



# [12] 发明专利说明书

[21] 专利号 ZL 89107411

[51]Int.Cl<sup>5</sup>

B61C 15/08

[45]授权公告日 1993年4月21日

[24]颁证日 93.2.7

[21]申请号 89107411.2

[22]申请日 89.6.26

[30]优先权

[32]88.10.31 [33]US [31]265,377

[73]专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72]发明人 埃德加·托马斯·巴尔奇

小哈罗德·斯蒂文森·霍斯泰特勒

戴维·约翰·康科

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 马铁良 程天正

说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 机车车轮打滑控制系统

[57]摘要

本发明所述系统中包含改进型车轮打滑控制装置。其特征在于，该装置至少具有如下技术特点：

- (1) 减小荷载装置；
- (2) 改变所述期望速度的装置；
- (3) 正常产生所述参考速度并防止所述参考速度显著改变的装置；
- (4) 按照近似所述参考速度的二次幂改变所述电压误差值与所述速度误差之比的装置；
- (5) 在同时打滑时使所述速度误差值提高一可变数量的装置；
- (6) 增加矫正值的装置；
- (7) 使矫正值降到零的恢复装置；
- (8) 取得并保存参考信号值的一个“抽点”值的存贮装置。

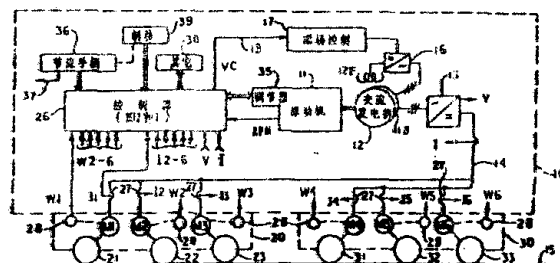


图1 控制电路示意图  
图2 电机结构示意图

<13>

# 权 利 要 求 书

1. 一具有许多易对车辆行驶的表面发生打滑的车轮的牵引车辆的驱动系统, 所述系统包含:

多个可调速电机机械地连接到车辆各车轮, 并对之分别进行驱动, 一可控电功率源电气地连接到所述各电机并供给其能量, 与所述功率源相结合的, 用以按照一可变的控制信号来改变所述功率源的输出电流或电压大小的装置, 用以导出一表征所述电流或电压实际大小的反馈信号的装置, 以及许多分别检测所述各被独立驱动车轮转速的装置, 所述速度检测装置连接到一产生所述控制信号的控制器, 所述控制器可根据需要改变所述控制信号以使所述反馈信号与一其值通常取决于一可变命令信号的参考信号之间的差降至最小, 其特征在于,

a. 对所述车辆的各被独立驱动车轮的转速进行比较并分别检测出最高和最低速度的第一装置,

b. 与所述第一装置相结合的, 提供一表示不打滑车轮的转速的参考速度值的第二装置,

c. 为确定所述第二装置所指明的所述参考速度值与所述第一装置检测的速度中予定的一个速度之间正常期望的最大差值的第三装置,

d. 与所述第一、第二和第三装置相结合的, 用来求得一表征所述预定的一速度、所述参考速度及所述最大差值三者的代数和的速度误差值的求和装置, 所述速度误差在所述的预定的一速度具有一所希望的值时为零,

e. 乘法装置, 用来求得一与所述速度误差值间具有一作为所述参考速度值的预定函数的可变增益的关系的电压误差值,

f. 积分装置, 当所述预定的一速度的实际值在一预定方向上偏

高所述所希望值时进行操作以得到一以随所述电压误差值变化的平均速率增加的车轮打滑矫正值；以及

9. 与所述积分装置相结合以使所述参考信号值降低一相当于所述矫正值的量的装置。

2. 依据权利要求1所述的车轮打滑控制装置，其中所述可变增益在所述参考速度值由零增大时从一预定的最小极限增加，从而使所述电压误差值与所述速度误差值之比由所述参考速度值决定：

3. 依据权利要求2所述的车轮打滑控制装置，其中所述增益随所述参考速度值作非线性的变化。

4. 依据权利要求1所述的车轮打滑控制装置，其中所述乘法装置包括有用来将所述可变增益设定为在预定的最小和最大极限之间按照接近于所述参考速度值的二次幂改变。

5. 依据权利要求1所述的车轮打滑控制装置，其中所述第三装置可按所述参考速度的预定函数来改变所述正常时希望的最大差。

6. 依据权利要求5所述的车轮打滑控制装置，其中所述第三装置包括有防止所述正常希望的最大差减少到一预定最小速度之下的装置。

7. 依据权利要求6所述车轮打滑控制装置，其中所述第三装置包括有按所述参考速度的可变百分数的速度设定所述最大差的装置，所述百分数在所述参考速度在预定的第一和第二值之间变化时按所述参考速度作相反的变化。

8. 依据权利要求7所述的车轮打滑控制装置，其中所述百分数当所述参考速度高于所述第二值时在预定的最大值和最小值之间变化，且不低于所述最小极限。

9. 依据权利要求1所述的车轮打滑控制装置，其中所述预定的

一个速度是所述第一装置检测的最高速度，所述求和装置包括有将所述第一装置检测的最低速度与所述第二装置所表明的参考速度进行比较的装置，而且所述求和装置被设置得使所述速度误差值能跟随所述最高速度超过（如果存在的话）所述最大差与所述参考速度和所述最低速度中较小的一个之和的数量变化。

10. 依据权利要求1所述的车轮打滑控制装置，其中所述积分装置在起作用时周期地使所述车轮打滑矫正值增加一增量并予以保存，所述每一增量的大小与所述电压误差值成比例，而且每秒钟这种所述增量的次数保持恒定。

11. 依据权利要求10所述的车轮打滑控制系统，其中所述积分装置包括有防止所述车轮打滑矫正增量降低到低于一预定最小量的装置。

12. 依据权利要求11所述的车轮打滑控制装置，所述上面最后提到的装置，如果所述参考速度值超过一预定的相当低的值，就将所述最小量设置在一预定的第一值，否则的话，就将所述最小量设置在一预定的、低于所述第一值的第二值。

13. 依据权利要求10所述的车轮打滑控制装置，其中设置有在所述积分装置不作用时将所述车轮打滑矫正值回复到零的装置。

14. 依据权利要求10所述的车轮打滑控制装置，其中所述参考信号降低装置包括有存贮装置，当所述车轮打滑矫正值大于零时所述存贮装置用来存放一与所述参考信号在所述积分装置起作用时的值大致相同的值，而且其中所述参考信号降低装置被设置得在所述存贮装置作用时将所述参考信号值降低到一等于所述被存贮的值减去所述矫正值的水平，而不管所述命令信号的值如何。

15. 依据权利要求1所述的车轮打滑控制装置，还具有根据所

述速度误差值并在所述积分装置动作时动作的附加装置，所述附加装置在所述速度误差值超过一预定水平时起动一增加所述车轮矫正值的步骤。

16. 依据权利要求15所述的车轮打滑控制装置，其中所述增加步骤的增量取决于所述速度误差值所超出所述最高可达一预最大极限的预水平的量。

17. 依据权利要求15所述的车轮打滑控制装置，其中所述增加步骤的增量等于所述电压误差值与一在所述速度误差值由所述预水平增大时由零增加的可变系数的乘积。

18. 依据权利要求1所述的车轮打滑控制装置，进一步还含有用来按照所述各个车轮的所述转速的二阶导数过大的指示来检测正在打滑着的所述车辆的所述被分别驱动的车轮的个数的车轮打滑检测装置，其中所述第二装置被设置得能使所述参考速度值在正常情况随未打滑的车轮的转速改变，但如果所述打滑车轮的个数大于一预极限就不再明显改变。

19. 依据权利要求1所述的车轮打滑控制装置，还进一步含有用于分别导出所述车辆的被分别驱动车轮的转速变化速率的装置，用于对所述变化速率进行比较并检测出最高的一个的装置，以及可随所述最高速率至少增大到一预触发水平而动作由复位态变到置位态的双稳装置，而且其中所述第二装置被设置得能使所述参考速度值正常情况随未打滑车轮的转速改变，但如果所述双稳装置处于其置位状态时就不再明显变化。

20. 依据权利要求19所述的车轮打滑控制装置，其中所述预定的一个速度为所述第一装置检测得的最高速度，每当所述实际的最高速度大于所希望的值时所述速度误差值就为正，此时所述积分装置

即动作，而所述第二装置则包括有每当由所述第一装置检测的最低速度低于所述参考速度时用于降低所述参考速度值和用于保证使所述双稳装置处于其复位状态的装置。

21. 依据权利要求1所述的车轮打滑控制装置，进一步包含有用于分别导出车辆的被独立驱动车轮的转速变化速率的装置，用于对所述变化速率进行比较并检测出最小的一个的装置，以及能随着所述最低速率至少增加到一预触发极限时动作由复位状态变至置位状态的双稳装置，同时其中所说的第二装置被设置得能使所述参考速度值正常情况随未打滑车轮转速改变，但如果所述双稳装置处于其置位状态就不再明显改变。

22. 依据权利要求21所述的车轮打滑控制装置，其中所述预定的一个速度为所述第一装置所检测的最高速度，所述速度误差值每当实际最高速度大于期望值时即为正，所述积分装置在所述速度误差值为正时即动作，而所述第二装置包括有每当由所述第一装置检测的最低速度低于所述参考速度时用于降低所述参考速度值和用于保证所述双稳装置处于其复位状态的装置。

23. 一具有许多易对车辆行驶表面发生打滑的车轮的牵引车辆的驱动系统，  
所述系统包含：  
多个可调速电机机械地连接到车辆各车轮，并对之分别进行驱动；  
一可控电功率源电气地连接到所述各电机，并供给其能量；与所述功率源相结合的、用以按照一可变的控制信号来改变所述功率源的输出电流或电压大小的装置；用以导出一表征所述电流或电压实际大小的反馈信号的装置；以及许多分别检测所述各被独立驱动车轮的转速的装置，速度检测装置连接到一产生所述控制信号的控制器，所述控制器可根据需要改变所述控制信号以使所述反馈信号与

一其值通常取决于—可变命令信号的参考信号之间的差降至最小，其特征在于，

a. 对所述车辆的各被独立驱动车轮的转速进行比较并分别检测出最高和最低速度的第一装置，

b. 与所述第一装置相结合的、提供一表示未打滑车轮的转速的参考速度值的第二装置，

c. 为确定所述第二装置所指明的所述参考速度值与所述第一装置检测的速度中预定的一个速度之间正常期望的最大差值的第三装置，

d. 与所述第一、第二、和第三装置相结合的、用来求得—表征所述预定的一个速度，所述参考速度及所述最大差值三者的代数和的速度误差值的求和装置，所述速度误差在所述预的一速度具有一所希望的值时为零，

e. 与所述求和装置相结合的积分装置，当所述预定的一个速度的实际值在一预定方向偏离所希望值时所述积分装置能动作取得一车轮打滑矫正值，该值以作为所述速度误差值的预定函数的平均速率增加；

f. 与所述积分装置相结合的附加装置，当所述预定的一速度的实际值未在一预定方向偏离所希望值且所述车轮打滑矫正值大于零时所述附加装置动作使所述矫正值以—与所述速度误差值无关的平均速率减小，

g. 与所述积分装置相结合以使所述参考信号值降低—相当于所述矫正值的量的装置。

24. 依据权利要求23所述的车轮打滑控制装置，其中所述附加装置包括有按所述参考速度值使所述减小速率作为所述参考速度的预定函数变化的装置。

25. 依据权利要求24所述的车轮打滑控制装置，其中所述减小速率在所述参考速度超过一预定值时就随所述参考速度变化。

26. 依据权利要求25所述的车轮打滑控制装置，其中所述减小速率每当所述参考速度小于所述预定值时即等于一预定的最小速率。

27. 依据权利要求24所述的车轮打滑控制装置，其中所述附加装置被设置得在其动作时周期地使所述车轮打滑矫正值减小一减量并加以存贮，每一减量的大小均取决于所述参考速度值，而每秒内这样的减量的个数是恒定的。

28. 依据权利要求27所述的车轮打滑控制装置，其中所述车轮打滑矫正减量只要所述矫正值等于或超过一预定的最小量值时就不小于一预定的最小量值。

29. 依据权利要求27所述的车轮打滑控制装置，其中所述附加装置在当所述矫正值已经恢复到零时即不再起作用使所述车轮打滑矫正值减小。

30. 依据权利要求23所述的车轮打滑控制装置，其中所述预的一个速度为所述第一装置所检测的所述最高速度，每当所述实际最高速度大于所希望的时，所述速度误差值就是正的，此时所述积分装置就起作用，所述参考信号降低装置包括有存贮装置，只要所述车轮打滑矫正值大于零，所述存贮装置就起作用将一差不多与在所述速度误差由零增加到一正值时所述参考信号值相同的值存贮起来，而所述参考信号降低装置则被设置得在所述存贮装置起作用时将所述参考信号值降低到一等于所述被存贮值减去所述矫正值的水平，而不管所述命令信号的值如何。

31. 依据权利要求30所述的车轮打滑控制装置，用于一具有能响应所述命令信号在正常情况下确定所述参考信号值的调节装置的驱动系统，其中所述参考信号降低装置包括有防止参考信号超过由



所述调节装置正常情况所决定的值的装置。

32. 依据权利要求31所述的车轮打滑控制装置，进一步包括具有第一和第二状态的双稳装置，所述双稳装置在当由所述调节装置正常确定的参考信号值低于所述被降低的水平时将处于其第一状态，并被设置得依靠由第二状态到第一状态的变化来使所述积分装置复位，由此使所述矫正值返回到零。

33. 一具有许多易对车辆行驶的表面发生打滑的车轮的牵引车辆的驱动系统，所述系统包含：

有许多可调速的电动机机械地连接到车辆各车轮，并对之分别进行驱动，一可控电功率源电气地连接到所述各电机并供给其能量，与所述功率源相结合的，用以按照一可变的控制信号来改变所述功率源的输出电流或电压大小的装置，用以导出一表征所述电流或电压实际大小的反馈信号的装置，以及许多分别检测所述各被独立驱动车轮转速的装置，速度检测装置连接到一产生所述控制信号的控制装置，所述控制装置可根据需要改变所述控制信号以使所述反馈信号与一其值通常取决于一可变命令信号的参考信号之间的差降至最小，其特征在于，

a. 对所述车辆的各被独立驱动车轮的转速进行比较并分别检测出最高和最低速度的第一装置，

b. 与所述第一装置相结合的，提供一表示未打滑车轮的转速的参考速度值的第二装置，

c. 为确定所述第二装置所指明的所述参考速度值与所述第一装置检测的速度中预定的一个速度之间正常期望的最大差值的第三装置，

d. 与所述第一、第二、和第三装置相结合的，用来求得一表

征所述预定的一个速度、所述参考速度及所述最大差值三者的代数和的速度误差值的求和装置,所述速度误差在所述的预定的一速度具有一所希望值时为零;

e. 响应于所述速度误差值用以导出一作为所述速度误差值的预函数的电压误差值的装置;

f. 当所述一个速度的实际值在一预定方向上偏离所希望值时用来得到一以随所述电压误差值改变的平均速率增加的车轮打滑矫正值的积分装置;

g. 当所述车轮打滑矫正值大于零时起作用以保存一与所述参考信号在所述积分装置动作时的值近似相同的值的存贮装置,所述被保存的值基本上恒定不变,以及

h. 与所述积分装置相结合,并在所述存贮装置起作用时用来将所述参考信号值降低到一等于所述被保存值减去所述矫正值的装置(此时不管所述命令信号的值如何)。

34. 依据权利要求33所述的车轮打滑控制装置,进一步包括响应所述速度误差值而在当所述积分装置作用期间及所述速度误差值超过一预定的第一水平时动作使所述车轮打滑矫正值增加一与所述电压误差值成一可变系数关系的量的附加装置,因而使所述矫正值随上面最后所述的量与一代表所述电压误差值的时间积分的量两者之和变化。

35. 依据权利要求34所述的车轮打滑控制装置,其中所述附加装置包括有在所述速度误差值在所述第一水平和一高于所述第一水平的预定二水平之间变化时,使所述系数在零和一预定的最大值之间改变的装置。

36. 依据权利要求33所述的车轮打滑控制装置,其中所述电压

误差值推导装置被设置得能使所述电压误差值与所述速度误差值之间存在一个在预定极限范围内随所述参考速度值变化的增益关系。

37. 依据权利要求33所述的车轮打滑控制装置，用于一具有按照所述命令信号正常地确定所述参考信号值的调节装置的驱动系统，其中所述参考信号降低装置包括有防止所述参考信号超过由所述调节装置正常决定的值的装置。

38. 依据权利要求37所述的车轮打滑控制装置，还进一步包括具有第一状态和第二状态的双稳装置，所述双稳装置在由所述调节装置正常情况决定的参考信号值低于所述被降低的水平时呈第一状态，并被设置得以其由第二状态到第一状态的变化来使所述积分装置复位，因而使所述矫正值返回到零。

39. 依据权利要求38所述的车轮打滑控制装置，其中所述预定的一速度为所述第一装置所检测的最高速度，在当所述实际最高速度大于希望值时，所述速度误差值为正，此时所述积分装置动作。

40. 依据权利要求39所述的车轮打滑控制装置，用于一具有检测所述电源输出的大小的装置的驱动系统，其中所述调节装置可按需要改变所述参考信号值以使所述被检测得的功率大小与一希望的功率大小之间误差减至最小。

41. 一具有许多易对车辆行驶表面发生打滑的车轮的牵引车辆的驱动系统，所述系统包含有许多可调速的电动机机械地连接到车辆各车轮，并对之分别进行驱动，一可控电功率源电气地连接到所述各电机，并供给其能量，与所述功率源相结合的，用以按照一可变的控制信号来改变所述功率源的输出电流或电压大小的装置，用以推导得一表征所述电流或电压实际大小的反馈信号的装置，以及许多分别检测所述各被独立驱动车轮转速的装置，速度检测装置连接到一产生所述控制信号的控

制器，所述控制器可根据需要改变所述控制信号以使所述反馈信号与一其值通常取决于一可变命令信号的参考信号之间的差降至最小，其特征在于，

a. 对所述车辆的各被分别驱动车轮的转速进行比较并分别检测出最高和最低速度的第一装置；

b. 分别求得所述被分别驱动车轮的转速变化速率的第二装置；

c. 对所述变化速率进行比较并检测出最大值的第三装置；

d. 在所述最高速率至少增到一预定的触发水平时由其复位态变到置位态的双稳装置；

e. 按照由所述第二装置所得到的变化速率的导数过高的信号来检测处于打滑的所述被分别驱动车轮的数目的车轮打滑检测装置；

f. 与所述第一装置相结合以产生一参考速度值的参考速度指示装置，所述参考速度值正常情况随未打滑车轮的转速变化，但如果所述处于打滑的车轮的数目大于一预极限或所述双稳装置处于其置位状态，所述参考速率值将不作明显改变；

g. 用以确定所述第二装置所指明的所述参考速度与由所述第一装置所检测的一预定的一速度之间的一正常情况所希望的最大差值的装置；

h. 为求得所述预定的一个速度，所述参考速度，及所述最大差值三者的代数和并以此表示速度误差值的求和装置，每当所述的一个速度具有一所希望值时所述速度误差值即为零；

i. 按所述速度误差值来求取一作为所述速度误差值的预定函数的电压误差值的装置；

k. 能在所述的一个速度在某一预定方向偏离所述所希望值时动作来获得一以一随所述电压误差值改变的平均速率增加的车轮打滑

校正值的积分装置；以及

m. 与所述积分装置相结合来使所述参考信号值降低一相当于所述校正值的数量的装置。

42. 依据权利要求41所述的车轮打滑控制装置，其中所述电压误差值推导装置被设置得能使所述电压误差值与所述速度误差值之间以一可变增益相关，所述增益在所述参考速度值由零增大时由一预定的最小极限增加。

43. 依据权利要求41所述的车轮打滑控制装置，其中所述参考速度指示装置被设置得能使所述参考速度值正常情况下将以一车辆正在被电机驱动时的所述最低速度的变化速率的速率改变。

44. 依据权利要求43所述的车轮打滑控制装置，其中所述参考速度指示装置包括有防止所述参考速度值的变化速率超过一预定最大速率的装置。

45. 一具有许多易对车辆行驶的表面发生打滑的车轮的牵引车辆的驱动系统，所述系统包含

有许多可调速的电机机械地连接到车辆各车轮，并对之分别进行驱动，一可控电功率源电气地连接到所述各电动机并供给其能量，与所述功率源相结合的，用以按照一可变控制信号来改变所述功率源的输出电流或电压大小的装置，用以导出一表征所述电流或电压实际大小的反馈信号的装置，以及许多分别检测所述各被独立驱动车轮转速的装置，速度检测装置连接到一产生所述控制信号的控制器，所述控制器可根据需要改变所述控制信号以使所述反馈信号与一其值通常取决于一可变命令信号的参考信号之间的差降至最小，其特征在于，

a. 对车辆的各被独立驱动车轮的转速进行比较并分别检测出

最高和最低速度的第一装置；

b. 与所述第一装置相结合的，提供一表示未打滑车轮的转速的参考速度值的第二装置；

c. 为确定所述第二装置所指明的参考速度值与所述第一装置检测的速度中预定的一个速度之间正常期望的最大差值的第三装置；

d. 与所述第一、第二、和第三装置相结合的，用来求得一表征所述预定的一个速度、所述参考速度及所述最大差值三者的代数和的速度误差值的求和装置，所述速度误差值在所述预定的一速度具有一所希望的值时为零；

e. 用以按各个车轮转速的二阶导数过高的信号检测处于打滑的被分别驱动车轮的数目的车轮打滑检测装置；

f. 与所述车轮打滑检测装置相耦合的，用以确定打滑车轮数是否大于一预极限的附加装置；

g. 与所述附加装置和所述求和装置相结合的，在打滑车轮数大于所述极限时起作用使所述的一个速度的所希望值改变一随所述打滑车轮的数目大于所述极限的时间长度增加的可变量值的装置，所述所希望值的变化是要促使所述速度误差值正方向增加；

h. 与所述求和装置相结合，在所述速度误差值为正时动作以获得一作为所述速度误差值的预函数的车轮打滑矫正值的装置；以及

j. 响应所述车轮打滑矫正值而使所述参考信号值降低一相当于所述矫正值的数量的装置。

46. 依据权利要求45所述的车轮打滑控制装置，其中所述预定的一个速度为所述第一装置检测得的最高速度，每当实际最高速度大于所希望值时，所述速度误差值即为正，所述求和装置被设置得能

使所述所希望速度等于所述参考速度与所述正常所希望的最大差值之和减去所述可变量值。

47. 依据权利要求45所述的车轮打滑控制装置，其中所述参考信号降低装置包括有在所述车轮打滑矫正值大于零时作用以保存一与所述速度误差值成为正时的所述参考信号值近似相同的值的存贮装置，而其中所述参考信号降低装置被设置得在所述存贮装置作用时将所述参考信号值降低到一等于所述被保存的值减去所述矫正值的水平，而不管所述命令信号如何。

48. 依据权利要求45所述的车轮打滑控制装置，其中所述第二装置被设置得使所述参考速度值正常情况按未打滑车轮的转速改变，但如果所述打滑车轮数大于所述预定极限时即不再明显变化。

49. 依据权利要求48的所述车轮打滑控制装置，其中所述第二装置被设置得如果所述打滑车轮数等于或超过所述预定极限的话所述参考速度值将不作明显改变。

50. 依据权利要求48所述的车轮打滑控制装置，其中所述获取所述车轮打滑矫正值的装置在当所述速度误差值为正并且超过一预定水平时能动作使所述车轮打滑矫正值增加一随所述速度误差值和所述预定水平间的差改变的量值。

51. 依据权利要求45所述的车轮打滑控制装置，其中所述可变量值以一随所述第三装置所确定的最大差速改变的速率由零增加。

52. 依据权利要求51所述的车轮打滑控制装置，其中所述所希望值改变装置包括有用以测量在打滑车轮高于所述极限的时间的定时装置，所述可变量值与所述被测得的时间和所述最大差值的乘积成比例。

53. 依据权利要求51所述的车轮打滑控制装置，其中所述可变

量值与所述最大差速和跟随打滑车轮数大于所述极限的时间长度由0向最大值1.0增加的可变因数之积成比例，以及其中所述希望值改变装置包括一可随着打滑车轮数由高出所述极限降到不再高于所述极限时动作以防止所述可变因数在打滑车轮数降至所述极限以下之前减少到0的装置。这样上述最后提到的装置即将所述因数复位到0。

54. 依据权利要求51所述的车轮打滑控制装置，其中所述所希望值改变装置包括有在所述最大差值小于一预定的最小速度时动作以防止所述增长速率降到一预定最小速率以下的装置。

55. 依据权利要求51所述的车轮打滑控制装置，其中所述可变量值以一可变速率由零增加到一与由所述第三装置所确定的最大差值成比例的上限。

56. 依据权利要求55所述的车轮打滑控制装置，其中所述上限至少近似为所述最大差值的两倍。

57. 依据权利要求45所述的车轮打滑控制装置，其中所述所希望值改变装置包括有在当打滑车轮数由大于所述预定极限减少到小于所述预定极限时将所述可变量值急剧降至零的装置。

58. 依据权利要求57所述的车轮打滑控制装置，其中所述所希望值改变装置正常情况下只要打滑车轮数等于所述预定极限就保持所述可变量值相对地恒定不变。

59. 一具有许多易对车辆行驶的表面发生打滑的车轮的牵引车辆的驱动系统，所述系统包含有许多可调速的电机机械地连接到车辆各车轮，并对之分别进行驱动，一可控电源电气地连接到所述各电机并供给其能量，与所述功率源相结合的、用以按照一可变的控制信号来改变所述功率源的输



出电流或电压大小的装置，用以推导得一表征所述电流或电压实际大小的反馈信号的装置，以及许多分别检测所述各被独立驱动车轮转速的装置，速度检测装置连接到一产生所述控制信号的控制器，所述控制器可根据需要改变所述控制信号以使所述反馈信号与其值通常取决于一可变命令信号的参考信号之间的差降至最小，其特征在于，

a. 对所述车辆的各被独立驱动车轮的转速进行比较并分别检测出最高和最低速度的第一装置，

b. 与所述第一装置相结合的、提供一表示未打滑车轮的转速的参考速度值的第二装置，

c. 为确定所述第二装置所指明的参考速度值与所述第一装置检测的速度中预定的一个速度之间正常期望的最大差值的第三装置，

d. 与所述第一、第二、和第三装置相结合的、用来求得一表征所述预定的一个速度、所述参考速度及所述最大差值三者的代数和的速度误差值的求和装置，所述速度误差在所述的预定的一速度具有一所希望的值时为零，

e. 用以分别求得车辆各被分别驱动车轮的转速变化速率、对所述转速变化速率进行比较并检测出最低的一个的装置，

f. 随着所述最低速率至少增加到一预定触发水平时动作由复位态变到置位态的双稳装置，

g. 与所述求和装置相结合、在所述双稳装置处于其置位状态时作用以使所述的一个速度的所希望值按一随所述双稳装置处于其置位态的时间长度增加的可变量值改变的装置，所述所希望值的变化将促使所述速度误差值正方向增加，

h. 与所述求和装置相结合、在所述速度误差值为正时动作以得到一作为所述速度误差值的预定函数的车轮打滑矫正值的装置，

以及

j. 按照所述车轮打滑矫正值来使所述参考信号值降低一相当于所述矫正值的量值的装置。

60. 依据权利要求59所述的车轮打滑控制装置，其中所述为得到所述车轮打滑矫正值的装置可在所述速度误差值为正并超过一预定水平时动作使得所述车轮打滑矫正值增加一随所述速度误差值和所述预定水平之差改变的量值。

61. 依据权利要求59所述的车轮打滑控制装置，其中所述可变量值以一随由所述第三装置确定的最大差速改变的速率由零增大。

62. 依据权利要求61所述的车轮打滑控制装置，其中所述所希望值改变装置包括有测量所述双稳装置处于其置位状态的时间的定时装置，所述可变量值与被测得的时间和所述最大差值的乘积成比例。

63. 依据权利要求61所述的车轮打滑控制装置，其中所述所希望值改变装置包括有能在所述最大差值小于一预定最小速度时动作以防止所述增加速率降至一预定的最小速率之下的装置。

64. 依据权利要求61所述的车轮打滑控制装置，其中所述可变量值以一可变速率由零增加到一与所述第三装置确定的最大差值成比例的上限。

65. 依据权利要求64所述的车轮打滑控制装置，其中所述所希望值改变装置包括有能在所述最大差值小于一预定最小速度时动作以防止所述可变量值的增加速率降到一预定最小速率之下的装置。

66. 依据权利要求64所述的车轮打滑控制装置，其中所述上限应至少大约为所述最大差值的二倍。

67. 依据权利要求59所述的车轮打滑控制装置，其中所述为取

得。比较和检测车轮速度改变速率的装置被设置得可检测各被分别驱动车轮的最低速率和最高速率，其中设有第二双稳装置，所述第二双稳装置可随最高速率至少增到所述预定触发水平而动作由复位状态变到置位状态，而且其中所述第二装置被设置得使所述参考速度值正常情况随未打滑车轮的转速改变，但如果所述第二双稳装置处于其置位状态时则将无显著变化。

68. 依据权利要求59所述的车轮打滑控制装置，其中所述参考信号降低装置包括有保存在正常情况近似与所述参考信号值相同的值的存贮装置，只要所述速度误差值为正所述存贮器装置就保持所述被保存的值基本上为恒定，而其中所述参考信号降低装置则被设置得当所述存贮装置在起作用时将所述参考信号值降低到一等于所述被保存值减去所述矫正值的水平而不管所述命令信号如何。

69. 依据权利要求59所述的车轮打滑控制装置，进一步包括根据指明单个车轮的转速改变速率的导数过高的信号来检测正在打滑的车辆各被分别驱动车轮的个数的车轮打滑检测装置，以及与所述车轮打滑检测装置相耦合的用以确定打滑车轮的个数是否超过一预定极限的附加装置，而且其中所述所希望值改变装置在当所述双稳装置处于其置位态或打滑车轮数大于所述极限时才起作用。

70. 依据权利要求69所述的车轮打滑控制装置，其中所述第二装置被设置得使所述参考速度值正常情况随未打滑的车轮的转速改变，但如果所述双稳装置处于其置位态或者打滑车轮数大于所述极限就将不作明显改变。

71. 依据权利要求69所述的车轮打滑控制装置，其中所述可变量值以一随所述第三装置确定的最大差速变化的速率由零增加。

72. 依据权利要求71所述的车轮打滑控制装置，其中所述可变

量值与所述最大差速和—随所述双稳装置处于其置位态或打滑车轮数高于所述极限的时间长度由0向最大1。0增加的可变因数的乘积成比例，而其中所述所希望值改变装置包括有能在所述双稳装置处于其复位态且打滑车轮数不大于所述极限时动作以防止所述可变因数在打滑车轮数降至所述极限以下之前减少到0。随后所述因数被复位到0。

73. 依据权利要求69所述的车轮打滑控制装置，其中所述为获得所述车轮打滑矫正值的装置包括：在所述速度误差值为正且超过一预定水平时动作以推导得一取决于所述速度误差值超出所述预定水平的数量的变量的比例装置，和将所述矫正值增加一等于所述变量的量的装置。

74. 依据权利要求73所述的车轮打滑控制装置，其中所述为获得所述车轮打滑矫正值的装置包括有当所述速度误差值为正时动作以取得一以一取决于所述速度误差值的平均速率增加的第二变量的积分装置，所述车轮打滑矫正值由所述变量之和构成。

75. 依据权利要求59所述的车轮打滑控制装置，用于一包含有推导一表征所述多个电动机中电流的第二反馈信号值的装置的驱动系统，进一步包括使所述触发水平按所述第二反馈信号值的一个函数改变的装置。

76. 依据权利要求75所述的车轮打滑控制装置，其中所述触发水平改变装置包括用以确定所述触发水平可能在其间变化的最大和最小极限的装置，所述触发水平在当所述第二反馈值低于一第一值时保持等于所述最小极限，而在当所述第二反馈值相当高时则保持等于所述最大极限。

77. 依据权利要求59所述的车轮打滑控制装置，其中所述第二

装置是这样设置的，它使所述参考速度值正常情况随未打滑车轮的转速变化，但如果所述双稳装置处于其置位状态则将不再有显著变化。

78. 依据权利要求77所述的车轮打滑控制装置，其中所述用于推导、比较和检测车轮速度改变速率的装置被设置得能检测被分别驱动车轮的最低和最高速率，其中设有第二双稳装置，所述第二双稳装置随着最高速率至少增加到等于所述预定触发水平时由复位状态变为置位状态，其中所述第二装置被设置得能使所述参考速度值正常情况随未打滑车轮的转速变化，但如果所述双稳装置中有一个处于其置位状态则不再有显著改变。

79. 一具有许多易对车辆行驶的表面发生打滑的车轮的牵引车辆的驱动系统，所述系统包含有许多可调速的电机机械地连接到车辆各车轮，并对之分别进行驱动，一可控电源电气地连接到所述各电机，并供给其能量，与所述功率源相结合的，用以按照一可变的控制信号来改变所述功率源的输出电流或电压大小的装置，用以推导得一表征所述电流或电压实际大小的反馈信号的装置，以及许多分别检测所述各被独立驱动车轮转速的装置，速度检测装置连接到一产生所述控制信号的控制器，所述控制器可根据需要改变所述控制信号以使所述反馈信号与一其值通常取决于一可变命令信号的参考信号之间的差降至最小，其特征在于，

a. 对所述车辆的各被分别驱动车轮的转速进行比较并分别检测出最高和最低速度的第一装置，

b. 与所述第一装置相结合的，提供一表示未打滑车轮的转速的参考速度值的第二装置，

c. 为确定所述第二装置所指明的所述参考速度值与所述第一装置检测的速度中预定的一个速度之间正常期望的最大差值的第三装置，

d. 为分别推导所述车辆各所述被分别驱动车轮转速的变化速率的第四装置，

e. 与所述第四装置相结合的用以对所述变化速率进行比较并提供一表征最高变化速率的速率值的第五装置，

f. 随着所述速率值至少增加到等于一预定触发水平而动作由复位状态变成置位状态的双稳装置，

g. 与所述第一、第二和第三装置相结合的用以推导得一表征所述预定的一速度、所述参考速度及所述最大差值三者之和的速度误差值的第一求和装置，所述速度误差每当所述预定的一速度具有一所希望值时即为零，

h. 一所述第一求和装置相结合的，在所述预定的一速度的实际值在一预定方向上偏离所述所希望值时动作以求得一第一变量的积分装置，该第一变量以作为所述速度误差值的一预定函数的平均速率增大，

i. 当所述双稳装置处于其置位状态时起作用以获得一取决于所述反馈信号值的第二变量的附加装置，

k. 与所述积分装置和所述附加装置相结合的用以推导得一随所述第一和第二变量之和变化的车轮打滑矫正值的第二求和装置，以及

m. 按照所述车轮打滑矫正值使所述参考信号值降低一相当于所述矫正值的数量的装置。

80. 一具有许多易对车辆行驶的表面发生打滑的车轮的牵

引车辆的驱动系统，

所述系统包含

有许多可调速的电机机械地连接到车辆各车轮、并对之分别进行驱动，一可控电源电气地连接到与所述各电动机并供给其能量，与  
所述功率源相结合的、用以按照一可变的控制信号来改变所述功率源的输出电流或电压大小的装置，用以推导得一表征所述电流或电压实际大小的反馈信号的装置，以及许多分别检测所述各被独立驱动车轮转速的装置，速度检测装置连接到一产生所述控制信号的控制器。所述控制器可根据需要改变所述控制信号以使所述反馈信号与一其值通常取决于一可变命令信号的参考信号之间的差降至最小，其特征在于，

a. 对所述车辆的各分别驱动车轮的转速进行比较并分别检测出最高和最低速度的第一装置，

b. 与所述第一装置相结合的、提供一表示未打滑车轮的转速的参考速度值的第二装置，

c. 为确定所述第二装置所指明的所述参考速度值与所述第一装置检测的速度中预定的一个速度之间正常期望的最大差值的第三装置，

d. 为分别推导所述车辆各被分别驱动车轮转速的变化速率的第四装置，

e. 与所述第四装置相结合的用以对所述变化速率进行比较并提供一表征最高变化速率的速率值的第五装置，

f. 随着所述速率值至少增加到等于一预定触发水平而动作由复位状态变成置位状态的双稳装置，

g. 与所述第一、第二和第三装置相结合的用以推导出—表征所述预定的一速度、所述参考速度及所述最大差值三者之和的速度

误差值的第一求和装置，所述速度误差在每当所述预定的一速度具有一所希望值时为零。

h. 与所述第一求和装置相结合的，在所述预定的一速度的实际值在一预定方向上偏离所述所希望值时动作以求得一第一变量的积分装置，该第一变量以作为所述速度误差值的一预定函数的平均速率增大；

j. 与所述第五装置相结合的，在所述双稳装置处于其置位状态时作用以取得一取决于所述速率值的第二变量的附加装置，

k. 与所述积分装置和所述附加装置相结合的用以推导得一随所述第一和第二变量之和改变的车轮打滑矫正值的第二求和装置，以及

m. 按照所述车轮打滑矫正值使所述参考信号值降低一相当于所述矫正值的数量的装置。

81. 依据权利要求80所述的车轮打滑控制装置，其中所述第二装置被设置得使所述参考速度值正常情况随未打滑的车轮的转速改变，但如果所述双稳装置处于其置位状态时则不再作明显改变。

82. 依据权利要求80所述的车轮打滑控制装置，其中所述附加装置被设置得使所述第二变量随速率值和所述反馈信号值的乘积改变。

83. 依据权利要求82所述的车轮打滑控制装置，其中所述第二变量为所述乘积的一预定的百分数，而且其中设置有按所述参考速度确定所述百分数的装置。

84. 依据权利要求82所述的车轮打滑控制装置，用于一包含有用来推导得一表征所述许多电机中电流的大小的第二反馈信号值的装置的驱动系统，其中进一步包括有使所述触发水平按所述第二反馈信号值的一预定函数改变的装置。



85. 依据权利要求80所述的车轮打滑控制装置，进一步包括有按照所述速度误差值来求得一作为所述速度误差值的一预定函数的电压误差值的装置，而其中所述积分装置被设置得使所述第一变量表征所述电压误差值的时间积分。

86. 依据权利要求85所述的车轮打滑控制装置，进一步包括有与所述第一求和装置和所述电压误差值推导装置相结合的，在所述速度误差值超过一预定水平时动作以求得一与所述电压误差值以一作为所述速度误差值的预定函数的系数相关连的第三变量的装置，所述第二求和装置被设置得使所述车轮打滑矫正值相当于所述第一、第二和第三变量之和。

87. 依据权利要求80所述的车轮打滑控制装置，其中所述参考信号降低装置包括有在所述车轮打滑矫正值大于零时起作用以保存一与第一次推导得所述矫正值的时刻的所述参考信号值接近相同的值的存贮装置，所述被保存的值基本保持恒定，而其中所述参考信号降低装置则被设置得在所述存贮装置作用时将所述参考信号值降低到一等于所述被保存的值减去所述矫正值的水平而不管所述命令信号值如何。

88. 依据权利要求80所述的车轮打滑控制装置，用于一包含有推导一能表征所述许多电机中的电流的大小的第二反馈信号值的装置的驱动系统，还进一步包括用以按照所述第二反馈信号值的一预定函数来改变所述触发水平的装置。

89. 依据权利要求88所述的车轮打滑控制装置，其中所述双稳装置随着所述速率值降低到低于所述预定的触发水平时动作由其置位状态变为其复位状态。

90. 依据权利要求88所述的车轮打滑控制装置，其中所述触发

水平改变装置被设置得使所述触发水平随所述车辆车轮在所述表面上的附着程度改变，所述附着程度由电机电流的相对大小来指明，所述附着程度在预定的第一和第二百分数之间变化。

91. 依据权利要求90所述的车轮打滑控制装置，其中所述触发水平改变装置包括用以确定所述触发水平所能改变的最大和最小极限的装置，所述触发水平在当所述附着程度低于所述第一百分数时保持等于所述最小极限，而在所述附着程度大于所述第二百分数时则保持等于所述最大极限。

## 机车车轮打滑控制系统

总体上说，本发明涉及内燃电力传动机车或一般电气机车等的电气牵引车辆的控制系统，较具体地说，是涉及对这种车辆控制的完善措施，以期能避免或最大可能地减小车轮在“驱动”（运行中的推动态）或“制动”（运行中的动态减速态）时不利的打滑。

每一台现代机车及其它大型自驱动的牵引车辆，一般至少具有四组轮轴装置（每组由一对被固定在转轴两端的轮子组成），每一组轮轴装置经由适当的齿轮机构联结到一个独立的电动机—驱动电机的转轴上。在驱动状态下，此驱动电机由一可控电源（例如说，一发动机驱动的牵引交流发电机）供给电流从而对车轮施加转矩。这就在车辆所行驶的表面上（如铁道的平行钢轨）施加了切向作用力，即牵引力，由此来推动车辆正确地沿着所希望的方向前进。另一方面，在运行中处于电气制动状态时，电动机被用作为被轴驱动的发电机，转矩由各自与转轴相联结的轮轴装置加到它们的转轴上，这就对上述运动表面施加了制动力，从而阻滞（减慢）了车轮的前进。在这两种情况下，为保证车辆的有效运行，每一车轮与运动表面之间都必须附着良好。

众所周知，如果车辆的每一主（驱）动轮转动时的角速度使其圆周速度稍高于（驱动时）或稍低于（制动时）车辆的实际速度（即车辆行进的线速度，通常称之为“地面速度”或“轨速”）的话，就能得到最大的牵引或制动力。这种轮速与轨速间的差称为“滑速”。在牵引或制动力成为最大时，滑速存在一个相对来说的最低极限。其数值，通常称为最大“爬行速度”，是取决于轨速和轨道条件的一个变量。只要不超过此最大爬行速度，滑速就是正常

车辆就能以平稳的细微滑动或爬行状态运行。

实际情况中，常常由于轨道情况的变化或由于不适当的增加转矩发生，降低或丧失车轮与轨道的附着作用的现象，而使某些或全部车轮过度打滑，就是说实际滑速将大于最大爬行速度。车轮的这种打滑情况，在驱动状态下表现为一组或多组轮轴机构空转，而在制动状态下则表现为一组或多组轮轴机构打滑或滑行。这种情况加快了车轮的磨损，道轨的损坏、增大驱动系统驱动部件中的机械应力，并不适当地减小了牵引（或制动）效果。

有关的先有技术揭示了许多不同的方法，用以自动检测和克服不恰当的车轮打滑条件，或者首先预防这类情况，例如说美国专利No3437896和No3728596。实际上，所有的车轮打滑控制或纠正系统都是临时降低或“减小”牵引力来解决或避免车轮打滑的情况，在实现这种功率降低的过程期间，车辆的能效不理想地降低了，鉴于这一原因，这种减小的量及其延续时间两者都应该尽可能地小。

在正常的驱动运行中，内燃电力传动机车的推进系统被控制以处于平衡稳定的条件下，此时，被发动机驱动的交流发电机对于节流手柄的每一独立位置都能为牵引电动机产生基本上不变的、最佳电功率值。在发生车轮失去附着作用或负荷超过了节流阀调节发动机速度的能力这些异常情况时，实际应用的适当的措施是，取代驱动控制的正常操作并降低发动机的负荷。这种响应（通常叫做减少负荷值）降低了牵引功率，从而协助机车脱离上述的暂时情况，和/或防止对发动机的严重损坏。

此外，推进控制系统一般还具有在必要时限制或降低交流发电机输出电压的措施，以使此电压幅值和负荷电流的幅值均不致超过预定的最大安全水平或极限。当机车起动时，电流限制将起作用。

机车低速运行时，牵引电动机转子旋转缓慢，所以它们的反电势（EMF）很低。一个低的发电机电压就能产生最大的电动机电流，从而产生为加速所需的高牵引力。另一方面，只要机车处于高速，发电机电压幅值必须在其最高电增值上保持恒定。高速时牵引电动机转子旋转迅速，反电势高，因此交流发电机必须以高电压来产生所需的负荷电流。

某些先有技术的车轮打滑控制系统，如果或当滑速超出电动机电流值（因而亦即电动机的总扭矩）所允许的范围时，通过对滑速的监控和改变正常驱动控制，来降低牵引功率以减少不希望的车轮打滑（见美国专利No4463289和英国专利No1246053）。这种爬行调整装置是有效的，因为它们将车轮打滑情况的延续时间和严重程度减到最低，从而增加了车轮的使用寿命和车辆的功效。

大多数先有技术的车轮打滑控制均利用最快一组轮轴机构的转速和最慢一组轮轴机构转速之差来指示滑速。只要至少有一组轮轴机构不打滑和至少有一组在打滑，那么这种转速差就是滑速的真正量度。但如果所有各组均具有相同的速度，这种速度差将为零，因而就无法指出该车辆究竟是否正常运行。是它的全部驱动轮均以最大爬行速度转动正常运行呢，还是在其全部轴轮组的滑速均超过最大爬行速度正处于一个“同步”的车轮滑动状况。美国专利No3210630, No4075538和No4588932中分别提出了各种不同的方法解决检测同步打滑问题。

许多先有技术的车轮打滑控制系统根据车轮速度的迅速变化情况进行工作。如果一组轴轮机构转速的变化速率增加到一个预定的值，稍许超过车辆正常运行速度变化中的最大加速度（在驱动态）或减速度（在制动态）的阈值速率的话，就表明车轮在打滑。例如，

可见美国专利No3541406、3482887和4035698。

车辆每一个驱动轮的爬行、或打滑可通过对轴轮机构的速度与车辆的实际地面速度进行比较来正确地检测。但是这需要在车辆上设置合适的检测地面速度的装置，例如雷达装置（它相当昂贵而且必须不断地进行矫正，消除振动或车轮磨损所引起的误差。）或一个附加的从动轮子或滚轮（这既麻烦又不可靠）。

另一个避免驱动状态中车轮打滑的已知技术是控制或调节牵引电动机的供电电压以保持最大爬行速度。在美国专利No3982164中，开环驱动控制系统的最大电压范围设定为一个大于不打滑电动机组合电压的程序化量值，此程序化量值表示所希望的最大打滑百分率，并被自动调节到使电动机的综合电流，因而也就是电动机的总转矩为最大。另外，如加拿大专利No950559中所说明的那样，用一闭环电压调节装置抑制初期的车轮打滑。而且该控制回路还可能包含有对由过大滑速所表明的车轮开始打滑的情况立即作出反应来降低电压设定值（因而亦即电动机转速）的设施（见所引用的加拿大专利第29页）。

本发明总的目的是为电动牵引车辆提供一改进的车轮打滑控制系统。

另一目的是要提供一具有以下特点的车轮打滑控制系统，即能在很广的轨速范围内对开始出现的所不希望的车轮打滑情况很快作出反应，而且能用相对比较小地降低牵引（或制动）力有效地遏制这种情况。

本发明更具体的目的是为机车驱动系统提供一种车轮打滑控制装置，它能响应于初始同步打滑情况有效地促成荷值减少，因而无需设置轨速测量仪器。

再一个目的是在一个与先有技术中的电压（速度）调节方法相

兼容的车轮打滑控制系统中，设置能保证从车轮打滑情况下迅速、平稳、稳定地复原的改进措施。

这一改进的车轮打滑控制装置适用于这样的牵引车辆驱动系统，即有一为多个分别驱动车辆各车轮的牵引电动机提供能量的可控电源，根据控制信号的变化来改变该电源的输出电压（或电流）幅值的装置，以及一在必须使代表输出电压（或电流）实际值的反馈值与一通常由车辆调节手柄（或制动手柄）所决定的参考信号值之间的任何差异降为最小时，改变该控制信号的控制器。许多适当的速度传感器分别与车辆各被独立推动的车轮相联。

实现本发明的一种形式中，速度传感器被连接到对各驱动车轮的旋转速度进行比较并分别检测最高和最低速度的第一装置。与这一第一装置相关连的第二装置提供一表征未打滑车轮转速的参考速度值，和第三装置用来确定此参考速度与由第一装置所检测到的最高（或最低）速度之间一个正常所希望的最大允许速度差。该车轮打滑控制装置还含有为导出速度误差的求和装置。此速度误差值表示最高（或最低）速度、参考速度及上述的最大允许差值三者的代数和。只要最高（或最低）速度为所希望的数值，此速度误差就将成为零。但如果它在预定方向偏离了所希望的数值（例如最高速度大于所希望的值）的话，就会推导出—正的速度误差值，一积分器就动作来取得一车轮打滑矫正值，此值按照平均速率增加，而平均速率是速度误差的函数，还设有根据与矫正值相适应的量将上述参考信号值降低的装置，由此相应地减少驱动系统的载荷。

为使驱动系统在任何车轮打滑情况下均能在最佳状态下运行，车轮打滑控制装置应该以最小可能的减荷（量值和延续时间）操作来消除车轮打滑现象。按照本发明的一个观点，它是这样实现的，

即供给积分器的电压误差值在与速度误差值相关连时采用与参考速度值具有预定函数关系的变化增益，藉此，车轮滑动矫正值即表征为电压误差值的时间积分。此变化的增益随参考速度值从零增大时从预定的最小极限开始增加，而且最好能按照接近参考速度的二次方的规律改变，这样车轮打滑矫正值就会在任何车速时实现恰好足够的载荷减少，迅速克服车轮打滑情况。在轨速较低时，该矫正值将有微不足道的“超调”，而平均牵引或制动力则将在整个速度范围内维持尽可能的高。（注意：假如此增益不变，那么在车辆以高速行驶时，为了获得每降低单位电压〔速度〕所得到的牵引力的减少量增益就必须足够高，但这一高增益将大于低速时所需的增益，因为这时牵引电动机的电流〔因而亦即转矩〕与电压之比较高。

同样为了使系统性能较理想，上述的车轮打滑控制系统中的第三装置能按第二装置所指定的参考速度的函数关系来改变正常所希望的最大速度差值。按本发明的另一观点，第三装置具有在参考速度较低时防止最大速度差降至某个最小值（例如在0.5~1.0哩/时的范围内）之下的装置，而在参考速度由一个预定的第一数值（如10哩/时）增至第二个较高值（如17哩/时）时，第三装置将起作用使参考速度下降一个百分数来改变最大速度差。当车辆行驶速度大于所述第二速度值时，最大速度差即跟随参考速度。结果，在车辆加速时，正常所希望的最大速度差即平滑地由参考速度的较高百分数（如在所述第一车速值时约为12%）改变到所希望的低的百分数（如在速度高于所述第二值时为4%~8%的范围内）。在车辆行驶速度非常低时，对最大速度差应加以最低极限的限制以防止不必要的载荷减少，否则，这种减荷就可能由于在车速接近零时的虚假速度误差值而发生。

当速度误差不再为正值时（表明车轮打滑情形已被克服），牵



引力应尽可能迅速恢复。按照本发明的又一个观点，当车轮打滑矫正值大于零而最高速度不大于所希望值（或最低速度不小于所希望值）时，积分器应以与速度误差无关但与参考速度相关的一个平均速率将该矫正值降至零。在此矫正值降低时，上述参考信号值上升，因而使牵引（或制动）力复原。只要参考速度超过一预定的较低数值（例如7哩/时），降低的速率最好总是随参考速度改变。这一恢复速率与参考速度之间的关系是这样选择的，即只要车轮的行驶速度大于上面提到的预定的较低值，功率就将以一所希望的恒定速率恢复（例如每一驱动轴每秒50马力）。在任何低于这一值的速度时，车轮打滑矫正值以一预定的最小速率减少（例如电源端相当于每秒0.75伏），这样，功率就将按随速度变化的速率恢复，而电动机电流（亦即牵引或制动力）则以所希望的基本不变的速率增加。但是，应指出的是，在车速相当低时，驱动系统的这种电流极限运行模式无论如何总是要决定牵引功率的大小的。

本发明的另一个观点是，为完善车轮打滑控制系统的性能，采用了第四装置，用来分别求得车辆各独立驱动的车轮的转速变化速率；第五装置，用来对这些速率进行比较并给出一代表最大变化速率的速率值；双稳“速率脱扣”（rate trip）装置在速率值至少增加到一预定的触发电平时由复位状态转到置位状态；以及附加装置，用于当速率脱扣被置位时提供一取决于速率值、或前述反馈值、或两者乘积的可变值，设置有第二求和装置，用以将该可变值与积分器的输出相组合，以使得上述的车轮打滑矫正值能实际上随两者之和变化。结果，只要最高速率一达到速率脱扣装置的触发水平矫正值就急剧增加，而且当速率值和/或反馈值（如电动机电压）增大时其增量的大小亦增长。上述触发电平相当低，所以，当电动机

总电流较小，表明车轮的附着力很小时，速率脱扣装置将对初期的车轮打滑情况作出有效的反应。但在附着力较强时，这一触发电平可能过于灵敏以至于会造成错误的减少载荷。对此，本发明具有一种随意改变的特点，即，当附着作用在预定的范围内变化时可触发电平随其大小而改变，这样就使得在附着程度较低时该速率脱扣装置起作用的速率（例如在附着程度10%时为每秒1哩/时）要小于附着程度较高时的速率（如在粘附力15%时为每秒3哩/时）。

本发明的另一观点是，为改善对较大速度误差值的响应性能，采用这样的装置，如果，速度误差超过一预定的水平时，它能通过一个系数来获得一个与电压误差值相关的“比例”值，这个系数在速度误差增大到预定值以上时从零开始增加，而且这一比例值还被送给第二求和装置，在那里与车轮打滑矫正值相加。

本发明具有重要意义的观点在于，在为降低前述参考信号值的装置中包括有存贮装置，用以在车轮打滑矫正值大于零时存贮一与速度误差值成为正数或速率脱扣装置起作用的瞬间的与参考值近似相同的数值。只要此存贮装置起作用，参考信号值就被降到等于所存贮值减去车轮打滑矫正值的大小，而不管节流手柄的功率位置如何。在这种情况下，发生车轮打滑情况期间的参考信号信号矫正的程度（即牵引动力降低的量值或载荷减少）被用来作为最初检测到车轮打滑情况时控制系统的当前的参数，而在这一打滑情况一经得到克服，车轮打滑矫正值恢复为零时，此参考信号值立即回到它原先的大小。这就有利于驱动系统从车轮打滑控制状态平滑而稳定地过渡到正常的控制状态。假定在驱动状态下发生车轮打滑期间车辆没有增加速度（或者在制动状态下发生车轮打滑期间没有降低速度），驱动控制系统可以恢复正常运行而无需重新设定任一不同的参考值。

车轮打滑控制装置包括有检测车辆处于打滑中的被独立驱动车轮

的数目，车轮打滑情况由前述第四装置所得到的转速改变速率的高阶导数所指明。按本发明的另一观点，前述第二装置是这样设置的，正常时参考速度值随无打滑的车轮（在驱动状态时为最低速车轮，在制动状态时为最高速车轮）的转速而改变，但每当处于打滑中的车轮的数目等于或超过一预定极限（例如在一6轴12轮机车中有8个车轮）时，此参考速度值将不再作显著改变。结果，假如大多数或所有车轮都在打滑时，参考速度将不会偏高，相应于车速的数值太多，在发生同步打滑时就是这种情况。在打滑中的车轮的数目达到这一极限之后，因车速在驱动状态的实际增加（或在制动状态中的减少）所造成的偏高就立即被纠正，因为那时上述速度误差值因增加最高速度（或在制动状态下降低最低速度）将向正方向增加，而积分器因而就增加车轮打滑矫正值，减少牵引功率，使得打滑中车轮的数目降到极限以下，藉此，第二装置在需要时能重新将参考速度升高（或下降）到与新的车速相对应的一个数值。

本发明的再一个观点是，为消除同步打滑情况采用了一个装置，以一随打滑车轮的数目高于上述预定极限的时间长度从零增加的一个可变数值来改变所希望的最高（或最低）轮速值，这种改变的目的是要使速度误差值向正方向增加，此变化量最好能随由上述第三装置所决定的最大速度差变化的速率增加，并且其上限至少接近最大速度差的两倍，从而，速度误差值在较高轨速时的增加将比在较低轨速时迅速。结果，当处于打滑中的车轮的数目一超过上述限度，速度误差值就上升到一个立刻就超过前述的能使获取比例值的装置动作的预定水平的数值，而车轮打滑矫正值在所有剩余的未打滑车轮开始打滑前，就迅速并足够地增加来减少牵引动力。换言之，车轮打滑控制装置的所希望值变化装置能有效地保持至少车辆的一

组轮轴装置不打滑。

此车轮打滑控制装置最好还具有与前述第四装置相联系的用以检测轮速变化速率最低一组的装置，以及能在此最低速率至少增大到前述触发电平时动作由复位态转到置位态的第二双稳装置。前面谈过的第二装置是这样设置的，即如果第二双稳装置被置位的话，参考速度值将不作显著改变，这种情形在如果所有驱动轮都以过高速率改变速度的情况下就会出现。该希望值变化装置的设置要使速度误差值根据一个随第二双稳装置处于置位状态的时间长度由零增加的变量而增加。藉助这样的安排，所希望的减少载荷可以交替地或者由第二双稳装置因相当迅速地发生同步打滑情况而改变到其置位态所启动，或者由打滑中的车轮数以较平缓的速度发展成过大而启动。

由下面结合附图所作的说明将会对本发明有更好的理解并对其众多目的和优点作更全面的评价。

对附图的简要说明：

图1 为一6轴机车驱动系统的主要部件示意图，包括有一热力原动机（如一柴油机），一牵引发电机，多个牵引电动机和分别与之相联接的速度传感器，以及一控制器，

图2 为控制器（在图1中是一个方框）的明细方框图，此控制器产生控制牵引发电机磁场激励的输出信号，

图3 为用来说明图2所示的控制器产生发电机磁场激励控制信号方式的“等效电路”图，

图4 为与图1中速度传感器相连接的信号处理器（在图3中表示为一个方框）的明细方框图，

图5 为图3中单一方框所示的车轮打滑控制装置的主要部件的

明细方框图，

图6 为图5的车轮打滑控制中的计算速度和电压误差值装置的功能方框图，

图7 为说明当前优选的产生参考速度值和同步打滑定时功能（用于图5中车轮打滑控制的其他部件）状态的流程图，

图8 为图5车轮打滑控制的积分和比例功能的方框图，

图9 为图5中以单一方框表示的速率功能件的明细方框图，

图10—12 为说明实现图8和图9中示意表示的积分、比例和速率功能的优选状态的流程图，其中图11说明减少载荷子程序，图12说明恢复子程序，

图13 为图5中单一方框表示的功率参考值降低装置的一个简化方案的明细方框图，和图14为说明实现图13所示的参考值降低功能原理的最佳状态的流程图。

图1所示的驱动系统包括一个与电动发电机12的转子机械相联的可变速原动机11，它由一个三相交流同步发电机构成，也被称为主牵引交流发电机。主发电机12产生的3相电压加到至少一台3相双路未经稳压的功率整流电桥13的交流输入端。电桥13的直流输出经由直流母线14以供能关系电联接到多台可调速的直流牵引电动机M1~M6。原动机11、交流发电机12、和整流电桥13被适当地安装在自驱动牵引车辆10（典型的是一台6轴内燃电力传动机车）的底盘上。机车底盘支撑在两个转向架20和30上，第一转向架20具有3组轮轴机构21、22和23，另一转向架30也具有3组轮轴机构31、32和33。

机车的每组轮轴机构都有一对固定在轴相反两端的以法兰连接的车轮。所有6对车轮都在一对平行的，相距一定间距的轨道的表面上行驶，在图1中此轨道之一以直线15表示。牵引电动机M1~M6

的每一个都被悬挂在各自的轴上，其电枢经由适当的齿轮装置（图中未画出）机械地以驱动关系联接到相关的轴轮组。在驱动或推进工作模式期间，牵引电动机M1~M6的磁场绕组和各自的电枢绕组串联连接，而6个电动机在电路上相互并联。适当地电流互感器27用来提供一族分别代表电动机电枢电流数值的6个电流反馈信号I1~I6。而适当的速度传感器28则用来提供一族分别代表电动机转轴、因而亦即各被独立驱动的轮轴机构组的转速（每分钟转数“rpm”）的6个速度反馈信号W1~W6。

主发电机12和整流电桥13用作供给各牵引电动机能量的可控电功率源。此电源的输出电压（或电流）的大小按加到主发电机转子上的磁场绕组12F的励磁电流量来决定和改变。交流发电机的磁场励磁电流由一个3相稳压整流电桥16供给，16的输入端接收来自原动机驱动的辅助交流发电机18产生的交流电压，实际中，18可以由装在主交流发电机12的同一机座上的一组辅助3相绕组构成，采用一般的控制（调节）装置17按照与输入引线19上的可变控制信号VC相对应地改变稳压整流电桥16供给交流发电机磁场的直流电流的大小（因而亦即交流发电机12的输出）。控制信号VC由控制器26提供，下面将在对图3的说明中较全面地解释该控制器，在需要时此控制器能改变VC使一参考信号（其值正常取决于变量指令信号的值）与一代表实际调节量值的反馈信号之间的任何差异减至最小。此系统包括有恰当的装置来求得表征主交流发电机的经整流的电压输出平均值的电压反馈信号V，此电压平均值是磁场电流大小的已知函数，并且随原动机11的速度改变。

原动机11是一台热力机或内燃机等发动机。在内燃电力传动车上，通常由一大马力的涡轮增压16缸柴油发动机供给动力。这种

发动机具有一燃油系统(图中未画出)。此系统包含有一对泵油齿条。用来控制一个相关的喷油嘴被发动机曲轴上一对应注油凸轮所打开时进入每一汽缸的燃油量。每一泵油齿条的位置、因而也就是供给发动机的燃油量,由一发动机速度调节器35的输出活塞进行控制。此调节器依靠在预定的范围内自动地向某一方向移动齿条并通过将发动机曲轴实际的速度和所希望的速度之差降至最小的量来调整发动机的速度。这一所希望的速度由所收到的来自控制器26的可变速度呼叫信号设定。

在正常的驱动(即推进)运行状态中,此发动机速度呼叫信号由与控制器26相联接的手动节流手柄36的位置决定。通常一机车节流手柄具有8个动力位置(档),外加一空转档和一停车档。N1对应于所需的最小发动机速度(功率),而N8则对应最高速度和全动力。在两台或更多台机车组合情况时,常常仅只对引导机车加以控制,而各尾随机车上的控制器则通过连接线37接收指明引导机车的驾驶员所选择的节流手柄位置的编码信号。

针对发动机的每一动力等级,都有一相对应的所需负载。控制器26被恰当地设置成能将节流手柄的档信息翻译成为数值上基本等于当牵引动力与所要求的动力相符合时的反馈电压信号V的参考信号值,并且只要交流发电机的输出电压和负载电流均在预定的极限范围之内,磁场控制器17的输入线19上的控制信号VC就会在需要时改变以得到这一所期望的负载。为此目的,以及为了减少荷载(即发动机卸载)和/或在发生某些异常情况时限制发动机速度的目的必须供给控制器26有关驱动系统的包括发动机在内的各种运行情况和参数的信息。

如图1中所表明的那样,控制器26接收电压反馈信号V、电流反

馈信号I1-I6轴/轮速度反馈信号W1-W6、代表主发电机12经整流后的输出电流的大小的另一电流反馈信号I、指明发动机曲轴转速的发动机速度信号RPM。在发动机不能产生所要求的功率而仍然保持原来需要的转速时调节器35所发出的负载控制信号，以及来自其它被选择的输入端38的有关数据。（发出该负载控制信号是为了降低控制器26中的参考信号值，以便减弱发电机的磁场直至达到新的平衡点。）

在电气制动或减速模式运行中，通过把牵引电动机作为发电机使运动中车轴的惯性转变成电能。为使驱动系统进行制动，调节手柄被置于空档位置，制动控制装置39的一互锁杆由断开位置通过一准各位置移动到各不同的接通位置，牵引电动机M1-M6的电枢绕组与电动机磁场绕组断开，并接到一相应的负载电路。在动态制动的场合，此负载电路通常由一排有风扇吹风（冷却）的电阻栅构成，将电动机所产生的电能以热的形式消散。此时电动机的磁场绕组独立地由主发电机12的经整流源的输出电流激励，而控制器26改变交流发电机激磁磁场的励磁，以使得在轨速较高时（例如高于约20哩/时）加到电阻栅的电动机电流的平均幅度（因而亦即制动力）被调节到一取决于制动手柄位置的参考值，但在轨速较低时，一旦当电动机磁场绕组达到最大标定电流时，交流发电机的输出电流即保持在这一限度不再变化，而制动电流则随速度线性减少。

在本发明的这一优选实施方案中，控制器26由一微型计算机构成。熟悉本技术领域的人员都了解微型计算机实际上是市售元件和有关电路和单元构成的协作系统，它可被编程来实现各种所希望功能。图2所示的一台典型微机中，中央处理单元（CPU）执行存贮在一可擦除和可电改写的只读存贮器（EPROM）中的操作程序，此EPR



OMOM同时还存放该程序中所用的表和数据。CPU中除了一般的计数器、寄存器、叠加器、触发器(标志)等外,还包含有一提供高频时钟信号的精确振荡器。此微机还包括一随机存取存储器(RAM),其中可按存放在EPROM内的程序所决定的不同地址,暂时存贮和读出数据。这些部件由相应的地址、数据和控制母线互相连接。本发明的一个实际实施方案中,采用了Intel8086微处理机。

图2中所示的另一些单元表示通常的用以连接微型计算机和图1的外部电路的外设和接口部件。较具体说,标明“I/O”的单元是一输入/输出电路,用以向微机提供代表所选择的节流手柄(或制动)位置的数据和代表各种电压、电流及其它与机车驱动系统有关的传感器读数的数字信号。上述后面的那些信号是由一模/数转换器41取得的,该模/数转换器经由一通常的多路转换器42连接到分别接收各传感器输出的多个信号调整装置。信号调整装置对通常模拟量传感器输出信号起缓冲和偏置(偏压)的双重作用。如图2中所表明的,该输入/输出电路还将微型计算机与发动机速度调节器、发动机速度传感器、轮轴速度传感器,和一数/模信号转换器43相连接,此数/模转换器的输出VC经连线19连接到交流发电机磁场控制器。

控制器26被编程以便在驱动模式运行时能产生一控制信号,此控制信号值可按照需要将交流发电机电压反馈信号V与通常取决于机车驾驶员所选择的节流手柄的位置及主发电机输出的牵引功率的参考信号之间的任何误差减少到零。图3说明了完成这一过程的方式。另外,为了实现电气制动模式,控制器可被编程来改变其控制信号的数值,以便在需要将电动机电枢电流反馈信号值(即6个电流反馈信号I1-I6的平均值)与通常取决于机车驾驶员所选的动

态制动位置的参考信号之间的任何误差减少到零。

控制器26在驱动状态下所接收的节流手柄位置信息下面将称之为变量指令信号，如图3中所示，它被传送给代表执行译码、减荷、和速率限制功能的适当装置的单元45。最好这些功能能按美国专利No.4634887（Balth等发明，1987.1.6公布，转让给GE公司）所揭示的方式实现，该发明在此被专门用作参照。单元45具有分别标以“PWR”和“V&I”的第一和第二输出通道。代表机车每一驱动轴主发电机牵引功率输出期望值的数值被送到第一通道。代表电压（和电流）极限期望值的数值被送到第二通道。在正常的稳定运行情况下，这些期望值由该指令信号的值决定。但当要求较大功率时，单元45的速率限制功能将促使这些所希望的信息以一个受控的速率变化，此速率为发动机实际速度和马力的函数。

由图3可看到，单元45的第一输出通道中的所希望的功率值经由单元47被作为一个输入送给第一求和装置46，单元47的作用是对此所希望的功率值施加一预设的最高限制。第二输出通道中代表所希望的电压（和电流）极限的数据经由单元49被作为一个输入送给第二求和装置48，单元49的作用是为交流发电机输出电流设定一个确定的最大极限，这同一信息还被当作一电压极限参考值独自通过单元50及连线51作为一个输入送给第三求和装置52。单元50的功用是对交流发电机的输出电压设置一确定的最高限制。第三求和装置52的另一输入是电压反馈信号值 $V$ 。此值代表主发电机的整流输出电压的平均值，第三求和装置通过连线53导引出一代表其大小在所希望的电压极限之下的电压误差值。

第二求和装置48的另一输入是由电流处理器55所得到的电流反馈信号值 $I_{MAX}$ ，该电流处理器55输入有6个电流反馈信号 $I_1-I_6$ 。处

理器55是这样设计和安排的，即IMAX决定于各个电流反馈信号中最大的一个，因而IMAX值就相当于电动机电流的最大值。第二求和装置48引出代表此最大电流低于所希望的电流极限的差值。此差值按照一编程的系统校正过程56(“System Comp I”)处理导出一电流极限参考值，此参考值由经引线57成为第四求和装置58的一个输入。此第四求和装置的另一输入为电压反馈信号值V，并在连线59上导引出一等于连线57上的参考值减去V值的电流误差值。

如图3所示，第一求和装置的另一输入信号为与主发电机输出电压和牵引电动机电流之积成比例的功率反馈信号HP的值。为取得功率反馈值，电压反馈信号值V在单元61中乘以电流反馈信号值IAV，此IAV值是在电流处理器55中求得的，它代表电动机总电流除以6。所得到的信号KVA表示牵引功率的吨数，它在单元62中除以一换算系数以提供对应于每一驱动轴牵引马力的功率反馈信号HP。第一求和装置46推导出一代表实际牵引动力低于所希望值的差值。(如果存在的话)。这一差值按照另一编排定的系统校正过程63处理得出一个功率参考信号，此参考信号经由引线64、车轮打滑控制功能件65和另一引线66，作为一个输入送到第五求和装置67。与该车轮打滑控制功能件65相关连的是一连接有6个轮轴机构各自的速度传感器28的信号处理器65。在下面将详细说明的那种状态下，信号处理器68和车轮打滑控制功能件65能根据起初的或实际的车轮打滑情况动作，不管引线64上的由节流手柄所定的参考信号，并降低引线66上的功率参考值，以此来减少牵引功率以恢复轮轨之间的附着作用。

第五求和装置的另一输入是电压反馈信号值V，它在引线69上推导出一等于引线66上的参考值减去V值的功率误差值。引线53、59和69上的电压、电流和功率误差值分别经编排定的误差校正过程71、

72和73(“Error Lomp”)处理,以导出电压、电流和功率控制值。误差校正过程71—73,以及系统校正过程56和63,都引入了比例—加—积分的传递函数,他们各自的增益均为节流手柄位置和机车及其控制系统的其它一些参数的函数,如为增益功能件70所确定的。这样,每一经校正的控制值均随其对应误差值的时间积分而变化。所有这三个控制值均作为输入送给一最小值门74,门74输出端的控制信号值是这些输入值中最小的一个。所得到的控制信号确定了由控制器26经过引线19送到交流发电机磁场控制器17的模拟控制信号VC的大小(图1)。

磁场控制器17将按照此控制信号值按需要通过改变牵引交流发电机12的磁场强度,以使最小值门74产生的最小值减为最小,而不必考虑该最小值是引线53、59和69上的哪一个。只要V和IMAX两者均处于单元45的V和I的公共输出所设定的限度范围之内,而且不高于它们各自的在单元50和49所得到的最大极限的话,此控制信号就由这里既小于电压又小于电流控制值的功率控制值所决定。结果,交流发电机的输出电压就维持在使得V值等于功率参考值的那一水平,此功率参考值正常情况和系统校正过程63在当所检测到的牵引功率的大小与其所希望的之间没有误差时通过引线64所得到的值相同。但如果V(或IMAX)要超过其极限,电压(或电流)控制值就被降低到小于功率控制值,而控制信号值也就相应减小,藉此,交流发电机的电压就被调整到能使V(或IMAX)与电压(或电流)极限参考值之间误差基本为零的水平。

前面已经说明,图3所示为机车驱动系统作驱动运行时的控制状况。另一方面,该同一控制器可对此驱动系统的电气制动或减速运行进行控制。在后一情况下,变量指令信号将为制动手柄位置数

据，单元45的第一输出通道中的值将表示所希望的制动电流值（即电阻栅中对应每一驱动轴的电流的大小），用于第一求和装置46的反馈信号将为电动机电枢电流反馈信号IAV，而用于第三、第四和第五求和装置的反馈信号将为交流发电机输出电流反馈信号I（即牵引电动机磁场绕组中电流的大小）。

构成本发明的车轮打滑控制装置的速度信号处理器58和车轮打滑控制功能件65分别于图4和图5中作较详细说明。如图4中的功能性表示，速度反馈信号W1-W6被送到一适当的分度功能件76，该功能件76将每一转速信号换算成各有关的轮轴机构的对应圆周速度值（哩/小时，“mph”），并随时根据需要调整这些值以保证在机车滑行（即当牵引电动机M1-M6被断开电流而轨速超过8mph）时这6个值基本上相等，尽管车轮直径不等。这些经换算后的速度反馈信号被依次传送给适当的装置77进行比较，分别检测出最高和最低值。这后一装置77具有两个输出值：其中标有“WMAX”的随所测得的最高速度变化，另一标有“WMIN”的随所测得的最低速度改变。

分度功能件76所输出的这6个换算后的速度反馈信号还被输送到适当的第一微分装置80以求取6个速度值的变化速率。带有正号的速率值表示各对应轮轴机构的加速度（mph/秒），而负数速率值则表示各对应轮轴机构的减速度（mph/秒）。所有6个速率值依次送到适当的装置81，对它们加以比较分别检测出最高和最低值。这后一装置81具有两个输出值：一个标有“dW/dtMAX”的随最高速度变化率改变，另一标有“dW/dtMIN”的随最低速度变化率改变。

由第一微分装置80得出的6个速率值还被输送到适当的第二微分装置82，以求得6个绝对值，在此称之为“冲击”值。这些冲击值是各个速率值的导数，因而也就是被换算的速度反馈值的二阶导

数。换言之，每一冲击值代表相应轮轴机构的加速度（或减速度）的变化速率，它以mph/秒<sup>2</sup>为单位。如图4所示，此冲击值被送到6个双稳水平检测装置83，分别与一由单元84提供的预选阈值水平进行比较。

每一水平检测器83的输出状态决定于相应的冲击值是否超出预选的阈值水平，此阈值水平最好稍微高于机车在良好轮轨附着状况下速度正常变化时所期望的加速度（或减速度）最大变化速率。在本发明的一个实际应用中，此阈值水平是0.75mph/sec<sup>2</sup>，如果任一冲击值超过这一水平，就认为相应的轴轮装置正在空转。这些水平检测器的输出为逻辑装置85所监测，以确定正在打滑的被分别驱动的轮轴组的个数，当相应的冲击值过大时各水平检测器的输出状态就指出一轮轴组在打滑。最好将此逻辑装置85安排得使其输出数（标为“#”）等于不在打滑的轮轴组的个数，即由冲击值不超过前述阈值水平所指明的那些轮轴组。实际上处理器68还包括有用来适当调整其各个部件的输入和/或输出值的合适的低通滤波装置（图中未示出）。

如图5中功能性所示，由上述速度信号处理器68发出的最高和最低速度值，最大和最小速率值，以及来自前述速度信号处理器68的未打滑的轴数，连同电压反馈值（V），从电流处理器55得到的平均电流值（IAV），由系统校正单元63得到的功率参考值，由系统校正单元56得出的电流极限参考值，以及引线51上的电压极限参考值一起传送给车轮打滑控制功能部件65。车轮打滑控制部件65由5个协同工作的子系统外加一系列为启动车轮打滑运行中减少载荷和恢复模式用的附属逻辑步骤所组成。在描述车轮打滑控制部件的这些子系统和逻辑步骤的现在这一优选实施方案中，将假定指令信

号正在调用不变的或增长的牵引功率。熟悉本技术领域的人们将很显见，通过恰当地交换图示的某些输入和/或它们的极性，如果希望的话，本发明也能用于控制电气制动期间的车轮打滑。

在车轮打滑控制功能部件65的第一子系统100中，由已知的高速度值( $W_{MAX}$ )和第二子系统200所产生的一参考速度值计算出速度误差值( $\Delta W$ )和电压误差值( $\Delta V$ )。该参考速度值表征机车的一组不打滑轴轮机构的转速，因而即是机车真正的轨速量值(同步打滑情况除外)。在介绍图6时将要说明，该速度误差值代表最高轮轴速度参考速度和一预定的正常所希望的最大差速的代数和。假如最高速度具有所希望的值，则速度误差值将为零。只要最高速度的实际值大于所希望的值，此速度误差就是正值。在检测到正速度误差( $+\Delta W$ )时，第一子系统100使得“或”逻辑门87输出高电平，这将促使车轮打滑控制部件开始减少荷载运行(功率降低状态)。如图5所示那样，第二“或”逻辑门88将和门87的高电平同时输出高电平，即“TRIP”态。当“或”门88的输出为高电平时，线64上得到的节流信号代表超载。

在减少荷载模式工作中，第一子系统100将得出一与速度误差值以一增益变量相关的电压误差值，该增益变量是参考速度值的预先确定的函数。然后此电压误差值在车轮打滑控制功能部件65的第三子系统300中求积分。这就产生了变量“INT”它表示以随电压误差值改变的平均速率正向增加的电压误差值的时间积分。结果，INT值即以一作为速度误差值所期望的函数的速率增加。它经由子系统300的第一输出线301被馈送到求和装置90。只要INT为正值( $+INT$ )，子系统300就产生一个“与”逻辑门91的一个输入。

如果当速度误差值为正且超过一预定值时，第三子系统300即会产生与电压误差值成比例的第二变量“PROP”。此PROP值经由另

一输出线302送到求和装置90，由此求得随INT值、PROP值、及第三变量“RATE”值三者之和变化的车轮打滑矫正值。其中后一变量是在最高速率( $dW/dt_{MAX}$ )等于或超过一预定的触发电平时由第四子系统400经引线401送给该求和装置的，它将把车轮打滑矫正值提高一个随最高速率值与电压反馈信号V值的乘积变化的数量。如果希望的话，此触发电平可以是一个由电动机电流平均值(I<sub>AV</sub>)所表征的机车轮轨间附着作用的函数，例如，此触发电平可以由附着作用为10%时的1mph/sec改变到15%附着作用时的3mph/sec。一旦最高速率达到此触发电平，就出现RATE TRIP信号，子系统400就促使逻辑门87启动车轮打滑控制功能部件作减少荷载方式工作。同时，逻辑门88亦处于其TRIP状态。

求和装置90所得到的车轮打滑矫正值是车轮打滑控制功率部件第五子系统500的一个输入。每当逻辑门88处于TRIP状态时，后一子系统就不考虑其输入线64上所收到的决定于节流手柄位置的功率参考信号。在描述图13和14时将说明，在运行中，这一系统将通过减掉一个等于矫正值的量来减小输出线66上的功率参考信号值。只要引线66上降低后的功率参考值低于引线64上的功率参考值，车轮打滑控制部件65实际就起控制作用(WS INCONTRL)，由子系统500就产生“与”逻辑门91的另一输入。只有在其两个输入同时产生时(即WSINCONTRT和+INT同时存在)，门91才输出高电平。

如图5中所作的功能性表示那样，逻辑门88将在逻辑门91输出高电平的同時处于其TRIP状态。一个附加逻辑门92连接到逻辑门87和88上，每当门87的输出为低电平(就是说，最高速度不大于所希望的值，且减少荷载状态已经结束)同时门88处于其TRIP态(就是说，INT值为正因而车轮打滑矫正值大于零，同时车轮打滑控制功



能部件在起控制作用)时,逻辑门92就处于输出高电平状态,从而启动车轮打滑控制部件65作恢复(功率复原)模式运行。在恢复模式操作中,第三子系统300将使INT值,亦即车轮打滑矫正值,以一与速度误差值无关,并最好是作为参考速度的预定函数的平均速率减少。一旦INT值回到零,逻辑门91和88即被关闭,从而从高电平状态变成低电平状态。此时车轮打滑矫正值为零,恢复模式运行结束。与此同时,第三子系统300通过虚线94重新给予图3中单元63所表示的系统校正值。在恢复模式结束后,由求和装置90所得到的车轮打滑矫正值将保持为零,引线66上的功率参考值将与引线64上的值相同,驱动控制系统就能按正常的驱动模式工作直到由于检测到正的速度误差值或者出现了一个RATE TRIP信号使逻辑门87和88同时由低电平变成高电平而启动另一减少荷载模式运行为止。

现在来参看图6,对单轮打滑控制功能部件65的第一子系统100作更具体描述。熟悉本技术领域的人员将会理解,在实践中,对构成控制器26最佳实施方案的微型计算机进行恰当的编程,是实现图6中所示的原理性功能的最好方法。速度误差值( $\Delta W$ )是在求和部分门电路102对四个不同的输入值作代数和计算而得到的。第一输入是前述的取自速度信号处理器68的检测功能件77的一个输出(图4)的最高速度值(WMAX)。第二输入由一最低值门104得到,门104的功能是在参考速度发生器200所提供的参考速度值和取自检测功能件77的另一输出的最低速度值(WMIN)两者中取极小值。虽然通常参考速度值总等于或小于WMIN,但在某些情况下(例如在驱动模式下机车减速时)有可能大于该值,第二输入由第一输入中减去。

求和部分102的第三输入为前述的最大差速值。它为参考速度值的百分数变量。如图6中符号所表示的;参考速度值由一乘法门

电路106降到所希望的百分数，此乘法门106的输出为最大值门电路108提供一个输入。门电路108的第二输入连接到一最低电平单元110，此单元提供一较低的常量。门108在其两个输入中选取较大的一个值，经由引线112送到求和部分102，后面这一值代表最大爬行速度，即正常情况所希望的参考速度和WMAX之间的最大差值。最大值门电路108的目的是为了防止在参考速度较低时（例如低于8mph）此最大差低于一预定的最小速度（例如在接近0.5-1.0mph的范围内）。

乘法电路106的输出是参考速度值与一可变分数的乘积，此分数也是一函数发生器114所决定的参考速度值的函数。当参考速度在预定的第一值（如大约10mph）和预定的第二值（如大约17mph）之间变化时，发生器114最好能使该分数随参考速度作相反的变化。例如，该分数可在最大极限约 $1/8$ （这样，如果参考速度值低于其第一值但高于乘法电路106的输出与最小电平单元110所提供的低值相同时的速度时，最大差速将等于参考速度的12%）和最小极限约 $1/25-1/12$ （这样，只要参考速度高于其第二值，最大差速就不低于参考速度的4%）之间变化。结果，最大差速在轨速低时将比轨速较高时具有所希望的较高的参考速度百分数，并且，此百分数在机车加速时由最大极限平滑地减小到最小极限。如图6所示，引线112上的最大差速值（即求和部分102的第三输入）被从WMAX（即第一输入）中减去。

求和部分102的第四输入是一个等于乘法功能件116的两个输入值之积的可变值。其第一输入（TIME）是一取自车轮打滑控制功能部件65的参考速度发生器200中的同步打滑定时器的可变因数。在说明图7时将解释这一点，正常时这一因数为零，但如果同步打滑定时器因开始发生同步打滑情况而被激发时，它就将以线性由零增

加到最大值1.0，下列两种情况中的任一情况发生时均说明开始出现同步打滑现象：(1) 逻辑装置85(图4)的输出数小于某一量值，因而即说明正在打滑的轮轴组的数目超过一所希望的极限；或(2)最低速率值( $dW/dt_{MIN}$ )等于或超过一预定的触发电平，因而表明所有6个轴轮组均正以过高的速率改变速度。

乘法部件116的第二输入正比于正常所希望的最大差速，它通过引线112上的最大差速值在电路118中与一预定的数(至少大致为2，最好为3)相乘而得。此乘法电路所得的乘积是一被选择的该最大差速值的倍数，为最大值门电路120提供一个输入。后面这一门电路120的另一输入连接到一提供相应于一预定最小速度(例如约1 mph)的常量的最低电平单元122，它在其输入中选择较大的一个作为给乘法部件116提供的第二输入值。最大值逻辑门120将防止此第二输入在最大差速较低时减少到低于与一预定最小速度相对应的最低电平。

现在就可清楚看到，只要乘法部件116的TIME输入为零，116的输出就是零，但当同步打滑定时器被激发时，这一输出值就开始向着等于所选的最大差速值的倍数的上限增长。结果，求和部分102的第四输入即为一随同步打滑定时器被激发的时间长度而增加的变量。其增加的速率将随引线112上的最大差速值改变(但不能降到一由最低水平122所决定的最低速率以下)，因此，这一第四输入在轨速较高时比轨速较低时增加速度快。

求和部分102的第四输入被加到第一输入(WMAX)，从而趋向于正方向增加(提高)在该求和部分所得的速度误差值( $\Delta W$ )。事实是，此第四输入使得前述的所希望的最大轮轴速度值减少了与第四输入值相对应的一个可变量。换句话说，所希望的速度等于参

考速度与正常希望的最大差速之和减去上述的可变量。在运行中，如果一些（不是全部）轮轴组正在打滑而同步打滑定时器未被激发，那么WMAX值就将大于参考速度值与最大差速值之和。否则，如果有足够的轮轴组在打滑（或者如果所有轮轴组都在以足够快的速率加速）使同步打滑定时器激发，参考速度值与最大差速值之和减去求和部分102的第四输入的变量值，将小于WMAX值。在这两种情况中，实际的最高速度将大于所希望值，而速度误差值将具有正号，其大小则决定于偏离期望速度的大小。

子系统100中的求和部分102所得出的速度误差值，经一恰当的双稳极性检测装置（逻辑电路）124判别，若发现它是正值（ $+\Delta W$ ），检测电路124就与逻辑电路87（图5）一起启动车轮打滑控制部件进入减少载荷运行模式，并使逻辑电路88成为TRIP态（如前面所述），在作减荷模式运行期间，速度误差值与作为参考速度值的一个预定的函数的增益变量相乘，得到电压误差值（ $\Delta V$ ）。图6中该乘法电路以一标有“X”符号的单元126表示，它具有两个输入端，速度误差值直接送入其第一输入端，而参考速度值则通过一函数发生器128和一在正常情况下打开的开关130连接到其第二输入端。每当减荷模式工作时，开关130即被闭合并进行乘法操作，否则电压误差值即为零。函数发生器128设定提供给工作中的乘法电路126的第二输入端的增益值（即电压误差值与速度误差值之比）。是这样编排的，即当参考速度增大到一个相当高的值（例如70mph）时，此增益（“GAIN”）即从一预先确定的最小极限“K”（例如1.0）非线性地增加到一预先确定的最大极限（例如22.5）。这样，GAIN就取决于参考速度，最好它能按照近似于参考速度值的二次幂变化，以使在较宽的轨速范围内，电压误差值能刚好大到足以使得牵引力

响应1mph的速度误差降低一预定的所希望的大小(例如相当于降低总牵引电动机电流200安培)。结果, 车轮打滑控制功能部件的矫正动作将足以克服高轨速时(此时电动机电流、亦即转矩与电压之比相当低)发生的任何车轮打滑情况, 而又不致对发生在低轨速时的车轮打滑造成不希望的超调。在本发明的一个实际实施方案中, 本段中上面说明的功能实际是由图10中所示的软件来完成的, 这在下面说明。

图7说明目前实现图5中单元200所表征的完成参考速度产生和同步打滑定时功能的最好方法。控制器26被适当地编程以执行图7的程序每秒50次。此程序由查询点202开始, 它确定机车节流手柄36是否正从其空档位置动作到它的第一功率位置(N1)。当驾驶员正在控制机车由静止状态加速时, 对此查询的回答将为真(在此流程图中, Y代表是, 即对查询为肯定回答, 而N则代表否, 即否定回答)。

如果对第一查询202的回答是肯定的, 图7中程序将在其进入下一查询点206之前, 立即执行一参考速度启动步骤204。在步骤204, 微型计算机的暂存寄存器(这里称之为“参考速度”寄存器)被输入代表由速度信号处理器68所检测的最慢轮轴组的转速的WMIN值(二进制码形式)。下一查询点206测试WMIN是否小于存贮在参考速度寄存器中的值。如果是肯定回答(表明机车在减速), 程序由查询点206前进到步骤208。在需要时, 208将用来确保两个双态标志(“最小速率”和“最大速率”)处于第一或复位状态(这里称之为截止、或“假”)。在执行步骤208之后, 图7程序自动进到步骤210。在此由参考速度值中减去WMIN, 并将所得差乘以一所希望的增益(“REF-DN”)来求得一增量值。步骤210之后跟随的查询步骤212, 确定所计算的增量值是否超过一预设的转换极限: 如为真, 此

增量值即在步骤214被降到该转换极限值。然后自动进入查询步骤216，以确定此增量值是否低于参考速度值。如果是这样，则在步骤218中将存贮在参考速度寄存器中的值减去一等于该增量值的量，否则，就在步骤220中被存贮的参考速度值将降至零。在此二情况中，参考速度的产生程序至此结束。

另一方面，如果机车或者正在加速或者匀速运行，或者如果存在有实际的或初始的车轮打滑情况，查询点206所得回答将为否，图7中程序就将由此查询点进入到判断步骤222。222这一步骤判定未打滑轮轴组数量( $\#$ )是否低于预定极限“LIM”(例如一具有6组驱动轮轴机构的机车为2)：如果 $\#$ 低于LIM，在步骤222将得到一肯定回答，程序将直接由222进到定时器启动步骤224；否则，下一要执行的步骤将是另一查询点226。换言之，在判断步骤222的肯定回答表示打滑的轮轴组的数量高于所希望的最大极限(例如4)。这种情况正如前面解释过的，同步打滑情形即将发生，这时在步骤224，一个计数器将被增加一预定的数，直到某一最大数。该计数器增加步骤即为同步打滑定时器，当判断步骤222为肯定答复时，它是参考速度产生程序的最后步骤。存贮在此计数器中的数决定了前述子系统100中乘法功能部件116的输入TIME(见图6)，并且最大数即相当于TIME因子为1.0。只要 $\#$ 低于LIM，此数在每次执行图7的程序都将被重复增加，每次增长量均等于一预定的数，直到达到最大读数。举例说，这预定的数可以是最大读数的1/250，这样，TIME因子完成它由0到1.0的这一最长进程将需要5秒钟时间。因此，存贮在此计数器中的读数就成为打滑的轮轴组的数目高于所希望的极限时的时间的量度。

如果最低速率值 $dw/dt_{MIN}$ 等于或超过表明马上就要发生同步

打滑情况的预定的触发电平(“A”)的话,计数器增加步骤224在每次执行图7的程序时,即使打滑轮轴组的数目不大于所希望的极限(即#不低于LIM)也被启动,如图所示,当判断步骤222为否定回答,程序的下一步骤226是测试最小速率标志的状态,只要这一标志不是其第二或置位态(这里称之为起动,即“真”),程序经过步骤228进到查询点230,以确定由速度信号处理器68所检测的速度变化最低速率是否至少与A一样高,虽然图7中未表示,但有一装置用来按照牵引电动机电流的大小来改变A,只有在对查询点230的回答为“是”时,计数器增加步骤224才通过将双态最小速率标志由假置为真的步骤232而被启动,一旦步骤232和224被执行,图7中程序即结束,但下一次通过这一程序时,对查询点226的回答就将是“是”而不是“否”,现在查询步骤234被用来确定最低速率值是否低于作为A的一预定函数的断开水平“B”,如果不低于,在此一步骤234之后就立即进入计数器增加步骤224,反之,如果 $dw/dt_{MIN}$ 减小到小于B时,程序将自动由步骤234进入步骤228,在此,双态最小速率标志被复位到其为假的状态,并由步骤228经过查询步骤230前进到另一确定未打滑轮轴组的数目是否等于上述的预定数量的判断步骤236,如果在这后一步骤中的回答是肯定的,图7的程序将在此结束,否则打滑中的轮轴组的数目就是低于所希望的极限,而程序就将由判断步骤236前进到将上述计数器(即同步打滑定时器)复位到它的正常的零状态的步骤238。

在经过步骤238计数器被复位后,图7程序的下一步骤240是要测试最大速率标志的状态,只要这一标志不是处于它的第二(即置位)状态(这里称之为起动,即“真”),程序就通过步骤242进到查询点244,以确定最高速率值 $dw/dt_{MAX}$ 是否至少与一最好是与

上述触发电平A相同的预定触发电平同样高。如果对查询步骤240的回答为“是”，图7程序就在一将双态最大速率标志由假置为真的最终步骤246之后结束。在步骤246执行后下一次通过这一程序时，对查询点240的回答将是“是”而非“否”。现在查询步骤248将确定最高速率值是否低于一预定的断开电平（最好与B相同）。如果不低于，这后一步骤就结束图7的程序。另一方面如果 $dw/dt_{MAX}$ 降到B以下，程序将自动地由步骤248进行到步骤242，在此，将双态最大速率标志复位到它的假态。程序由这后一步骤经过查询步骤244（现在对此查询的回答是否定的，因为B低于A）进到下一步骤250。应注意到，如果在步骤246将最大速率标志置为真态之后，但尚未被步骤242复位成假态之前（或者在最小速率标志被步骤232置为真态之后但在其被步骤228复位之前）的任何时候，对查询点206的回答由“否”变成“是”的话，此速率标志将被步骤208复位。

在步骤250中，将WMIN减去参考速度值，并将所得差乘以一所希望的增益（“REF-UP”），由此计算出一增量值。这上步骤之后是一查询步骤252，在此将所计算出的增量值与一预设的转换极限进行比较：如果此计算值超过此极限，它就在步骤254被降低到此转换极限值。然后自动进到步骤256，将存贮在参考速度寄存器中的值增加一等于此增量值的数，至此，参考速度产生程序即结束。

现在对图7中所说明的参考速度发生器的运行加以大致的归纳。在机车作正常的减速期间，对查询点206的回答是肯定的，步骤208—220的作用将保证参考速度值跟随正在减少着的最低速度值WMIN，参考速度变化的速率则对应于WMIN改变的速率，最高可达到由预设的转换极限所决定的最大速率。在机车作正常加速度时，对查询点206为否定回答，步骤222、226、228、230、236、238、240、242、



244及250—256将作用以保证参考速度值跟随增加着的WMIN。参考速度变化的速率同样也相应于WMIN改变的速率，最高到该相同的最大速率。在两种情况下，参考速度值均将随任一组具有最低速度的轮轴机构的转速改变。这一组通常是不在打滑的，因之其速度真正代表实际的轨速。

但每当检测到下列异常事件之一时，所述程序将不会明显改变此参考速度：(1) 在判断步骤236和222中之一作肯定回答时表明， $n$ 等于或小于LIM(即打滑中的轮轴组的数目等于或超过所希望的最大极限)；(2) 在最小速率标志被置位于真态时表明， $dw/dt_{MIN}$ 增加到至少等于A，然后保持大于B(即当最低速率值异乎寻常的高时)；(3) 最大速率标志被置位于真态表明， $dw/dt_{MAX}$ 至少增加到A而后保持高于B(即当最大速率值过高时)。当大部分或全部轮轴组开始打滑时就会发生上述三种情况中的第一种或第二种，机车以超过大约10到15mph的速度行驶时，如果将要产生同步打滑情况就会是如此，而在这两种情况中，此参考速度被防止过大地偏离对应于在同步打滑时趋向于保持不变的实际轨速值。当任一组轮轴机构以过高的速率改变速度时就会发生第三种情况，在当机车以一相当低的轨速行驶时如果至少有一轮轴组将要打滑就会是这样，而在这种情况中，此参考速度被防止由对应于此过高速率被检测到的时刻的实际轨速的值发生变化，以便能在系统由打滑情况恢复时较接近地适应所希望的轨速。

参考速度发生器200包含有同步打滑定时器(步骤224)，此定时器或者由上面说过的 $dw/dt_{MIN}$ 事件，或者在未打滑轮轴组的数目下降到前述的预定数(极限)以下时被启动。在此两种情况，每当图7的程序运行时即通过步骤224，由此而使TIME因数线性地由0向1。

0重复地增加。结果，乘法功能件116(图6)将启动以随正常所希望的最大差速改变的速率增加其输出，以便能如前面解释过的那样相应地提高速度误差值( $\Delta W$ )。如果这一同步打滑定时动作是因#降到LIM以下而起动的話，那么以后在#增加到一个等于LIM的数的当时存贮在计数器中读数(步骤224)就将被保存下来。结果，TIME因数就被“冻结”住，直到#或者再次降到这一极限以下(由此，判断步骤222将又一次得到肯定回答，而步骤224将在每次程序通过时均作用使计数器恢复由其被保存的读数向其最大读数增加)。或者上升到高于这一极限(由此，在判断步骤236得到一否定回答，而后下一步骤238将计数器复位到零读数)。换句话说，在打滑着的轮轴组数目增加到所希望的极限(例如4)以上之后，同步打滑定时步骤224周期地动作来增加被用作乘法功能件116的输入的TIME因数，因此而增大该乘法部件输送给求和部分102的变量(见图6)。接着，由于系统由车轮打滑状况恢复，打滑着的轮轴组的数目就减少。现在，只要打滑着的轮轴组的数目等于所希望的极限，判断步骤236就将动作以保持此TIME因数(因此亦即乘法功能件116输出的变量)相对地不变，而复位步骤238则随着打滑轮轴组数减少到这一极限以下急剧地动作使这一因数(因而亦即该变量)降到零。当同步打滑定时器一被复位和此变量随之降至零时，就有一相应的减少速度误差值的步骤，而这一情况可能使车轮打滑控制功能部件立即由减少载荷转变成恢复模式运行。判断步骤236将这一情况的发生延迟到直至打滑轮轴组的数目下降到极限值之后，这样，就较少可能发生引起在恢复和减荷运行模式向来回快速振荡的边缘(临界)同步打滑情况。

现在将明显看出，参考速度发生器200(图7)得供了参考速度

度值和TIME因数，而无需采用雷达装置或另外的非驱动轮（滚轮）来测量车辆的实际轨迹。图6所示以及前面所说的情况中，此参考速度值与最高速度值、最大值门电路108输出的最大差速值、以及在同步打滑定时器作同时乘法功能件116输出的变量进行代数相加，以便求得速度误差值( $\Delta W$ )，将此 $\Delta W$ 值乘以一可变增益来取得上述的电压误差值( $\Delta V$ )。此 $\Delta V$ 值在车轮打滑控制功能部件65的第三子系统300中进行积分。按图8对子系统300所示的功能性说明，可以理解的是实际中，对组成最佳实施方案的控制器26的微型计算机作适当的编程，将能最好的实现这些功能。（目前优选的软件流程图列于图11和12中，下面即将进行说明。）

如图8所说明，电压误差值通过传输函数（增益）303送到最大值门电路304的一个输入，304的另一输入为由适当装置306所得到的预先确定的最小值。对装置306编制的程序使得该最小值能根据由相应的水平检测装置308所检测的增大至一予定水平“K1”以上时的参考速度值由一较低的第一读数改变到一较高的第二读数。（K1是在例如一较低的参考速度如8mph时所得到的）。最大值门电路304在其两个输入中选择较大者作为分别经由第一和第二串联连接的开关312和314馈送到积分部件310的输入的值。第一开关312正常情况是打开的，但每当进行减荷模式操作时它将被闭合。另一开关314具有两个可能的位置（状态）：正常情况时它处于图8所示的状态，将积分器310的输入连接到开关312；但一当成为恢复模式运行时，此关314即处于它的第二状态，由此将积分器的输入连接到一个与速度和电压误差值无关的替换源316的输出。一适当的装置318用来改变该替换源316输出的极值，这样，在当开关314处于其第二状态时，积分器的输入就是负的。此替换源316接收参考速

度值，并被编程使其输出在只要该参考速度值超过对应于一预定的参考速度（例如7mph）的某一水平“ $k_2$ ”时就随此参考速度变化。这一替换源还被编程使得在参考速度值较低时（小于 $K_2$ ），其输出为一预先选定的最小值“ $D$ ”。

积分器310在子系统300的第一输出线301上产生前述的变量INT。在减少荷载模式运行期间，INT将代表 $\Delta V$ 的时间积分。换言之，此积分器的输出以一随电压误差值改变的平均速率增加。这一增加速率将不低于由装置306所得的最小值所决定的下限。在恢复模式运行期间，替换源316将使INT以一与电压误差值和速度误差值均无关而且是参考速度的函数的平均速率减小。较具体一点说，只要参考速度值超过 $K_2$ ，INT减小的速率就将随此参考速度值变化，而当参考速度低于 $K_2$ 时，它就等于一恒定的最小速率。此最小速率（最好被选得能使主交流发电机12的整流后的输出电压以每秒约0.75伏的速率减少）由此替换源316所选择的最低输出值 $D$ 决定。

由前面对逻辑步骤92（图5）的叙述我们知道，每当速度误差由一正值变到负值（或零）时即会启动恢复模式运行，而在INT值一回到零并因而不再为正时即结束此恢复模式。如果驱动系统在正常的爬行调节状态中，车轮打滑控制功能部件65将在减少荷载和恢复模式间反复振荡，因为 $W_{MAX}$ 在稍大于和稍小于所希望的速度值之间平缓地变化。在速度误差值为正方向（号）时的交替间隙内，INT将由零跃升，因而降低引线66上的功率参考值（图3和5），而在速度误差值不是正的时间间隙内，INT将下降至零，因而增大引线66上的值而恢复牵引功率。

如图8中所示，积分器的输出INT经一连接到引线301的双态极性检测装置（电路320）测试，只要INT相对地为正（+INT），此检

测电路320就与子系统500发出的WS INCONTRL信号协同作用使得“与”逻辑电路91呈高电平状态，这使“或”逻辑电路88保持为TRIP态（见图5）。此后，只要INT降低到零或者车轮打滑控制部件失去控制（即引线64上的功率参考值变成低于引线66上的已降低的参考值），“与”逻辑电路91即被关闭，其输出状态因而由高变为低，从而使复位功能件322起作用以保证积分器310的输出被箝位到零。与此同时，一个配套复位功能件324作用以重新预置用于校正过程63（图3）的系统校正值，功能件324是经由引线94耦合到这一校正过程的。

第三子系统300包括有一用来在其第二输出线302上产生前述变量PROP的乘法功能件（电路）330。电压误差值被直接输送给这一电路330的两个输入端之一，而速度误差值则通过一函数发生器332耦合到第二输入。此函数发生器332被编程使得能在速度误差值增加到一预定水平“L”以上时，例如说速度误差为1mph，产生一由零增补一预定的最大数（例如4）的可变乘法因子。换句话说，每当 $\Delta W$ 高于L时，332就将一随其差值变化的乘法因子送到乘法电路330的第二输入。结果，只有在速度误差值为正且超过L时，此乘法电路330才会产生PROP。它与电压误差值间将存在一个系数关系，当速度误差值在L和一预定的高于L的第二水平之间变化时这一系数将在零和上述的预定最大数之间改变。实际上，当乘法部件116因参考速度发生器200中的同步打滑定时器（图7中步骤224）起动而动作作为求和部分102（见图6）产生第四输入时， $\Delta W$ 通常将增加到一超出L的值，由此，PROP将随着图7中程序步骤222和230中之一所表明的实际上开始发生同步打滑情况，迅速地由零升高。

正如前面已解释过的，车轮打滑控制部件65包括有求和装置90

(图5)。用来求取来自子系统300的PROP和INT值及来自子系统400的RATE值的代数和，以导出用作第五子系统500的输入的车轮打滑矫正值。这样，此矫正值即由这样三个独立的量值之和构成，此三个量值分别表示 $\Delta V$ 和一随 $\Delta W$ 超出 $L$ 的大小改变的乘法因子的乘积， $\Delta V$ 的时间积分，和如果 $dw/dt_{MAX}$ 超过触发电平 $A$ 时 $V$ 和 $dw/dt_{MAX}$ 的乘积。

现在参看图9，对产生RATE的第四子系统400作较详细的说明。在实践中，图9概略性地所阐述的功能，可由对构成优选实施方案中的控制器26的微型计算机进行适当的编程来最好地实现。子系统400被安排得能将取自速度信号处理器68(图4)中速率比较和检测装置81输出的最大速率值( $dw/dt_{WAX}$ )变换成与 $dw/dt_{MAX}$ 的绝对值和 $V$ 值的乘积成比例的变量RATE。为此目的，此最高速率值经由常开开关402连接到第一乘法功能电路404的一个输入，此电路404的另一输入则接收电压反馈信号 $V$ ，此第一电路404所得的积在一配套乘法电路406中被乘以一预先确定的系数(“%”)。(这两个乘法步骤404和406实际上可同时完成)。此预定系数由一适当的装置408得到，如果需要的话，可对此装置加以编程来按照增加到由一附设的水平检测器410所检测到的预定水平以上的参考速度值增加这一系数。当开关402被闭合时乘法电路404和406起作用，在子系统400的输出线401上产生上述的变量RATE。此值由最高速率值和 $V$ 值两者确定，等于两者之积的一个预定的百分数。

每当出现RATE TRIP信号时，开关402即被闭合，乘法电路404及406即按上述启动；否则的话RATE等于零。子系统400包括有一适当的双态水平检测装置，可按最高速率值来确定是否指明RATE TRIP情况。在图9中是以独立的单元412表示这一检测装置，它具有

与图7程序的步骤240—248相同的功能。其输出为低(“0”)是它的正常(复位)状态,而其输出为高(“1”)则为其置位(指明RATE TRIP)状态(与最大速率标志的开启即“真”态相一致)。每当此最高速率值增高到至少触发水平A时就开始上述后一状态,而在最高速率值随后降到断开水平B以下时该状态就结束。如图9中说明的那样,A由一恰当的装置414决定,而B则是为乘法电路416所决定的A的一分数值(例如1/2)。此两水平前后协调地被送到水平检测装置412和参考速度发生器200。

本发明的再一个特点是,触发电平检测装置414是一个可经适当编程以使A作为机车轮轨间附着作用的一个预定函数来变化的函数发生器。该附着作用程度由已知的机车重量和牵引电动机电流的大小确定,后者由在电流处理器55(图3)中得出的平均电流反馈信号IAV的值来表征。IAV值趋向于随该附着程度改变,就是说,在附着程度变化时,电动机电流(因而亦即转矩)将相应改变。IAV和对一给定重量的附着程度之间的关系可以存贮在微型计算机的一个查找表中。函数发生器414被安排得当附着程度在预定的第一和第二百分数(例如分别为10%和15%)之间变化时,A随此附着程度改变,它包括有确定A可在其间变化的最大和最小极限装置。当附着程度低于第一百分数时,此触发电平将保持等于该最小极限(例如每秒1mph);当附着程度高于第二百分数时,它将保持等于该最大极限(例如每秒3mph),而在这些值之间时,它将跟随附着程度。由于A按这一方式改变,水平检测装置412就将在低附着程度(例如光滑的轨道)时比在较高附着程度(例如干燥的轨道)时有较高灵敏度。

每当至少有一组轮轴机构的速度开始以过高的速率增加,而机

车的轨速相当低时(例如约低于 10—15mph), 此最高速率值就达到触发水平A, 然后水平检测装置412即改变状态以指明为RATE TRIP状态。当附着作用很低时发生这一状态转化的加速度就较低, 而且此时较之附着作用较高时发生车轮打滑情况的可能要大。状态转化一旦发生, 逻辑电路87(图5) 就保证车轮打滑控制功能部件65起动减少荷载模式, 开关402(图9) 被闭合以使得子系统400的乘法电路404和406能将变量值RATE送至求和装置90(图5), 这在前面解释过。这个变量(它与最高速率值和V值的乘积成比例) 将增加求和装置90输出的车轮打滑矫正值, 从而使引线66上的功率参考值同时降低一相应的数量以便防止发生车轮打滑情况, 或纠正已经发生了的打滑情况。

现在参照图10—12来讨论减少荷载和恢复模式运行, 图10—12是实现图8和9中概略表示的功能的目前最优的软件的流程图。图10中所表明的车轮打滑模式控制程序自动地每秒执行50次, 它从第一查询步骤602开始(作用等于图6中的极性检测电路124), 这一步检查由求和部分102(图6)输出的速度误差值是否为正。如果不是, 程序的第二查询步骤604将检查双态“RATE-TRIP”标志的状态。这一标志是上面提到过的最大速率标志, 它在图7所示的参考速度产生程序的步骤246由复位(假)态被改变为置位(真)态, 并在步骤242或208返回到它的复位态, 它的作用等效于图9中所示的电平检测装置412。在此速率触发标志被置位于真(高)态之前, 不出现RATE TRIP信号, 图10程序自动地由步骤604进到第三查询步骤606, 这在下面即将说明。另一方面, 如果查询步骤602和604中有一个回答为肯定(相当于图5中的“或”逻辑电路87输出高电平)的话, 这一步骤之后就立即为步骤608, 在此改变一双态“触发”标



志的设定状态，假如当时该标志是处于其复位（“假”）态，即将其变成置位（“真”）态（相当于图5中“或”逻辑电路88处于其TRIP状态）。

图10程序由步骤608进行到步骤610，读取存贮在前述参考速度寄存器中的值（见图7中说明）并将此参考速度值进行自乘后加以最小极限K来求得GAIN。这一步骤包括对GAIN给予一预定的最大极限的措施。在下一步骤612将正速度误差值乘以GAIN，所得的乘积即为前述的电压误差值，它被存放于微型计算机的一暂存寄存器中。现在将清楚看出，步骤610和612分别相当于子系统100的函数发生器128和乘法电路126，正如图6中所表示和上面叙述的那样。

步骤612之后的下一步骤是启动减少荷载子程序614，接着就自动执行一参考值降低子程序616，从而完成图10中的程序。每次运行这一程序时，在第一查询步骤602总要再行检查速度误差值的极性，如果它不是正的，就要在第二查询步骤604再检查速率触发标志以确定这一标志是否仍被置位于它的“真”态。每当在两个步骤602和604中都得到否定回答时，图10程序就进入第三查询步骤606而不进入步骤608，在步骤606，测试触发标志的状态。如果它不是正，程序就直接进到子程序616。但如果现在触发标志为其“真”态（相当于图5中逻辑电路92输出高电平），程序将在进到步骤616之前启动一恢复/终止子程序618。下面将分别参照图11和12叙述减少荷载和恢复子程序614和618的本优选的实施方案的细节。

如图11中所示，减少荷载子程序是在步骤612进入的，在此，被存放在前一步骤612（图10）的电压误差值被降低到一等于电压误差值与一预定的积分器增益（例如0.08）的乘积的所希望的增量（步进）值。然后此参考速度值在查询步骤622进行测试以确定

它是否超出预定的较低水平 $K_1$ 。如果回答为“是”，下一步骤623将把一预定的第一最小值“HI”装入一暂存寄存器，否则的话，步骤624将把一第二、较低的最小值“LOW”装入同一寄存器。在最小值这样被设定之后，就在步骤625将其和前述的增量值进行比较。只要后者超过前者，减少荷载子程序就将直接由步骤625进入到一积分步骤626，否则的话，附加步骤627就要在步骤626之前进行，使得所希望的增量值等于在步骤623或624所设定的最小值。现在将可清楚看到，步骤622执行与电平检测装置308同样的功能，替换步骤623和624相当于最小值装置306，而步骤625和627相当于子系统300的最大值门电路304，正如图8中所表示的和上面说明的那样。

在减少荷载子程序的积分步骤626中，上述增量被加到一取自微型计算机的暂存寄存器（这里称为“旧积分器值”寄存器）的“OLD INT”值上，它们的和就是前面所说的变量INT，此值以随电压误差值改变的平均速率正向增大。步骤626也将这一和（以二进制形式）再次装入该旧积分器值寄存器保存起来，作为下一次图11的子程序运行时的OLD INT。在跟随着积分步骤626的相关步骤628，此同一和（INT）被装入另一暂存寄存器（这里称之为“车轮打滑矫正”寄存器）作为“旧矫正”值保存起来。

在步骤626和628被执行过之后，在查询步骤629检测速率触发标志的状态。如果这一标志处于其置位（“真”）态（表明最高速率值至少已达到触发水平A），子程序将由查询步骤629进到步骤630，在此取出 $dw/dt_{MAX}$ 和电压反馈信号V的值，将两者相乘，所得乘积再乘一预定的因子“%”。这样，步骤630的作用就是产生前面所说的，取决于最大速率值和电压反馈值的变量RATE（见图9所示的子系统400的功能件404—408），之后自动进到求和步骤631，将

RATE 加到保存在车轮打滑矫正值寄存器中的值上，再将所得和装入该寄存器，作为旧矫正值保存起来。很明显，一旦速率触发标志由“假”变为“真”状态，在步骤628所保存下来的矫正值在每次运行减少荷载子程中的执行步骤631时，就要增加，而此增量 (RATE) 的大小就将因  $dw/dt_{MAX}$  和  $V$  的乘积增加而增大。

减少荷载子程序由步骤631进到另一查询步骤632。另一方面，如果未出现RATE TRIP信号，因而对查询629的回答是否定的话，查询632应紧随查询629之后。查询步骤632确定速度误差值  $\Delta W$  是否大于预定的水平  $L$ 。如果不大于，下一步骤633就将前述的可变系数设置为零，接着就是步骤634，在此电压误差值  $\Delta V$  被乘以该系数。只要此系数为零，所得乘积就将为零。另一方面，如果对查询步骤632的回答是肯定的，步骤634就要等到步骤635之后才被执行，步骤635被编程以通过由  $\Delta W$  中减去  $L$ ，将所得差乘以一预定的常数  $F$ ，从而来计算出该可变系数。因此，此系数在  $\Delta W$  增至  $L$  以上时将线性地由零开始增加。步骤635之后为测试通过计算所得到的系数是否小于前述最大数 (“MAX”) 的查询步骤636。如果对这一查询的回答是肯定的，子程序将直接进到步骤634，否则，就在进到步骤634之前由步骤637将此系数设置为等于MAX (例如4)。在这两种情况下，步骤634现在的作用都是产生前面叙述过的变量PROP，它与  $\Delta V$  和可变系数两者成比例。(很明显，步骤632、633和635~637相当于函数发生器332，而步骤634则与子系统300的乘法步骤330相同，如图8所示和上面说明的那样。)

在步骤634执行之后，图11中子程序将经过一将PROP加到旧矫正值的结束步骤638返回到车轮打滑模式控制程序 (图10)。步骤638所得的值即为前面所说的相当于INT、RATE及PROP之和的车轮打

滑矫正值。因此，减少荷载子程序的这两个求和步骤631及638在功能上即等效于图5所示的求和装置90。很明显，只要 $\Delta W$ 超过 $L$ ，在每次遍历这一子程序时，最后的求和步骤638就将使保存在车轮打滑矫正值寄存器中的值作步进增加，步进的大小（即增量，PROP）等于 $\Delta V$ 和可变系数的乘积，此可变系数本身又取决于 $\Delta W$ 超过 $L$ 最多到一预定最大极限的数量。

只要查询步骤602和604（图10）中一个的回答是肯定的，每次遍历车轮打滑状态控制程序都将执行减少荷载子程序（图11）。因此，前述的积分步骤626就将周期性地使得存在旧积分器值寄存器中的OLD INT增加一个增量值，并将此被增加的INT值作为下一次遍历时的OLD INT。每一增量的大小在步骤621中确定，它通常与电压误差值成比例，这一增量每秒钟的个（次）数是不变的（例如50）。步骤627在当电压误差值相当低时可防止此增量减至小于步骤623或624所设定的最小数量，从而得到INT增加的最小速率。步骤622—624将按照参考速度值是增加到超过 $K1$ 还是降低到小于 $K1$ 来提高或减小这一最小速率，由此来保证最小速率在高轨速时要比在轨速较低时高。

如果两个查询步骤602和604的回答均是否定的，而查询步骤606为肯定回答（图10），则在每次遍历车轮打滑状态控制程序时将执行恢复/终结子程序（图12）来代替减少荷载子程序。如图12中表明的那样，此恢复/终结子程序是在第一查询步骤641调入的（等效于图8中的极性检测步骤320）此时检验存放在旧积分器值寄存器中的OLD INT值（见图11中的步骤626）是否等于零。如果不是，这一子程序的第二查询步骤642将检查双态“受控车轮打滑”标志。只要子程序500发出有WS INCONTROL指示（见下面对图13和14的说明），

此受控车轮打滑控制标志就被置位于“真”（高电平）状态，而且对查询步骤642的回答为“否”。在这一情况中，图12的子程序将自动由步骤642进到第三查询步骤643，643将在下面说明。另一方面，只要查询步骤641和642之一的回答由否定变成肯定（相当于图5中“与”逻辑电路91的输出状态由高变成低），该查询步骤之后将立即进到步骤644。在此执行与恢复模式运行的终结相关的多种操作。例如，重新预置系统校正值（见对图8所示的复位功能部件324的叙述），并将旧积分器值寄存器和车轮打滑校正值寄存器都装入零，以此来保证将OLD INT值和车轮打滑校正值两者复位（见图8复位功能件322）。此外，步骤644的作用是在需要时于单元47（图3）的第一输出通道重新预置所希望的功率值，以保证由车轮打滑控制装置的恢复模式运行平稳地过渡到紧接其后的机车驱动系统的驱动运行。图12子程序将由步骤644经过一将双态触发标志由其置位（“真”）态变为复位（“假”）态的附加步骤645（相当于图5中逻辑电路91和88的截止）返回到车轮打滑模式控制程序（图10）。一旦触发标志被如此复位后，查询步骤606（图10）将使得在每次相继遍历图10的程序时越过图12的子程序，直到上述步骤608根据步骤602（ $+\Delta W$ ）或步骤604（ $dw/dt_{MAX}$ 等于或超过A）指明的实际已发生或将发生车轮打滑情况重新将此标志设置为其“真”态为止。

在每次图12的子程序遍历期间，当触发标志处于其“真”态和OLD INT不为零，且受控车轮打滑标志不为“假”态，在两个步骤641和642所得的回答就均为否定（相当于图5中“与”逻辑电路91输出高电平）。在这一情况下子程序进到第三查询步骤643而不是步骤644。步骤643对参考速度值加以测试，以确定它是否超过前述水平K2。如果回答为“是”，下一步骤647将由参考速度值中减去K2。

以一预定的常数“G”乘所得差，再将其与前述的最小值D相加来计算一所希望的减量（步进）值（“DECRMNT”）。如果对查询步骤643的回答为“否”，子程序则将由这一步骤进到使此所希望的减量等于D的步骤648。现在将很显见，步骤643、647和648即相当于图8中所作出和上面已说明过的函数发生器316。

图12的子程序由步骤647或648进到另一确定上述减量是否低于OLD INT值的查询步骤649。如果不是，步骤650将使INT值降到零。否则，子程序就由查询步骤649进到积分步骤651，在此将OLD INT值减去该减量值，所得的差即就是前面所说的变量INT，现在它以一随此减量的大小变化的平均速率降低。在执行步骤650或651后，下一步骤652再将INT值（以二进制形式）装入旧积分器值寄存器，保存作为下次图12的子程序遍历时用的OLD INT，而在返回图10的程序之前的终结步骤653中，将此同一值装入前述的车轮打滑矫正值寄存器。

只要查询步骤641和642均为否定回答并且所希望的减量小于OLD INT，每次图12的子程序遍历时都将执行积分步骤651。结果使OLD INT值被周期地减量（降低）到一较小的正值INT，并将此INT保存用作下一次遍历时用的OLD INT，而且这一值就成为在步骤653时新的车轮打滑矫正值。每一减量值的大小由步骤653确定，它与参考速度值所超出K2的量成比例，而这些减量每秒中的个数是一常数（例如50）。结果，在车轮打滑恢复模式运行中，车轮打滑矫正值以一随轨速改变的速率降低，而比例常数G的选择则应使牵引功率以一理想速率恢复（例如每驱动轴约50HP/sec）。在参考速度较低时步骤648的作用将是防止该减量低于最小值D，以此来得到矫正值减小的最小速率。D的选择是要使得在参考速度值不超过K2时车轮

打滑矫正值将能以一预定的恒定速率(相当于V的所希望的减小速率)降低,而此时的功率恢复速率将随车速改变。在INT和矫正值接近零时,它们将小于下一减量,这样它们就在步骤650被恢复为零,现在步骤641的回答将由“否”变成“是”,积分步骤651则不起作用。在大多数情况下,在车轮打滑矫正值由步骤650或651降到零之前,对查询步骤642的回答将由“否”变成“是”,从而,步骤644将如前面说的那样作用使积分装置复位,以使得矫正值和OLD INT迅速回到零。

在每次恢复/终结子程序618(图12)或减少荷载子程序614(图11)遍历之后,或者每当所有三个查询步骤602、604和606的回答均为否定时(等效于图5中逻辑电路87和92具有低电平输出,因之减少荷载模式和恢复模式均不起作用),车轮打滑模式控制程序的参考值减少子程序616(图10)将被执行以结束此车轮打滑控制程序。参考值降低子程序616实际上是执行车轮打滑控制功能部件65的第五子系统500。图13中对它现在所采取的优选实施方案的一个简化型式作了功能性说明,图14则列出了适于实现这些功能的软件的流程图。

如图13中所示,车轮打滑矫正值(即图5中求和装置90的输出)被送到求和部分502,在此它被从存贮器装置504所得的值中减去。存贮器装置504的输入经由一常闭开关508和一最低值门电路506的输出线510连接。开关508只有在逻辑电路88(图5)处于其TRIP状态时才是打开的,这在整个减少荷载和恢复模式运行期间就是如此。门电路506具有三个输入端分别连接到引线51、57和64(见图3),它选取这三条引线上的三个不同参考值(分别为电压极限、电流极限和功率)中最低的一个作为其输出引线510上的输出值。通常机

车驱动系统被控制在一恒定马力的范围内。在这种情况下，引线64上的功率参考值将低于其它两个参考值。被选出的值经过开关508送至存贮装置的输入端。此存贮装置504是这样设置的，即当开关508状态由闭合改变为打开时，其输出值大约和引线510上的值相同。换句话说，在逻辑电路88处于其TRIP状态的任何时间间隔内（即当减少荷载或恢复模式运行作用期间），开关508总是打开的，而存贮器装置504即将在这一状态开始瞬间（亦即减少荷载模式起始时）存在于引线510上的值寄存下来，并将这一值在其输出端保持基本不变。

如图13中所示，在求和部分502由存贮装置504的输出值中减去车轮打滑矫正值。所得差经过开关512、引线66a、和另一最小值门电路514，被送至车轮打滑控制功能部件65的输出引线66。同时它还被送到一标以“RAMPUP”的源516的输入端，开关512具有两个轮换的位置（状态）：正常情况下它处于图13所示状态，由此将引线66a连接到源516的输出，但每当逻辑电路88处于TRIP状态，开关512即进入其第二状态从而将引线66a直接连接到求和部分502的输出端。引线66a上的值（这里称之为“WS Volts”）将取决于开关512的状态。只要这一开关处于其第二（TRIP）状态，WS Volts将与求和部分502输出的差值相同，现在此值将等于存贮器装置504正保存着的相对恒定的值减去由求和装置90（图5）所得的车轮打滑矫正值。否则WS Volts即由源516决定，此源516被设置得在其为通常闭合着的开关518因TRIP态终结（即在恢复模式运行结束时）而改变状态所启动时，将此WS Volts值增加到一预定的最大极限。

最小值门电路514具有两个输入，一个连接到引线66a，另一个连接到引线64。门电路514选取其两个输入值中较小的一个作为输



出线66上的参考信号值。很显见，在减少荷载模式运行开始时开关508被打开同时开关512改变到其第二状态，此时门电路514将与求和部分502协同作用使引线66上的参考信号值降低到等于WS Volts的水平，而且这一降低常常将继续到直至随后的恢复模式运行使得INT值，因而亦使车轮打滑矫正值减少到零为止，从而终止逻辑电路88的TRIP状态，在减少荷载和恢复模式期间，WS Volts(从而也使引线66上的参考值)等于存贮装置504输出的被保存的恒定值减去可变的矫正值。事实上，此被保存的值是减少荷载模式起始瞬间的参考值“抽点”。结果，参考值矫正的程度(即牵引功率降低的数量)如所希望地被引用到存在于减少荷载模式起始时的控制系统参数中。而一旦车轮打滑情况得到克服和恢复模式结束，引线66上的参考值将重新等于它的抽点值。这就使得机车驱动系统能由车轮打滑控制平滑稳定地过渡到正常控制。

为产生前述的WS INCONTRL信号，双态极性检测装置520被连接到求和部分522的输出端，在522中，引线64上的功率参考值和引线66a上的WS Volts进行比较。只要WS Volts低于引线64上的参考值，极性检测器520就输出高电平表明车轮打滑控制功能部件65正处在控制中；否则的话，极性检测装置将输出低电平。响应于WS Volts当源516恢复模式结束时被增加(跃升)到引线64上的参考值(如前所述)，或者响应于引线64上的功率参考值在减少荷载或恢复模式运行期间任何时候降低到WS Volts以下，检测器520将由其高态变为低态。在上述后一种情况下，这一状态变化使逻辑电路91和88截止(见图5)，从而结束TRIP状态，并同时使得复位功能件322将子系统300中的积分器310复位(见图8)，藉此，INT值、因而亦即车轮打滑矫正值均立即回复到零。最小值门电路514始终对防止输

出线66上的参考信号值超过引线64上的值起作用

图14为实现图13中功能性表示的参考信号降低子程序616的目前优选的软件的流程图。这一子程序在测试前述双态触发标志的状态的查询步骤661调入。如前面已解释过的那样（见图10中步骤608和图12中步骤645的说明），此触发标志在减少荷载和恢复模式运行期间将处开其“真”态（等效于图5中“或”逻辑电路38的TRIP状态）。在此情形中，对查询步骤661的回答为“是”。其下面步骤662将测试一双态打滑标志是否为置位（“真”）态。这后一步骤在其被第一次执行时其回答将是否定的（即在触发标志已经在一减少荷载开始时为步骤608（图10）改变到其“真”态之后图14的子程序第一次遍历中）。接着，程序由此步骤进到一最小值选择步骤663，此步骤读取三条引线51、57和64上最低的一个参考值，并将其装入一暂存寄存器（这里称之为“旧车轮打滑电压”寄存器）把它作为“Old WS Volts”被保存起来。步骤663之后跟随的是一预置步骤664，在此，被装入旧车轮打滑电压寄存器的值和被保存在前述旧积分器值寄存器及车轮打滑矫正值寄存器中的值，分别被增加一等于 $1/N$  Old WS Volts的增量值，这里N为一预设的整数（例如16）。现在，此旧车轮打滑电压寄存器中的被增量的值被保存（记忆）作为“V-Sav”，它近似地和这时的最低参考值相同。

在步骤664执行之后，在步骤665（等效于图13的求和部分502）将V-Sav值减去图11（减少荷载模式）的最后步骤638或图12（恢复模式）的最后步骤653中求得的车轮打滑矫正值。并将差值保存作为WS Volts。下一步骤666再次测试受控打滑标志。最初这一标志的状态为“假”，步骤667在执行随后的查询步骤668之前将其变成“真”态。此受控打滑标志一经这样置位为“真”态后，在每次图

14的子程序接着遍历，且触发标志为“真”时，程序就将由步骤662直接进到步骤665，越过步骤663和664，而且还将由步骤666直接进到步骤668，越过步骤667。结果，只有在当这一子程序第一次遍历时，此V-Sav值才在步骤664被装入旧车轮打滑电压寄存器，而且这一值在触发标志保持为其“真”态的整个期间内不再被更新（改变）。

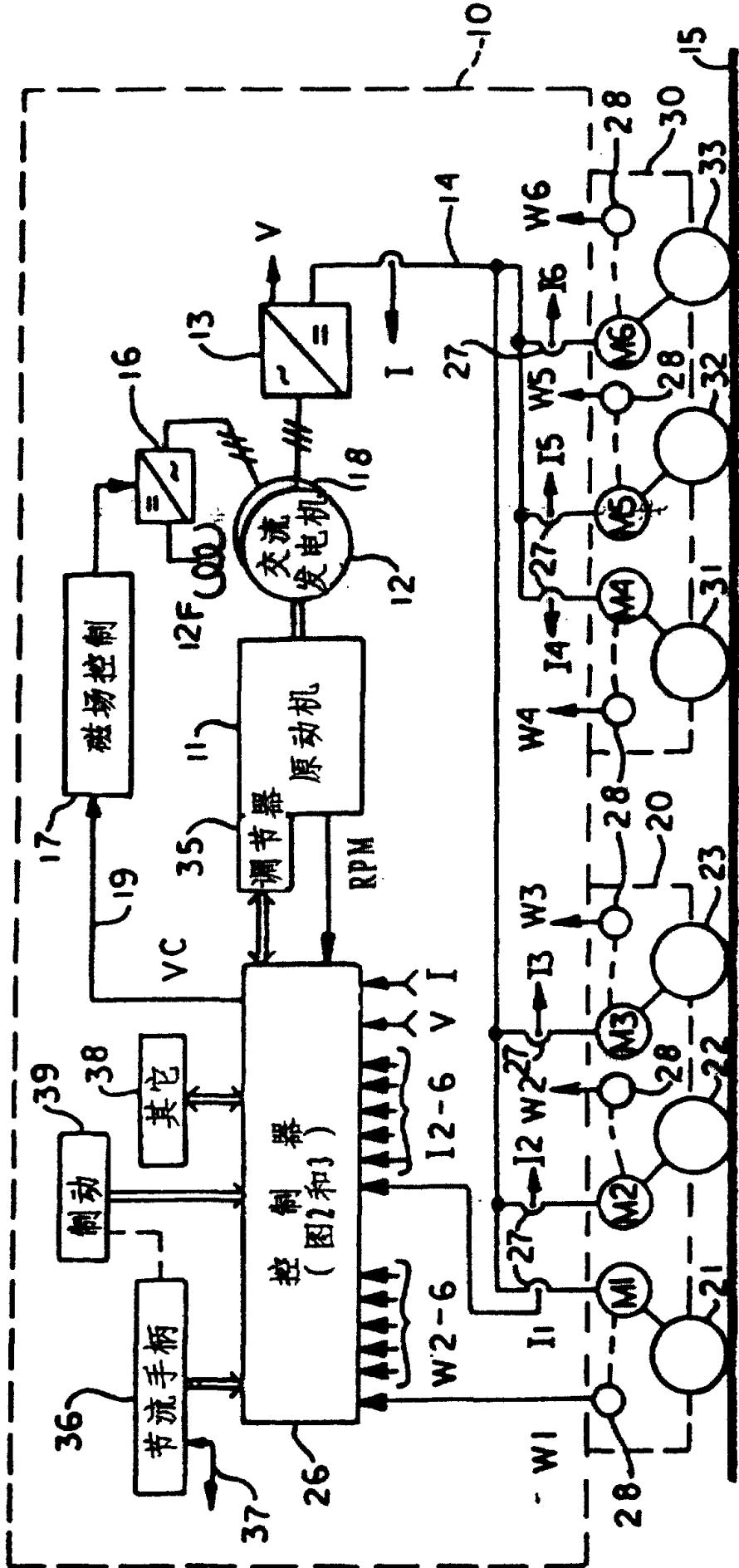
在图14子程序的步骤668中，WS Volts与引线64上的功率参考值进行比较。只要前者低于后者，此子程序就由步骤668进到步骤670。在这里，如果前述的“受控车轮打滑”标记当时处于其“假”态（低电平），就将此标记设定状态改变为它的“真”（高电平）状态（WS INCONTRL），然后图14的子程序就将通过最终步骤671返回到车轮打滑模式控制程序（图10），在步骤671中使输出线66上的参考值与WS Volts相同。否则的话，此子程序将由步骤668前进到另一步骤672，在此，如果需要的话，就将同一标志复位到它的“假”态，而其最终步骤673现在将使输出线66上的参考值等于引线64上的功率参考值。（很清楚 步骤668、670和672具有图13中求和部分522和双态极性检测器520同样的功能，而步骤668、671和673和最小值门电路514具有相同的功能。）

每当查询步骤668的回答由“是”改变为“否”时，步骤672将受控车轮打滑标志复位，以结束恢复模式运行。实际上，这常常将在OLD INT值（因此亦即车轮矫正值）降至零之前发生，在这种情况下，对恢复/终结子程序（图8）中查询步骤641的回答为“否”，对查询步骤642的回答为“是”，执行步骤644和645来结束恢复模式，这里机车驱动控制系统将立即平滑和稳定地由车轮打滑控制模式过渡到正常的驱动模式运行，而在输出线66上的功率参考值中不

出现任何突变现象。应注意的是，这种响应即使输入线64上的参考值在车轮打滑控制模式时期增大6%（如果转速增加就可能发生这种情况）亦将获得。如前面解释过的（见对起始步骤664的叙述），在整个车轮打滑控制模式期间，存储在旧车轮打滑电压寄存器的值（V-Sav）最好稍微高于（例如106%）降低荷载周期起始瞬间（即当触发标志的状态由“假”变成“真”态时）存在于引线64上的参考信号值。因此，每当车轮打滑矫正值降到零时，WS Volts就将恰好等于这一较高的值。换句话说，如果不管转速的增加而要求恢复相同的恒定牵引功率水平的话，功率参考值在恢复模式结束时可以稍高于减少荷载开始时。

在恢复模式周期的末尾，触发标志返回到其复位（“假”）状态（见图12中步骤645）之后，对图14子程序的初始查询步骤661的回答将是“否”。在这种情况下，步骤661之后执行步骤675，保证受控打滑标志处于其复位（“假”）态。然后检查所保存的WS Volts值是否小于前述的最大极限“VLIM”，此极限大于引线64上所期望的最高参考值。如果不小于，程序将直接由步骤676进到步骤668。否则的话，它就经由一使WS Volts增加一预定量VLIM·X的增量的附加步骤677进到步骤668。分母X的选择是要使WS Volts以一所希望的快速率（例如对应于主交流发电机12的整流后的输出电压以约每秒16伏的速率增大）增大到它的最大极限。现在就可看出，步骤676和677执行的是与图13中所示的跃升源516同样的功能，每当触发标志不处于其“真”态时它们就动作以保证查询步骤668得到否定回答。

虽然前面以图解的方法表示和说明了本发明的一个优选实施方案，对熟悉本技术领域的人员来说，完全可能有它的各种不同变型。因此，将以最后所列权利要求来概括所有属于本发明的真实思想领域之内的变型的改良方案。



W = 速度反馈信号  
 I = 电流反馈信号

图 1

### 交流发电机磁场控制器

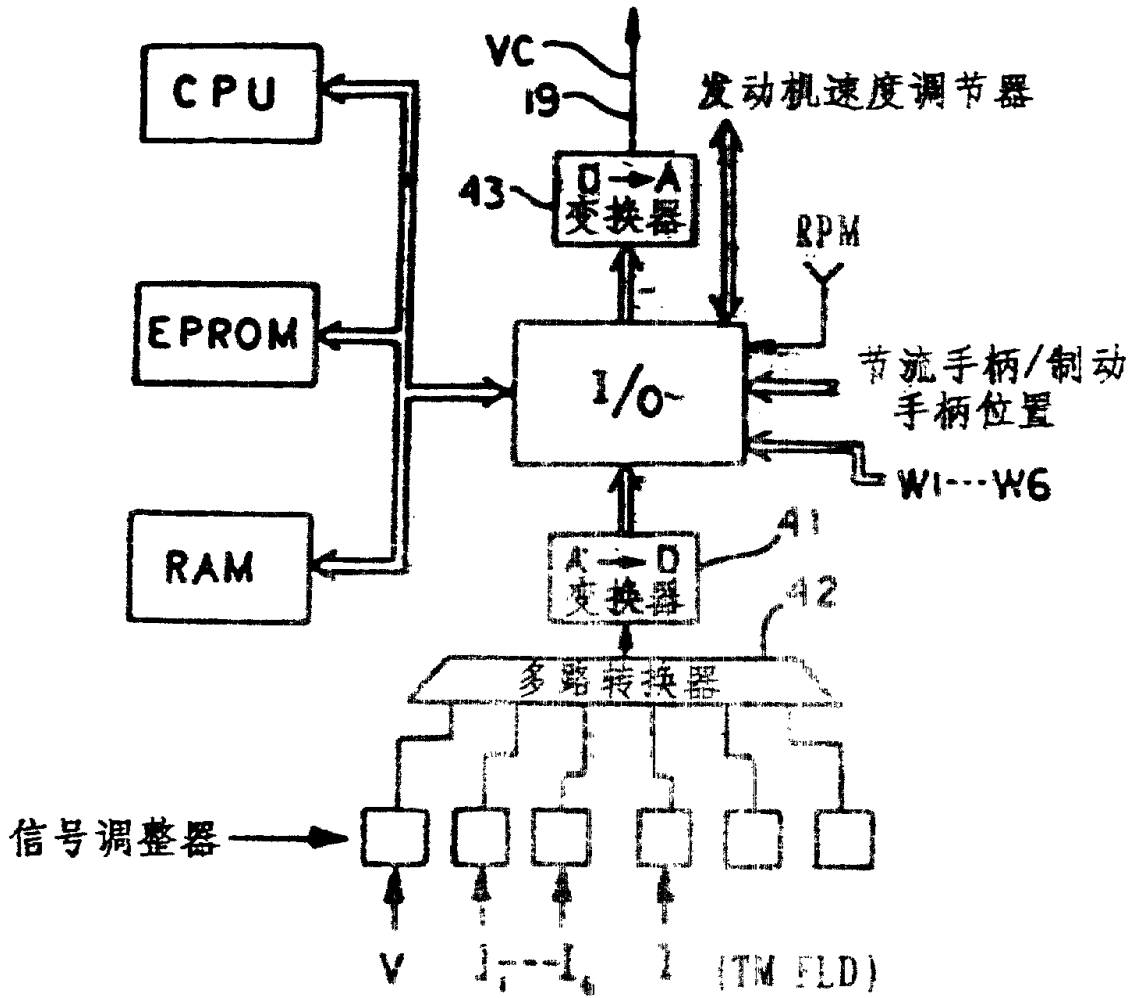
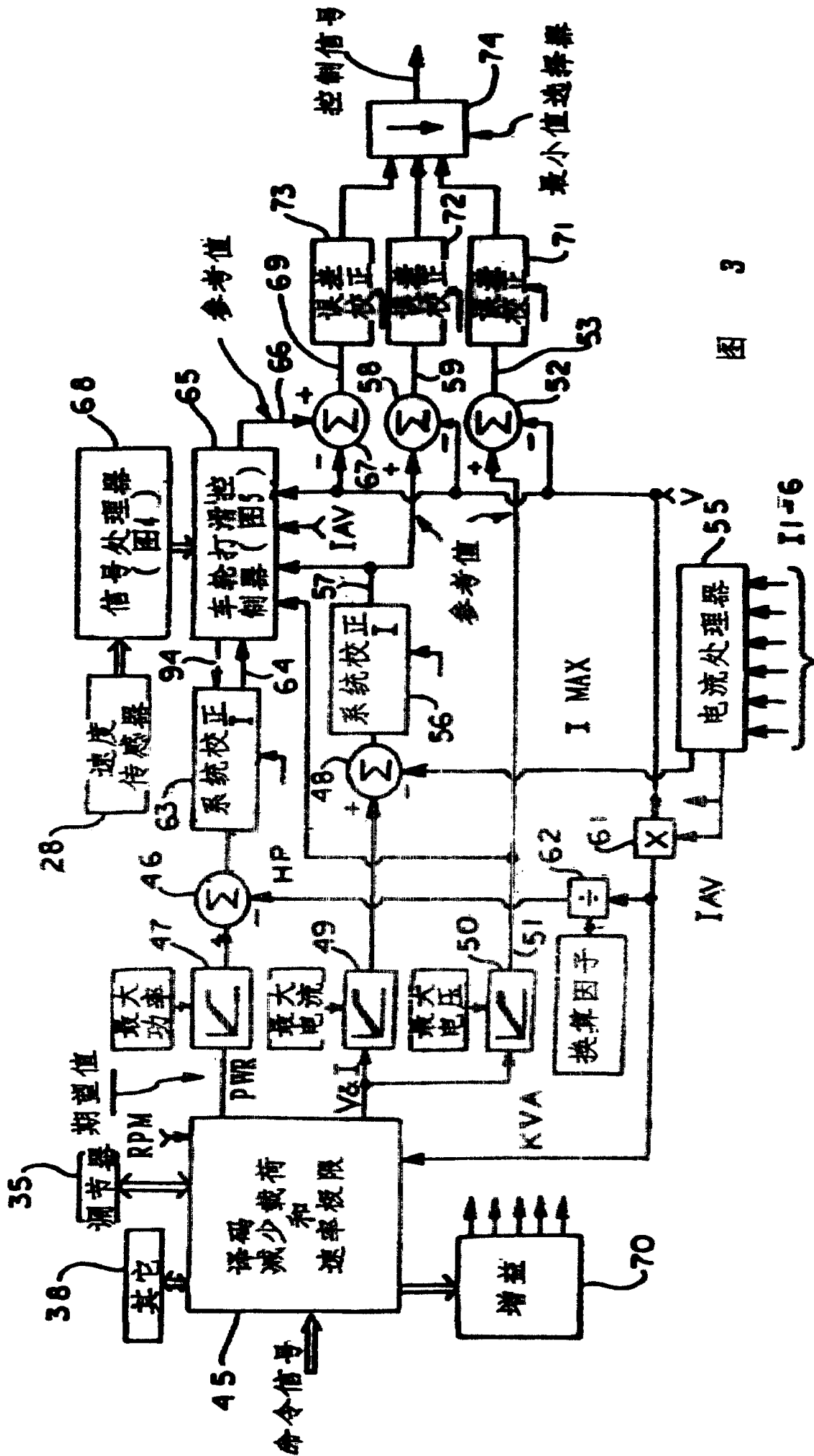
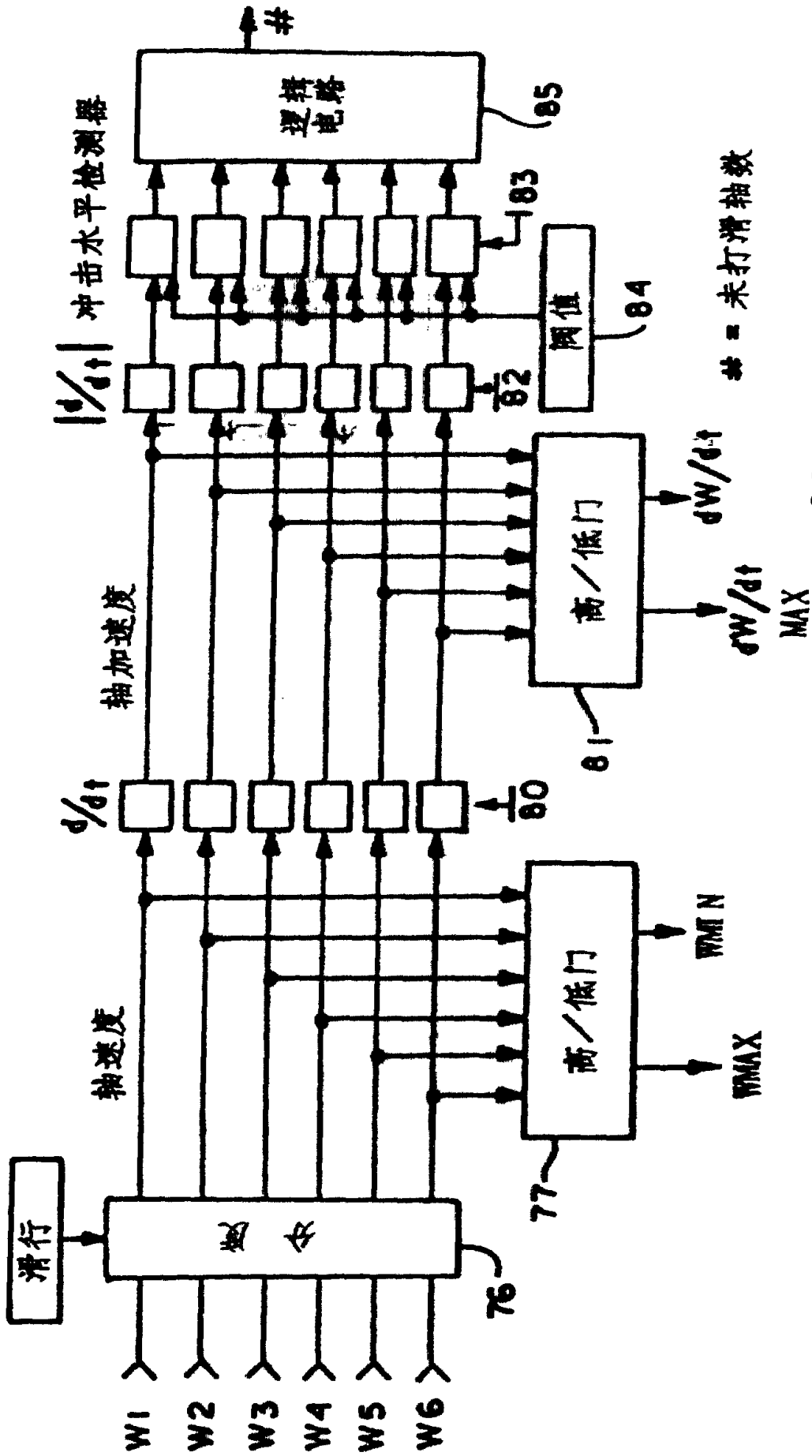


图 2





井 = 未打滑轴数

68

图 4



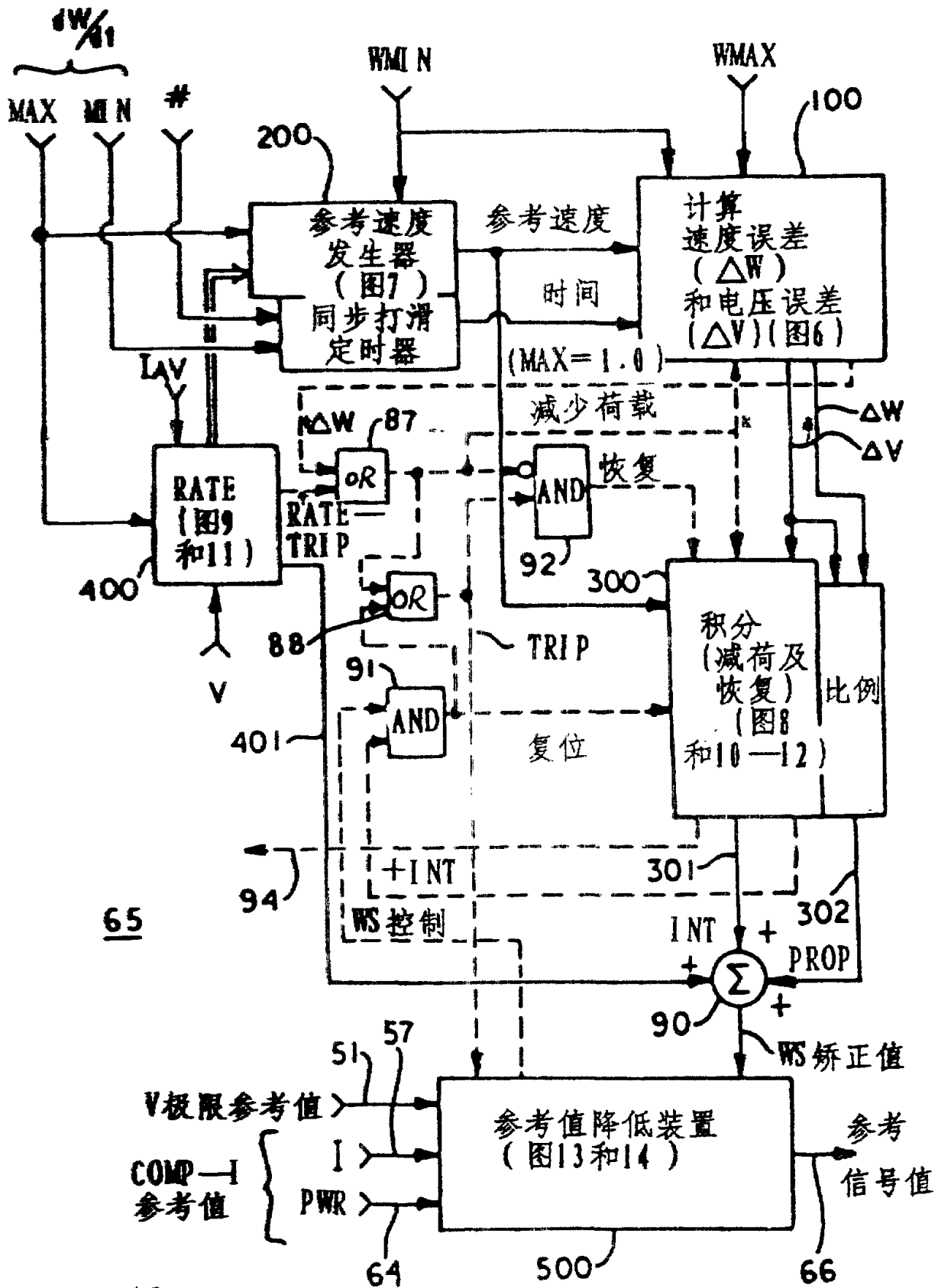


图 5

图 6

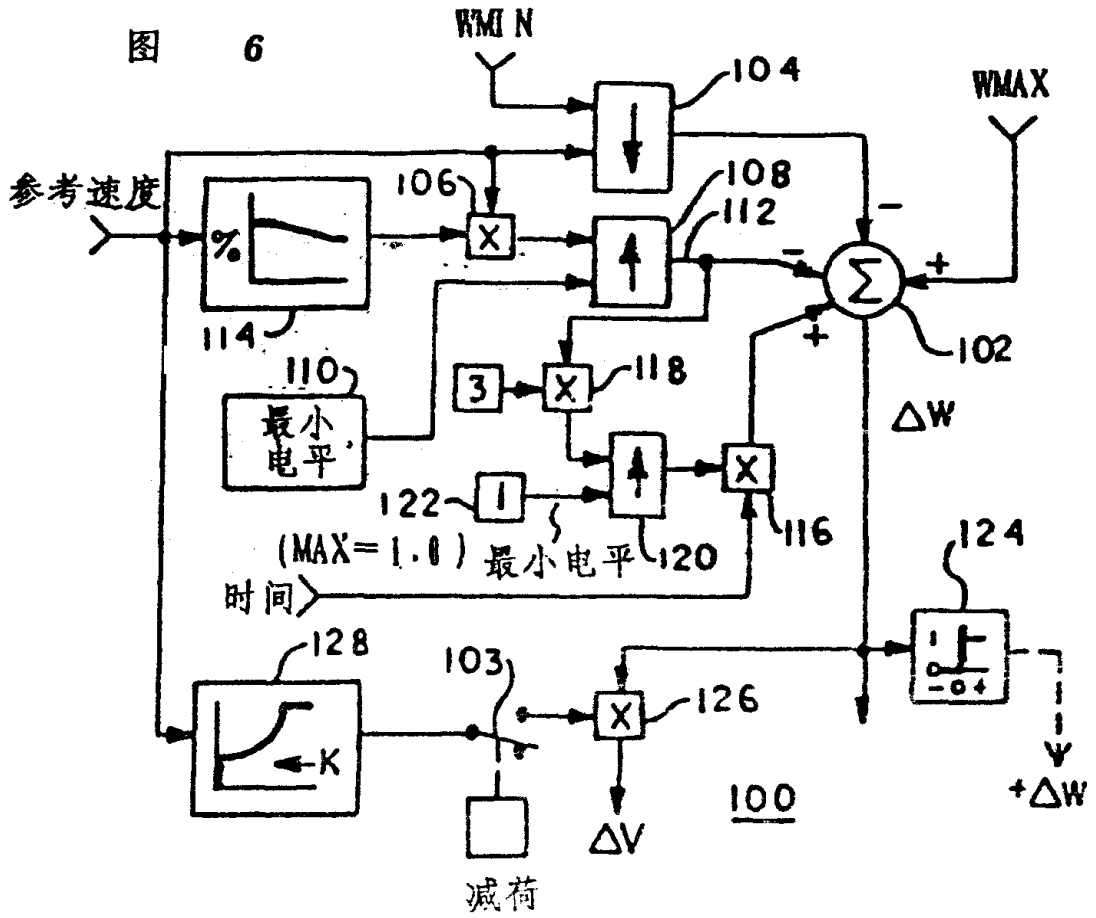


图 1 3

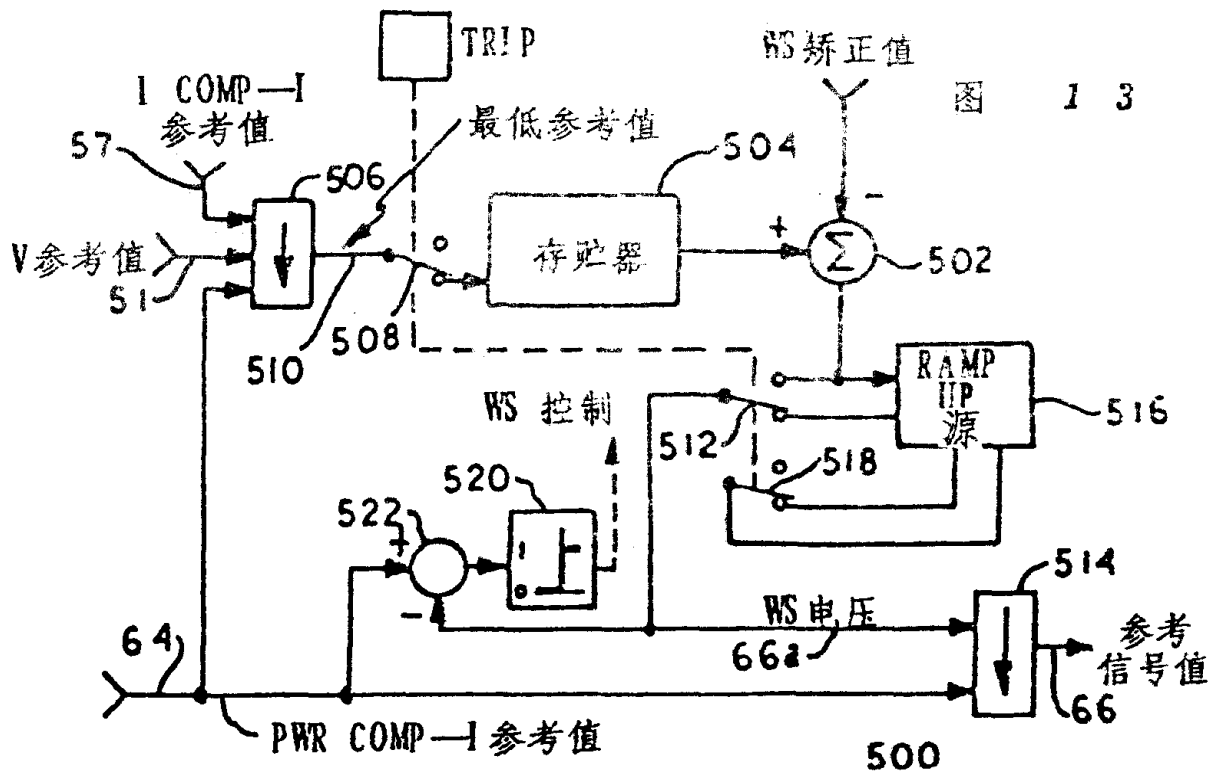
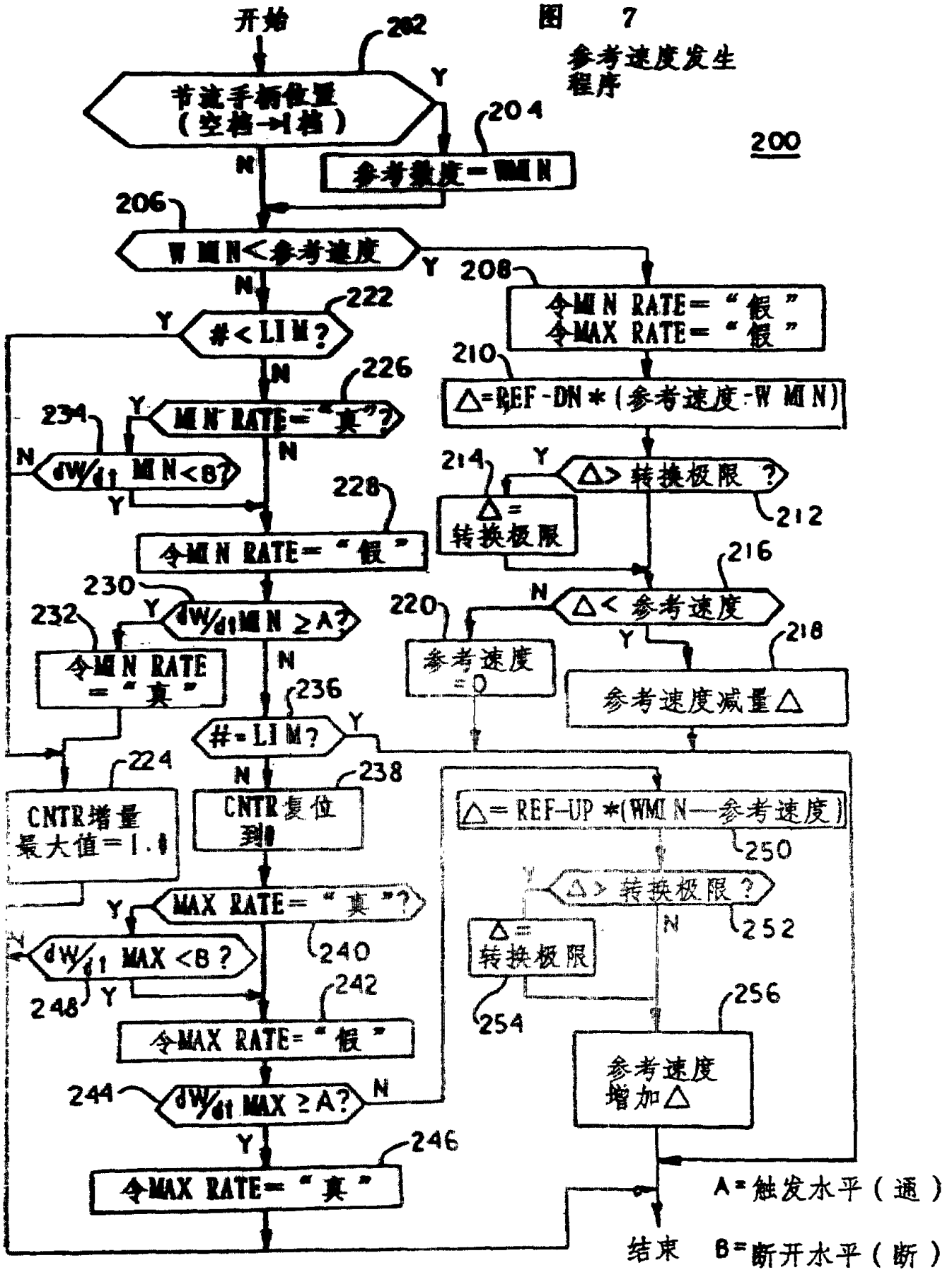


图 7

参考速度发生程序



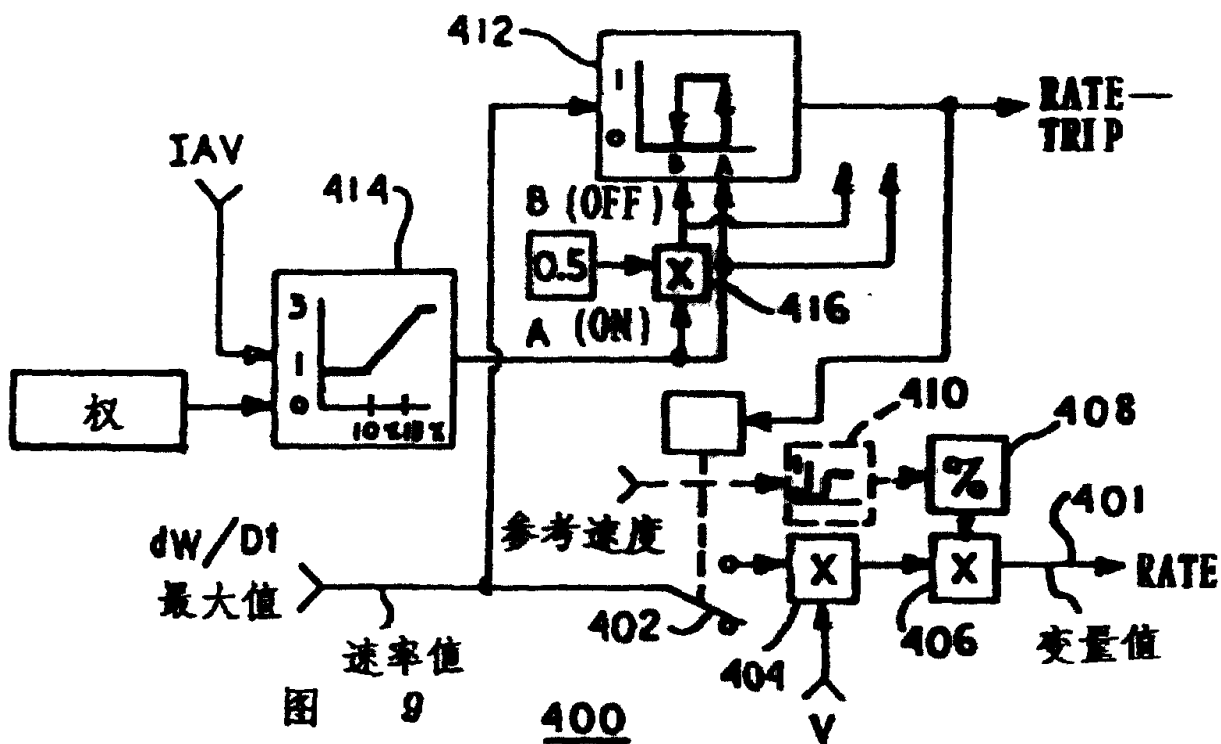
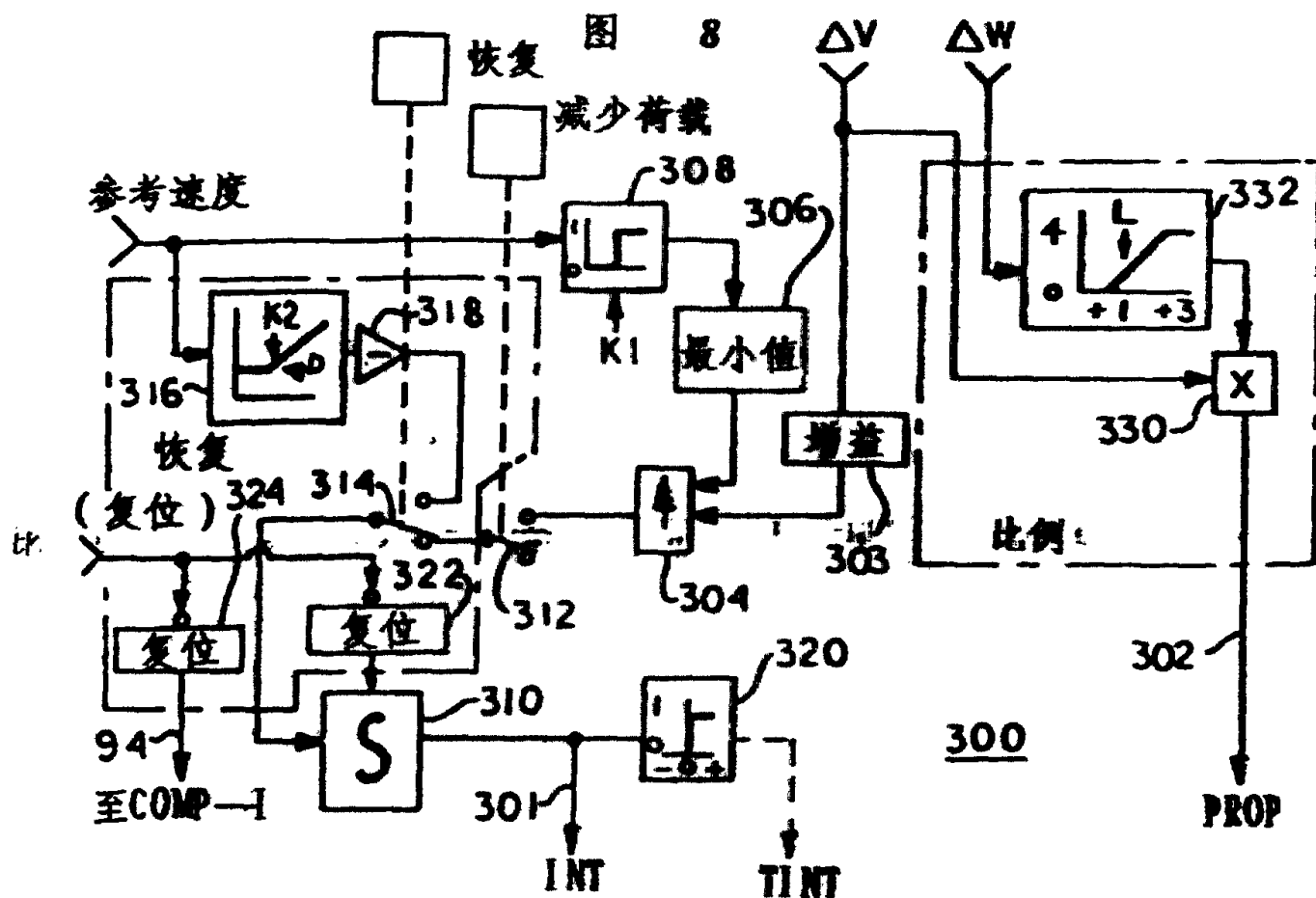
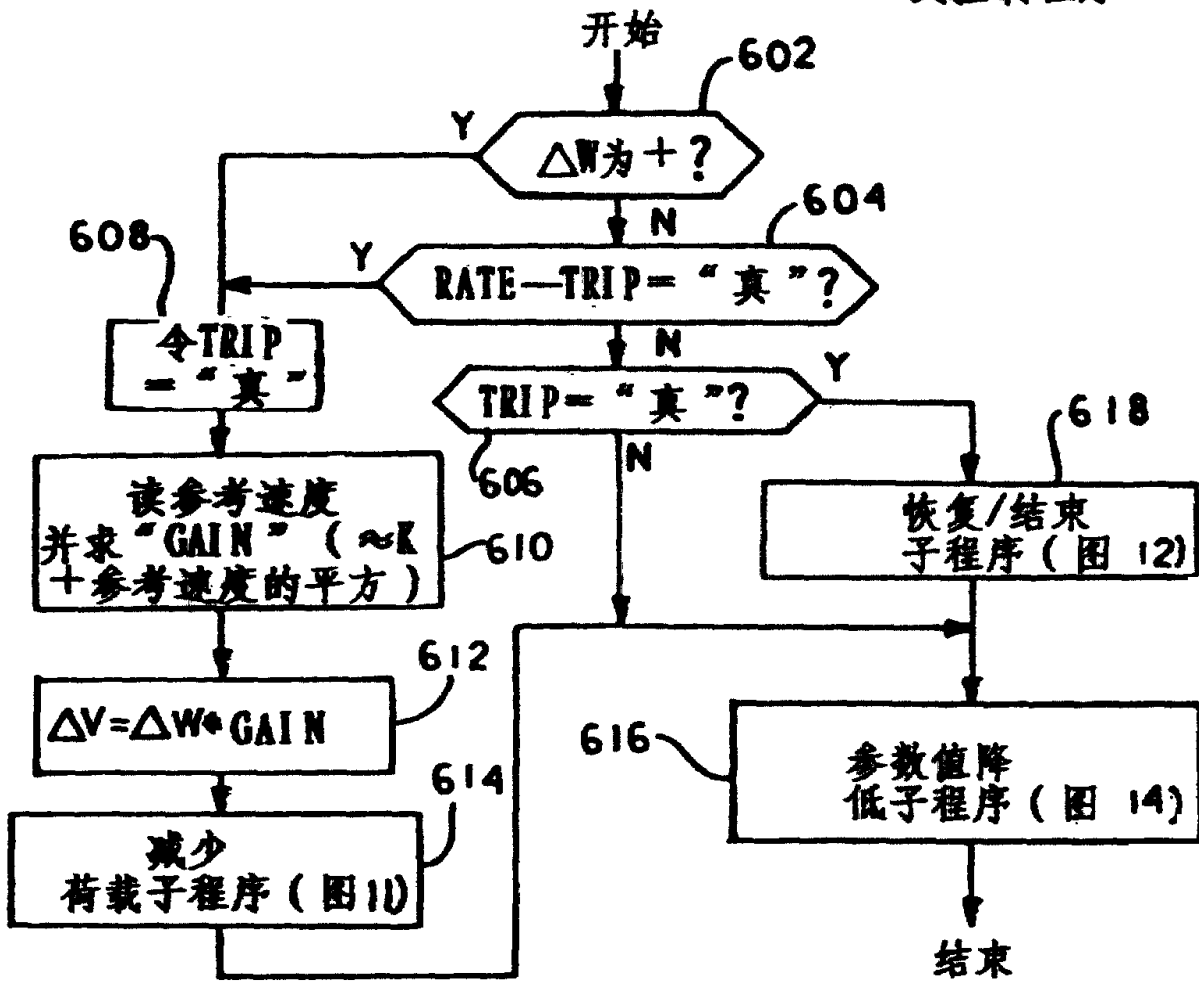


图 10

车轮打滑模式  
控制程序



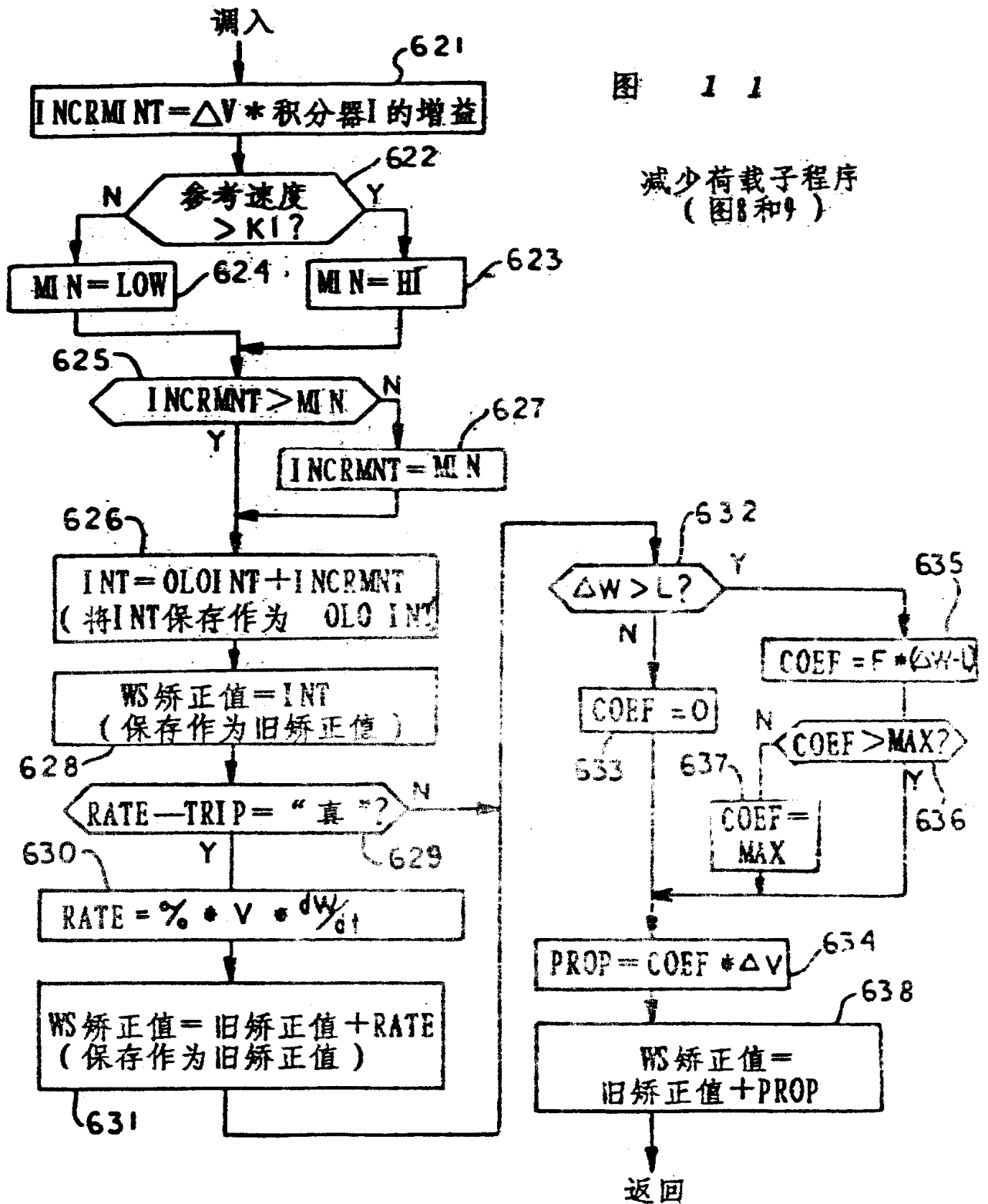


图 1 2

恢复/终结  
子程序 (图 8)

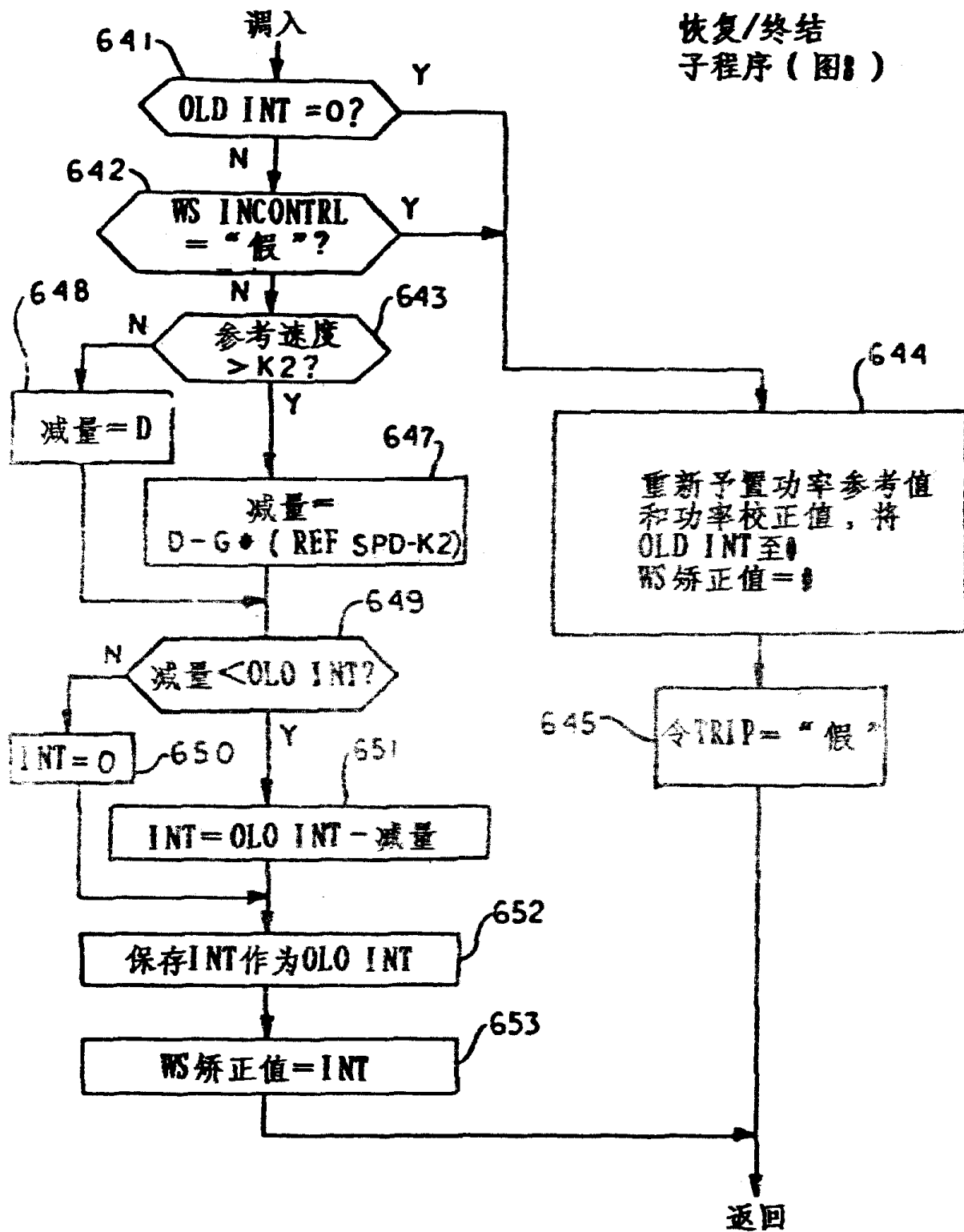


图 1 4

参考值降低子程序  
(图13)

