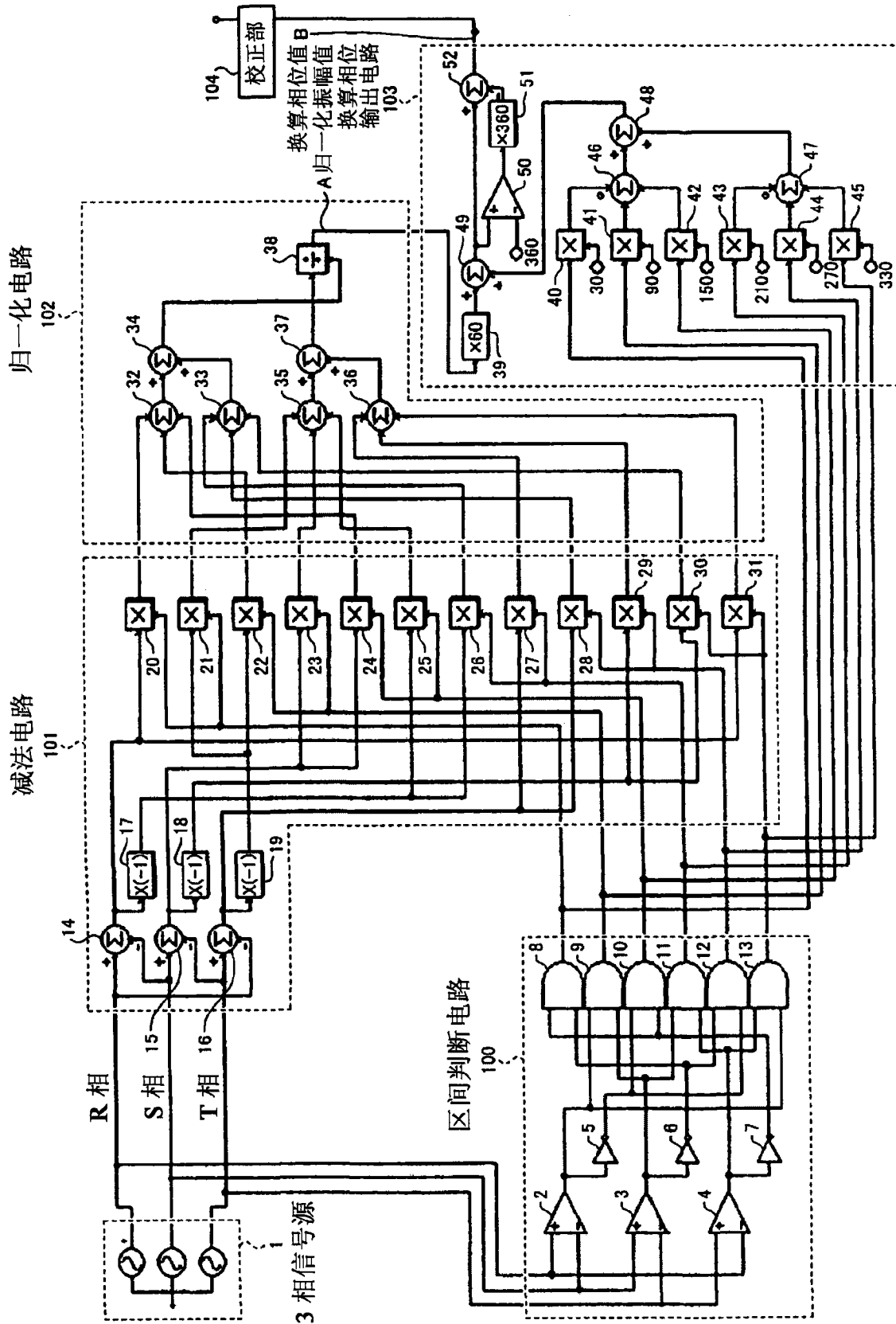


图 6

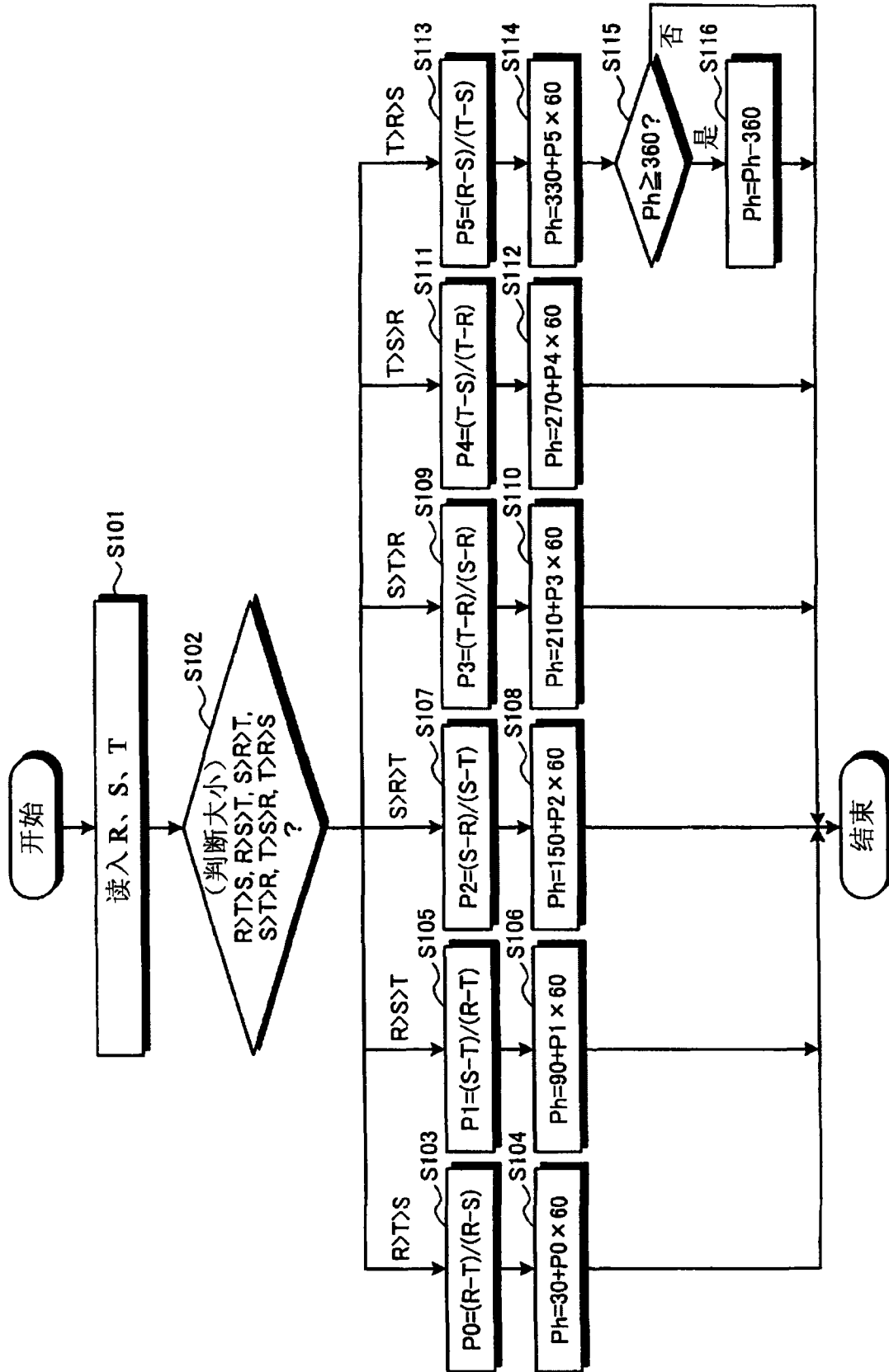


图 7

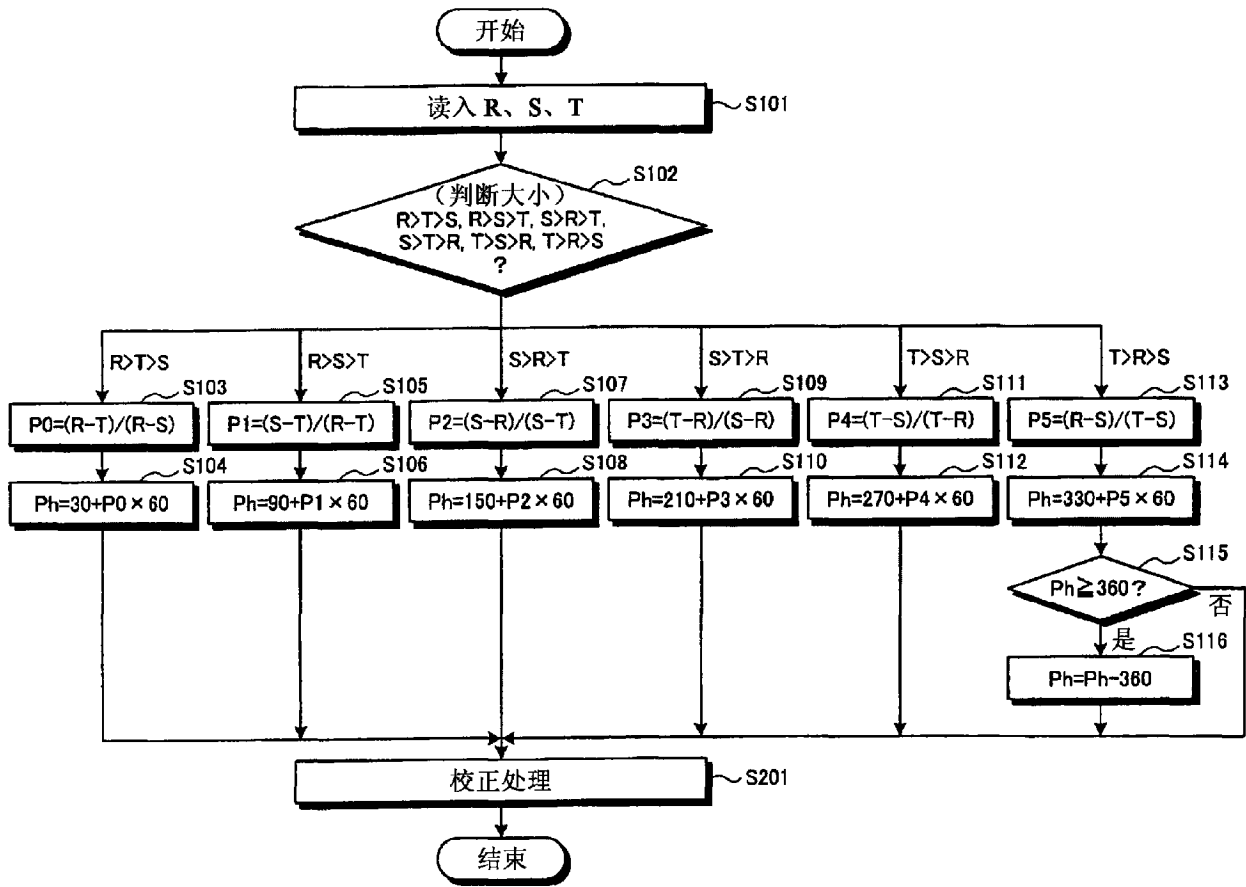


图 8

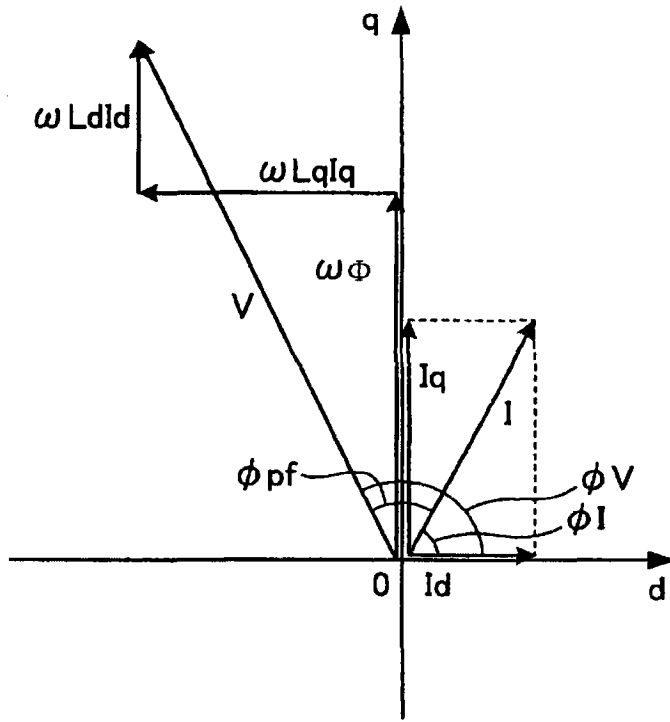


图 9

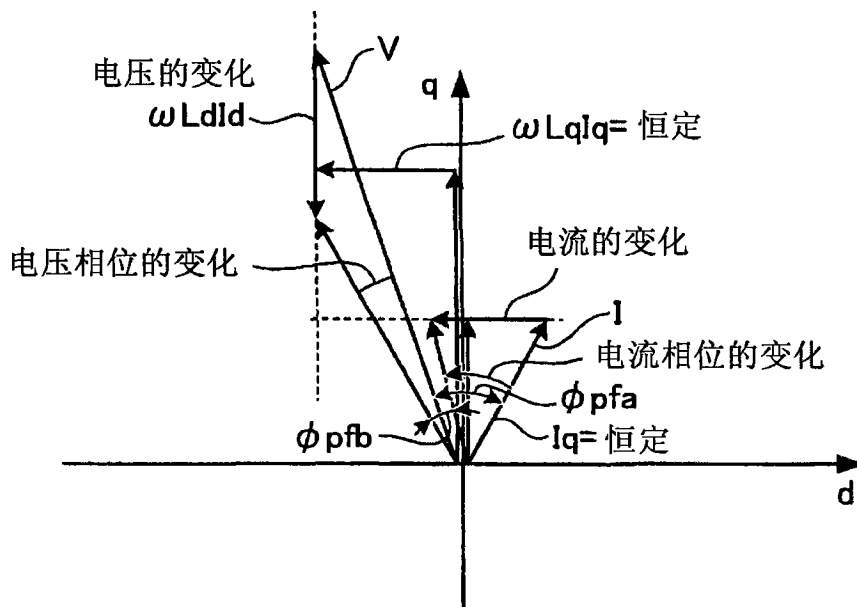


图 10

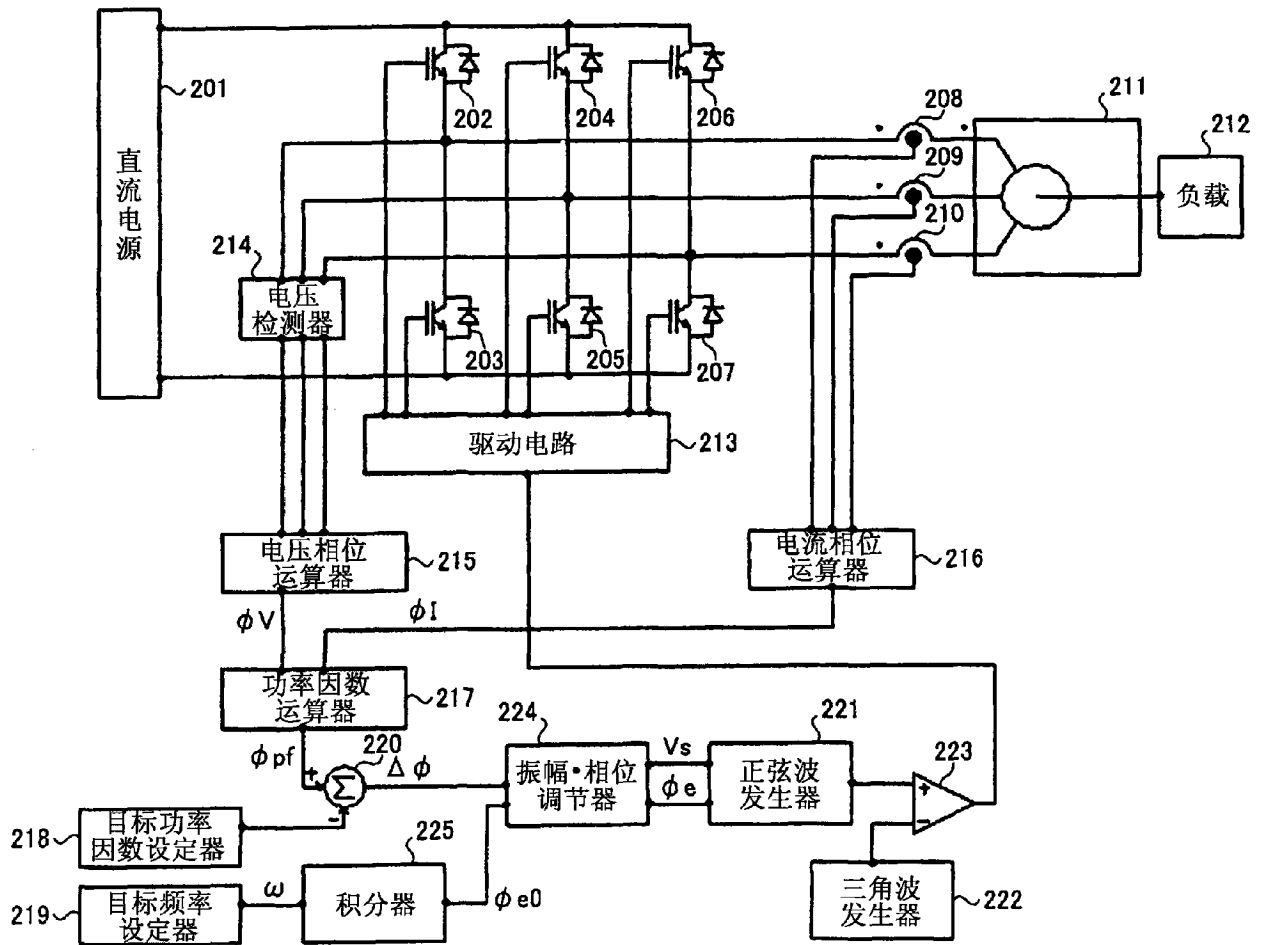


图 11

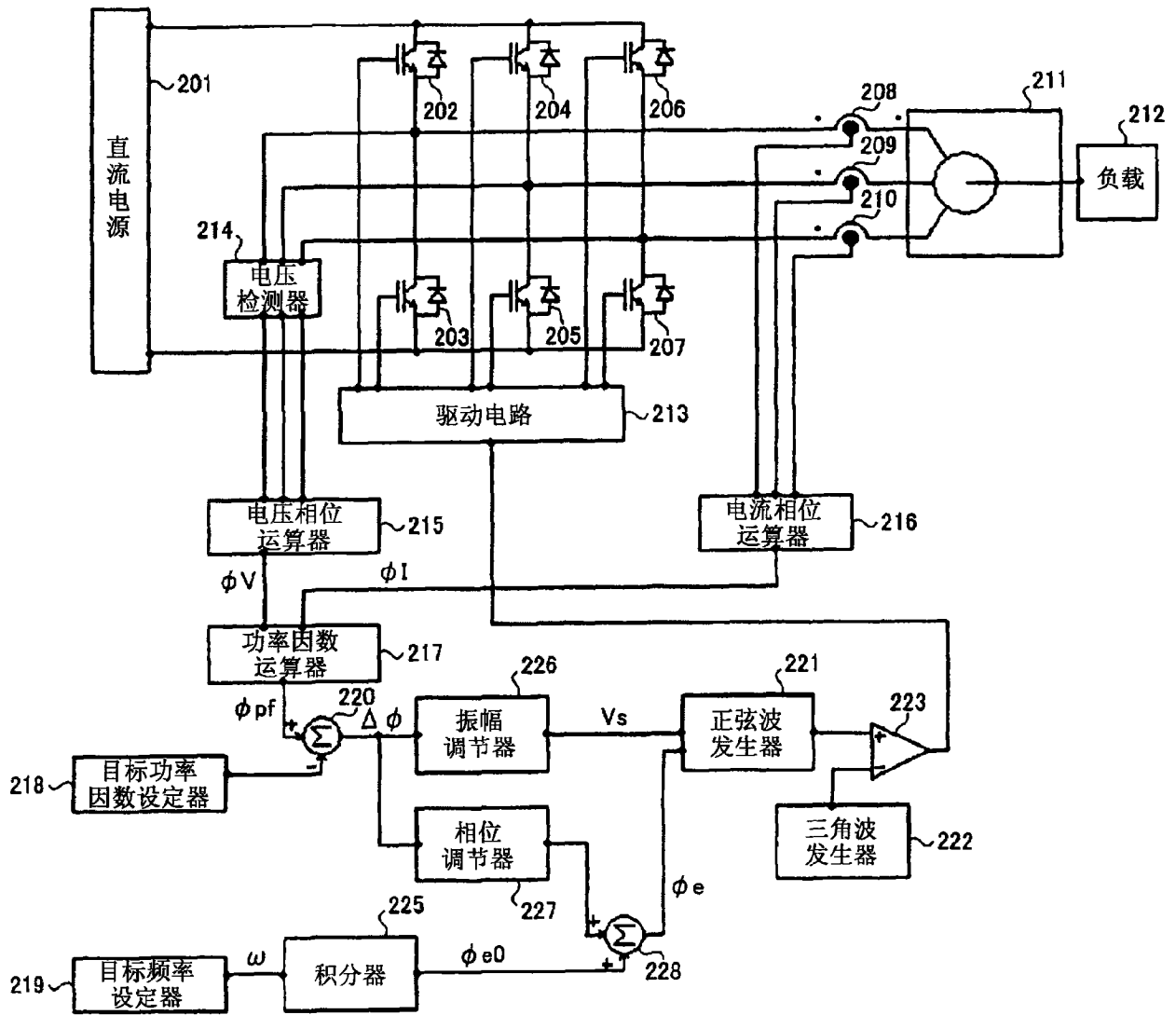


图 13

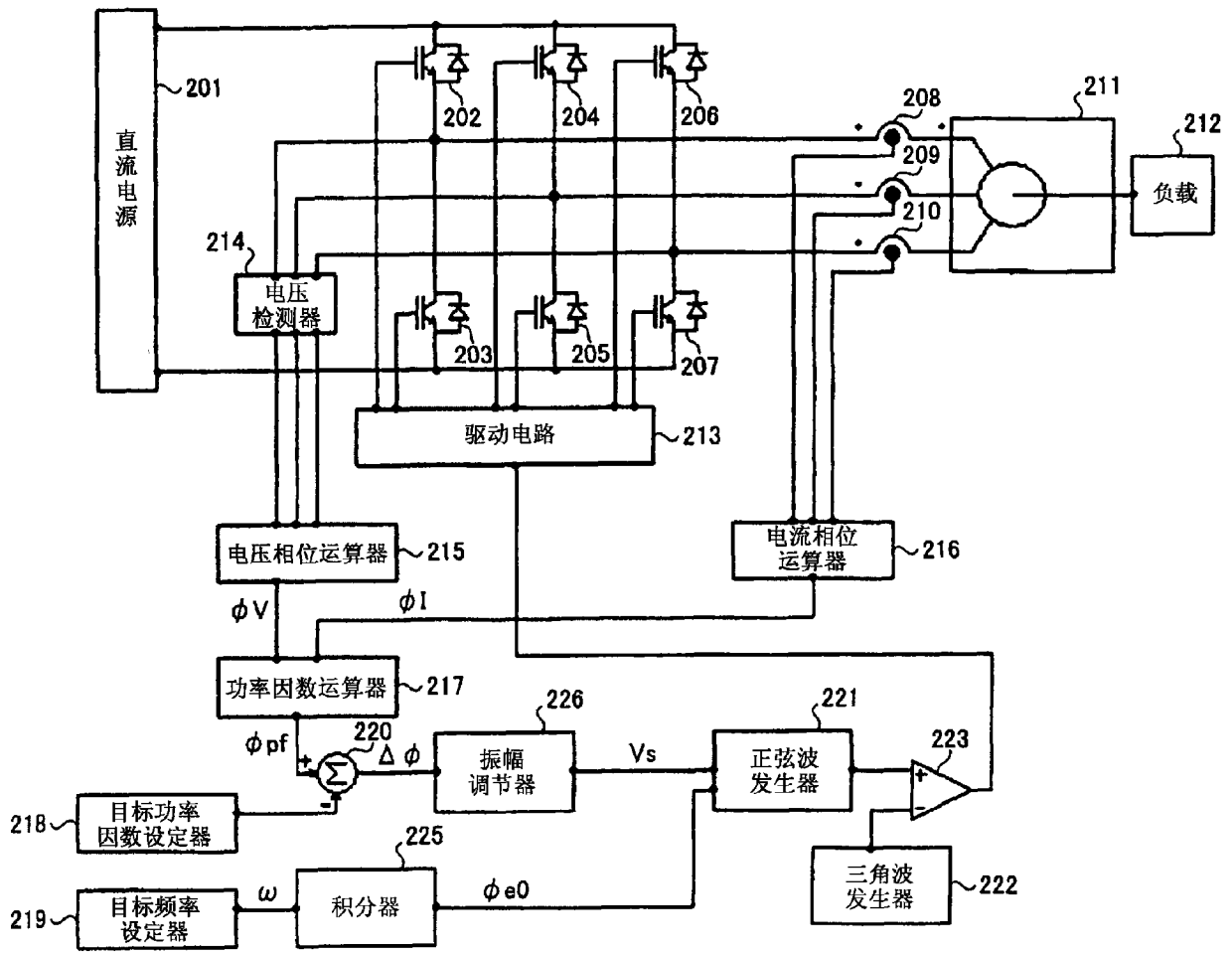


图 14

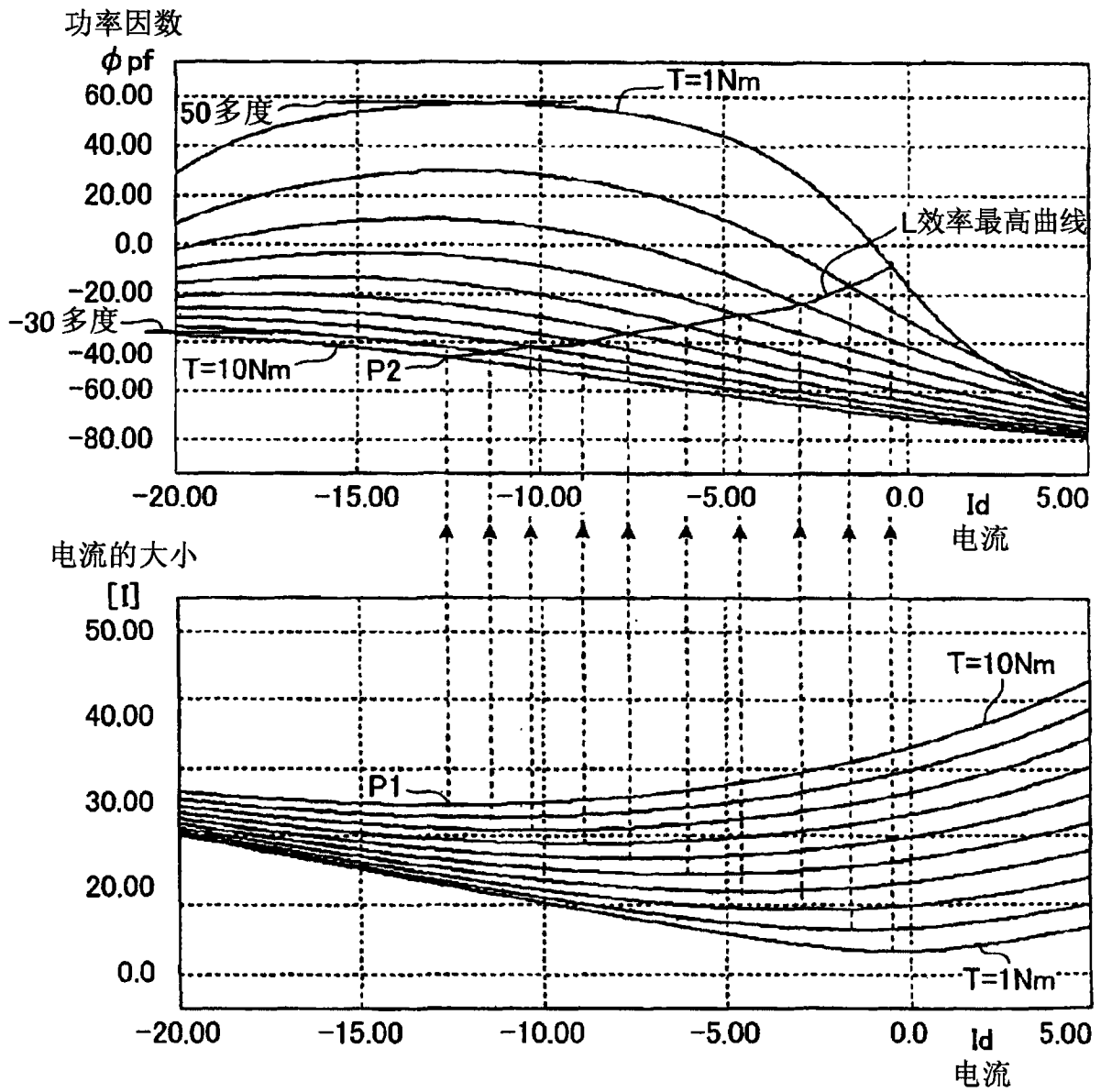


图 15

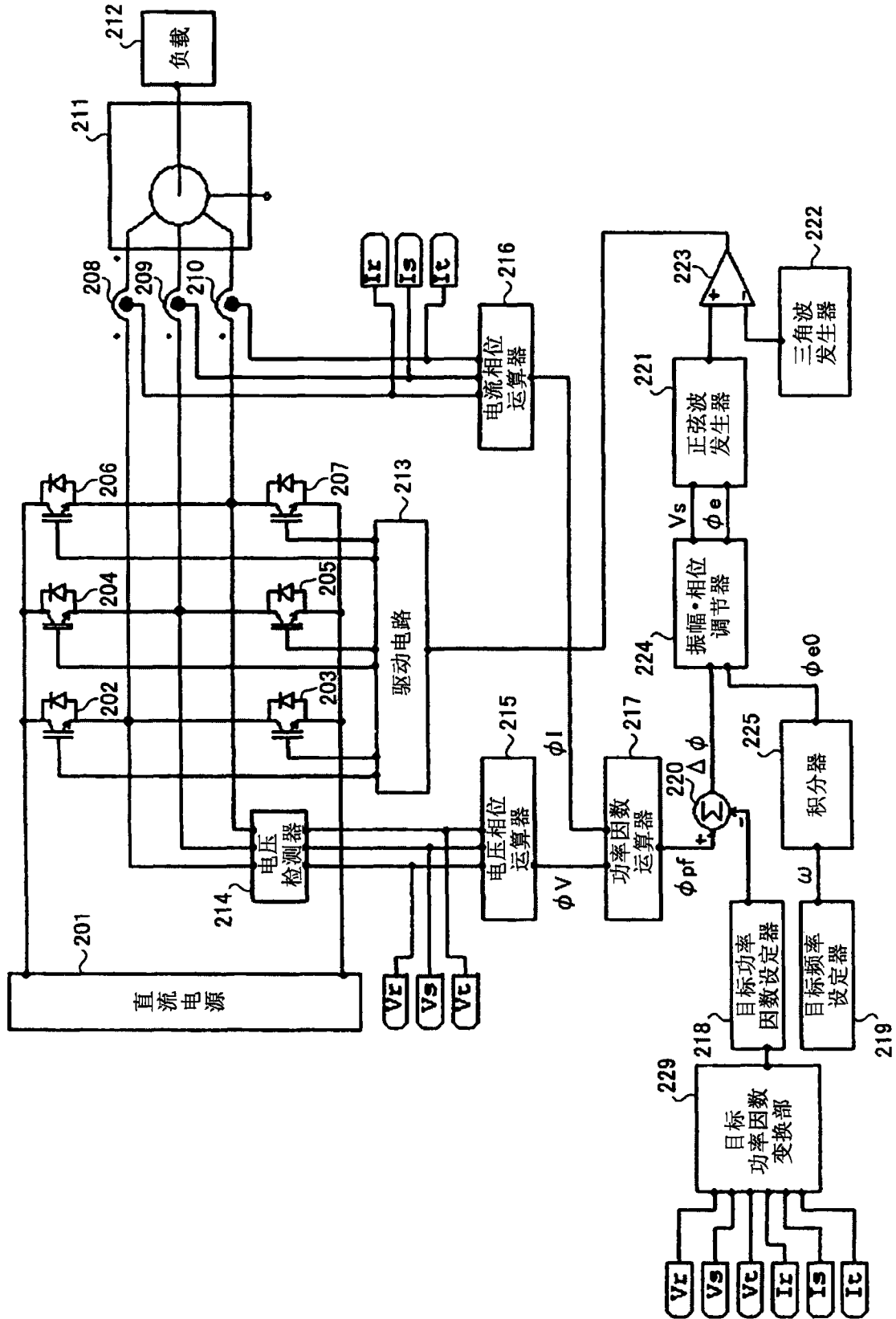


图 16