

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H02P 9/10

H02H 7/06



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00802190.2

[45] 授权公告日 2005 年 4 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1199347C

[22] 申请日 2000.8.4 [21] 申请号 00802190.2

[30] 优先权

[32] 1999.8.6 [33] US [31] 09/369,181

[86] 国际申请 PCT/US2000/040566 2000.8.4

[87] 国际公布 WO2001/011764 英 2001.2.15

[85] 进入国家阶段日期 2001.6.6

[71] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 R·A·劳森 W·R·佩尔森

J·E·库兰

审查员 于君伟

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

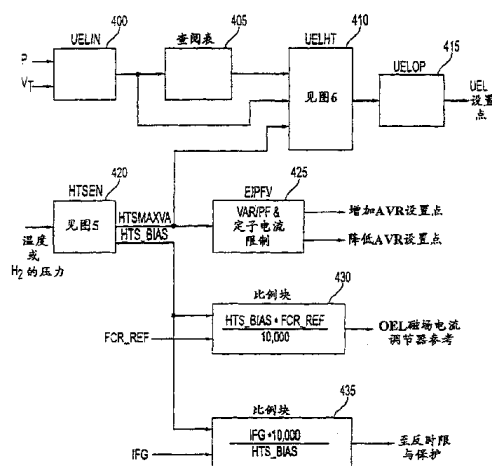
代理人 陈 霁 王忠忠

权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 6 页

[54] 发明名称 用于修改同步发电机励磁机中的限制和保护软件从而和涡轮发电机的容量相匹配的方法和装置

[57] 摘要

本发明披露了一种用于补偿从而和发电机的冷却条件、保护和限制功能一致的方法和装置。根据被补偿的发电机的类型,发电机的容量曲线的限制,包括过激区域、欠激区域和由定子电流发热限制的区域,响应冷却剂压力或温度的改变而被修改。根据改变的冷却剂条件,对于固定保护和限制功能提供的反馈信号和设置点被截取,并按照发电机额定值和发电机性能之间的关系被修改。保护和限制功能可以被自动地协调。因而,可以改善发电机的总体性能。



1. 一种对发电机提供保护的方法，包括以下步骤：
截取运行的发电机的表示额定容量的反馈信号；
5 根据所述发电机的冷却剂条件而确定一个补偿值，以对应于因所述冷却剂条件而起的发电机性能的改变；以及
考虑到所述发电机性能的改变，根据所述补偿值而修改所述反馈信号。
2. 如权利要求1所述的方法，修改所述反馈信号还包括将所述反馈
10 信号乘以所述补偿值。
3. 如权利要求1所述的方法，还包括根据所述发电机的容量曲线补偿反映操作限制的过激限制（OEL）和欠激限制（UEL）中的至少一个。
4. 如权利要求1所述的方法，还包括补偿和所述发电机相关的自动电压调节器的设置点和反时保护反馈信号中的至少一个。
- 15 5. 如权利要求1所述的方法，还包括读取温度传感器和压力传感器中在操作时同发电机冷却剂相联系的一个的输出。
6. 如权利要求5所述的方法，还包括确定所述输出是否超过一个最小门限，如果没有，则使所述补偿值确定步骤和所述反馈信号修改步骤无效。
- 20 7. 如权利要求1所述的方法，其中所述方法可用于蒸汽涡轮发电机和燃气发电机中的至少一个。
8. 如权利要求5所述的方法，还包括放大或缩小所述输出。
9. 如权利要求5所述的方法，还包括对所述输出和所述发电机的额定值求和。
- 25 10. 如权利要求9所述的方法，还包括把所述求和步骤的结果上升为表示在所述发电机中在冷却剂气体压力和可允许的磁场电流之间的双对数关系的幂的步骤。
11. 如权利要求9所述的方法，还包括在表示所述发电机中冷却剂

气体温度和可允许的磁场电流之间的二次关系的公式中使用所述求和步骤的结果的步骤。

12. 如权利要求 3 所述的方法, 还包括使用两部分特性近似所述 UEL。

13. 一种对发电机提供保护的装置, 包括:

5 用于截取运行的发电机的表示额定容量的反馈信号的装置;

 用于根据所述发电机的冷却剂条件和所述额定容量而确定一个补偿值, 以对应于因所述冷却剂条件而起的发电机性能的改变的装置; 以及

 用于考虑到发电机性能的所述改变, 而根据所述补偿值修改所述反馈信号的装置。

10 14. 如权利要求 13 所述的装置, 所述的用于修改所述反馈信号的装置还包括利用所述补偿值乘所述反馈信号的装置。

 15. 如权利要求 13 所述的装置, 还包括补偿过激限制 (OEL) 和欠激限制 (UEL) 中的至少一个的装置。

15 16. 如权利要求 13 所述的装置, 还包括用于补偿和所述发电机相关的自动电压调节器的设置点和反时保护反馈信号中的至少一个的装置。

 17. 如权利要求 13 所述的装置, 还包括用于读取温度传感器和压力传感器中在操作时同发电机冷却剂相联系的一个的输出的装置。

 18. 如权利要求 17 所述的装置, 还包括这样的装置: 用于确定所述输出是否超过一个最小门限, 如果没有, 则用于旁路所述确定补偿值的装置和所述修改反馈信号的装置。

20 19. 如权利要求 13 所述的装置, 其中所述装置可用于蒸汽涡轮发电机和燃气发电机中的至少一个。

 20. 如权利要求 17 所述的装置, 还包括用于放大或缩小所述输出的装置。

25 21. 如权利要求 17 所述的装置, 还包括用于对所述输出和所述发电机的额定值求和的装置。

 22. 如权利要求 21 所述的装置, 还包括用于把所述求和装置的结果上升为表示在所述发电机中在冷却剂气体压力和可允许的磁场电流之间的

双对数关系的幂的装置。

23. 如权利要求 21 所述的装置,还包括用于在表示所述发电机中冷却剂气体温度和可允许的磁场电流之间的二次关系的公式中使用所述求和装置的结果的装置。

- 5 24. 如权利要求 15 所述的装置,还包括用于使用两部分特性近似所述 UEL 的装置。

**用于修改同步发电机励磁机中的限制和保护
软件从而和涡轮发电机的容量相匹配的方法和装置**

- 5 一般要求用于和同步发电机一道操作而设计的励磁机通过限制发电机在发电机容量曲线的过激区域内操作来保护发电机的磁场绕组，所述发电机容量曲线受磁场绕组的发热限制。在发电机容量曲线的欠激区域，操作必须被限制，因为可能发生定子端匝发热和定子叠层过电压。因为过大的定子电流会引起过热，所以必须限制在额定 KVA、
- 10 额定滞后功率因数和额定 KVA、功率因数为 1 之间的操作。虽然用于实现这些功能的常规的固定的硬件或软件算法可以正确地保护发电机，例如通用电气公司的 GENERREX-CPS, GENERREX-PPS, SHUNT-SCR, ALTERREX, STATIC BUS FED EXCITATION 和 SILCO 5 等控制算法，但是现有技术的这些方案不能在冷却条件变坏时响应变坏的冷却条件。
- 15 另一个问题是，现有技术的限制器方案没有考虑改善的冷却条件和与所述改善的冷却剂条件相关的发电机定额的可能的增加。的确，“跟随环境的”燃汽轮机对冷却剂条件的改变很敏感，因为其输出功率容量随冷却条件的改变而发生大的改变。

由此看来，需要根据冷却剂条件的改变协调发电机励磁机的限制和保护功能，从而提供改进的整个发电机的性能。

- 20 本发明披露的装置和方法在冷却剂条件从正常条件变化时，在由（1）磁场绕组发热，（2）定子电流发热和（3）在维持发电机的全输出容量的同时的欠激容量限制的区域内精确地保护发电机。在优选实施例中，用硬件或软件实现的合适的算法被自动地选择，以便优化在
- 25 由磁场电流或定子电流发热表征的容量曲线的区域内对于氢冷或风冷发电机的补偿，同时实现一种跳接器或其它的开关装置，用于选择在欠激区域中的合适的补偿。优选实施例的优点包括，通过限制器和保护算法的自动协调，可以实现非常精确的限制器的补偿，从而实现在改变的冷却条件下更有效地使用发电机。

- 30 因为限制和保护算法可以被提供在发电机的励磁机中，按照本发明的优选实施例，需要时限制和保护功能协调，并在冷却条件改变时保持所述协调。因而，本发明提供了一种非常精确的装置和方法，用

于随着冷却条件的改变协调限制和保护功能，从而允许涡轮发电机的全容量输出，同时保持非常精确的保护功能。作为一个附加的利益，可以附加冷却剂补偿的定子电流限制功能，以便在容量曲线的从额定滞后功率因数下的额定 KVA 到功率因数等于 1 时的额定 KVA 的区域内操作。

5 更具体地说，发电机根据在现有的操作点的冷却条件的不同而具有不同的定额。如上所述，现有技术的励磁机实行利用固定的限制和保护硬件或软件算法，其既不能在额定冷却条件之外的情况下提供保护，也不能使发电机的操作随着冷却条件的改进而增加容量，从而获得发电机的全容量输出。对于环境跟随燃气轮机的情况，这尤其是重要的，如前所述。因而，本发明的方法实行固定的参数限制和保护算法，还提供全限制和保护补偿，其中调节温度或水压（根据冷却系统的类型），使得励磁机的容量和发电机的定额相匹配。因而，提供一种在限制和保护算法之间的自动协调。

15 按照优选实施例，对于欠激限制（UEL）使用这种两部分特征具有的附加好处是能够提供补偿信号，以便在由定子电流定额或定子 KVA 确定的发电机容量曲线的区域内操作。这允许使用被补偿冷却剂条件的固定的参数定子电流限制。

图 1 表示一般的风冷发电机的容量曲线；

20 图 2 表示一般的氢冷发电机的容量曲线；

图 3 表示一般的欧洲制造者的风冷发电机的容量曲线；

图 4 表示按照优选实施例利用冷却剂补偿的固定的限制和保护
的方块图；

图 5 表示按照本发明的优选实施例的氢压和环境温度输入；以及

25 图 6 表示按照本发明用于补偿水压和环境温度的欠激限制和定子电流限制器的结构。

图 1 表示一般的风冷发电机的无功容量曲线。在额定的入口空气温度下的发电机的额定容量由通过点 A, B, C, D 的曲线给出。图 1 中还示出了两个其它的容量曲线，其表示在和额定温度不同的温度下操作时发电机的容量。从 A 到 B 的曲线受到发电机中磁场绕组发热的限制，并产生对于稳态操作允许的最大的磁场电流值。使用过激限制（OEL）和相关的保护来限制发电机工作在容量曲线的这个部分上。曲

30

线 BC 受到定子电流发热的限制。定子电流限制用于当发电机的输出落在其容量曲线的这个范围内时限制发电机的操作。曲线 CD 反应受端铁发热和定子叠层过电压限制的在容量曲线的一个区域内工作的发电机的容量。曲线 EFGD 和 HJKD 分别表示发电机在 50℃ 和 -18℃ 时的容量。

图 2 说明一般的氢冷发电机的容量曲线。在氢冷发电机的情况下，在最大氢压下发电机额定值增加，在氢压降低时，额定值减小。额定氢压容量曲线如图 2 的曲线 ABCD 所示，对于最低的氢压的容量曲线由 EFGD 表示。容量曲线限制和图 1 的曲线类似。即在图 2 中，曲线 AB 受磁场绕组发热的限制，曲线 BC 受定子电流发热的限制，端铁发热和定子叠层过电压限制曲线 CD。

图 3 表示来自欧洲制造者的一般的风冷发电机容量曲线。代替在图的左侧上的表示零功率轴的美国通用曲线，图 3 所示的标准的欧洲曲线用于表示在图的右方的零功率点。容量曲线限制和图 1 的曲线类似。曲线 AB 受磁场绕组发热限制。曲线 BC 受定子电流发热限制。端铁发热和定子叠层过电压限制曲线 CD。从 C 到 D，G 到 D 和 K 到 D 的曲线说明这些发电机和标准的美国风冷发电机之间的不同。这些曲线没有表示随冷却剂温度的任何改变。

按照上述的优选实施例，提供了一种用于同步发电机的励磁机的限制器和保护装置以及方法（以后称为“算法”或“函数”）。特别是，这里披露的限制器通过调剂作用来把励磁机和发电机的操作限制在发电机容量曲线的一个可接受的操作区域内。在另一方面，保护算法没有任何调节功能，而是在发电机和励磁机的操作落在发电机的容量曲线之外时发生跳闸。如此处所述，提供一种限制器算法，其能够有效地强制励磁机在稳态下在容量曲线之内工作，并且可以补偿冷却剂条件。

此外，优选实施例对于系统事件允许暂时越过容量曲线的冷却剂补偿禁止区域，因而在使发电机最大程度上保证系统的稳定性。通过对限制器和保护功能执行类似的算法，可以有效地在限制器和保护功能之间协调。因而，在 OEL 的情况下，可以确保在限制器工作时，能够限制发电机工作在由发电机磁场绕组发热限制的发电机容量曲线的冷却剂补偿区域内。这确保保护不会发生不需要的调闸，借以使发电

机在一般会发生调闸的时间间隔内具有较长时间的在线。换句话说，限制器算法控制流过磁场绕组的电流，并和保护算法协同操作。

具体地说，在发电机的磁场电路内，磁场绕组的总的温度是一个重要的准则。总的磁场绕组的温度受磁场绕组中的电流和环境以及冷却剂温度的影响。一般地说，在汽轮机中使用的发电机趋于在固定的冷却气体温度下工作，而不跟随环境温度的变化。在这种情况下，改变气体压力，并且发电机的容量随气体压力的降低而减少。在气体冷却的发电机中，发电机磁场电流和气体压力之间的关系可以由本领域技术人员熟知的双对数（log-log）函数限定。具体地说，如果当前气体绝对压力是 $(PGAS + 14.7) \text{ lbs/in}^2$ （以后压力和温度的单位，例如 $^{\circ}\text{C}$ ，不再标出，应当理解），在该压力下最大允许的磁场电流是

$$IF@PGAS = IF_RAT * ((PGAS + 14.7 / (PGAS_RATED + 14.7))^{(H2FEXP / 10000)}) \quad (1)$$

IF_RAT（额定磁场电流）和 H2FEXP 可以由关于特定用途的发电机数据确定。IF@PAGS 是由制造者规定的特定气压下的磁场电流额定值。H2FEXP 是由发电机制造者提供的磁场电流和氢压数据估算的指数，在式（1）中的除数 10000 从用于工程单位的相关的数字计算的特定算法得到。一般地说，对于氢冷发电机， $(H2FEXP / 10000)$ 在 0.4 和 0.5 之间改变。优选实施例使式（1）表示的近似精度最大，以便提高两个绝对温度信号与在 0.4 和 0.5 之间改变的功率的比值。

在这方面，式（1）的两侧可以除以 IF_RAT，在这样修改的式（1）的右侧，产生一个乘数，用于修改（a）反馈信号与/或（b）限制参考设置点。这使得能够实现能够进行冷却剂改变的补偿的保护功能和限制器，同时仍然使用用于保护和限制功能的固定的算法。

图 4 是在欠激限制（UEL），OEL（限制器和保护）以及定子电流限制下的冷却剂补偿的优选实施例的方块图。其中只详细说明了用于实现冷却剂补偿的方块。标号为 UELIN 的方块 400 是用于 UEL 功能的输入方块，其通过 1/TV2 提供标称化功能、低通滤波功能、选通和绝对值电路功能。输入功率 P 和端电压 V_t 被提供给方块 400。方块 405，即查阅表，是一个任意的函数发生器，用于实现在额定冷却剂容量曲线上的从点 C 到点 D 的容量曲线。标号为 UELOP 的方块 415 用于从冷

却剂补偿的 Var 参考中, 即从方块 410, UELHT 方块的输出中除去 $1/VT2$ 标称化。方块 EIPFV 即方块 425 使用 HTSMAXVA (下面说明) 修改定子电流限制参考, 使得增加和降低指令被发送给自动电压调节器 (AVR) (未示出), 用于限制定子电流和冷却条件一致。使用比例块 430 修改 OEL 磁场电流调节器参考。使用比例块 435 修改限制和保护算法的磁场电流反馈信号。

图 5 说明用于产生乘数 (HTS_BIAS) 的优选技术, 所述乘数用于补偿氢冷发电机的过激限制器 (OEL) 和保护算法。HTS@IN 是和发电机的冷却系统 (未示出) 相关的并且一般由发电机制造者提供的氢压传感器的输出信号。该信号通过低通滤波器 500 除去不需要的 AC 分量。此外, HTSOFs (氢温检测器补偿) 被选择通过求和块 515 除去由于使用例如 4-20 ma 的电流信号传送氢压而导致的任何偏移 (如同在 HTS@IN 中实施的)。在氢冷发电机的情况下, 电流信号表示冷却剂条件, 如前所述。通常使用补偿传感器 (4-20 ma), 使得不允许 0 信号电平, 并且例如小于 2 ma 的信号电平被认为是开路。

在比例块 520 中的 HTSSCL (氢温比例) 提供在额定的绝对压力下对于 10000 计数的绝对水压信号进行比例处理的能力。10000 计数除法器的使用是任意的, 根据实施的考虑可以使用任何合适的值。被送到比较器 545 的 HTSFAL (水温检测器故障) 允许检测来自传感器的例如引起开路的输入信号 (HTS@IN) 中的故障。这用于产生信号 HTSENBAD (水压检测器坏), 该信号用于诊断 (当需要时), 并且最好通过开关 530 把该输入信号转换成值 HTSNOM (水温检测器正常), 使得当检测器或传感器故障时不提供补偿。HTSSENSE 提供代表开关 530 的输出的诊断信号。块 525 对从比例块 520 输出的值提供上限 (HTSULM) 和下限 (HTSLLM)。

在这种情况下, TMRAT (额定温度) 作为 0 被输入, 其来自最上通路即功能块 550 的自动选择部分, 如图 5 的右侧所示。这使得产生作为水的绝对压力的函数的 HTS-BIAS (乘数), 用于补偿 OEL 和保护。在优选的实施方法中, HTS_BIAS 在乘法块 575 中对于等于单位比的 10000 计数进行按比例处理。优选的技术也使用比例块 (图 4) 用 $10000/HTS$ 乘反时限保护算法的反馈信号 (IFG), 用 $HTS_BIAS/10000$ 乘 OEL 的参考 (FCR-REF) (分别是比例块 435 和 430), 借以对固定

的限制和保护算法提供补偿参考值。

和蒸汽带动的发电机相反，由燃气轮机带动的发电机在固定的气压下（对于风冷发电机应当是 0）在环境跟随方式下操作。磁场电流和气体温度之间的关系基于在本领域技术容易熟知的二次内插函数。

- 5 当气体温度小于额定值时，磁场电流的公式如下：

$$IF@TLOW=SQRT((IF_RAT^2+TMPSFB*(TGAS-TGAS_RATED)))(2)$$

当气体温度大于额定值时，由下式给出的一个不同的内插函数是合适的：

10

$$IF@THIGH=SQRT((IF_RAT^2+TMPSFA*(TGAS-TGAS_RATED)))(3)$$

- 系数 TMPSFA 和 TMPSFB 可以由发电机制造者提供的关于在给定的冷却剂温度下的磁场电流和在额定温度下的磁场电流的关系的发电机数据使用公式（2）或公式（3）确定。和水压补偿类似，公式（2）和（3）的两边可以除以 IF_RAT，从而产生用于修改反馈信号与/或用于修改限制设置点的乘数，使得可以使用固定的保护和限制器算法。在优选实施例中，这个乘数再次被称为 HTS_BLAS，并在乘法块 575 中对单位比进行 10000 计数的处理。优选实施例根据输入的额定温度（TMPRAT）通过开关 570 自动地在水压或温度补偿之间进行选择。即
- 20 TMPRAT 是 0 时选择水压补偿，而不是 0 时则选择温度补偿。关于水压，优选实施例利用补偿电流信号，使得容易检测开路状态。在温度的情况下，需要 TMPRAT 具有非 0 输入，使得通过求和块 540 计算信号 WRK14，其代表实际的温度和额定温度之差。因为 TMPRAT 具有不为 0 的值，所以通过开关 570 选择在图 5 的右上方的下通路，即功能块
- 25 555。在公式（2）或（3）的两边被 IF_RAT 除时，这使得正确地运算公式（2）或（3），其中由 5000 个计数的计数值代替 IF_RAT。使用 5000 个计数是因为设备一般在 AFFL（其中 AFFL 是在全负荷、额定功率因数和额定温度下所需的磁场电流）对 5000 计数进行比例处理。不过，这个计数值是任意的，并且可以根据实施的环境而改变。优选的技术是使用比例块对于反时限保护算法的反馈信号乘以 1000/HTS-
- 30

BIAS, 对于 OEL (FCR_REF) 的参考乘以 HTS_BIAS/10000, 如图 4 方块 435, 430 所示。即反馈信号以需要的方式被截取并被修改。

欠激限制 (UEL) 最好应当考虑端铁过热、定子叠层过电压, 并且稳态稳定性涉及得到一种足以保护发电机并维持系统稳定性的设置。

- 5 图 1 表示风冷的燃汽轮机驱动的发电机的容量曲线。在优选实施例中, 通过修改函数发生器, 提供一种用于修改在发电机容量曲线的区域内的 UEL 的方法和装置, 所述容量曲线由端铁发热和定子叠层过电压限制。所述函数发生器用于接近发电机的欠激容量 (图 1 所示的曲线 CD)。在 0 有功功率时发电机的欠激容量是一个单一的值, 在其它
- 10 它的功率值时, 则根据冷却剂温度或冷却剂压力而改变。优选的 UEL 冷却剂补偿的实施例如图 6 所示。在图 6 中, 函数发生器的输出被表示为 UEH@IN, 并且被用作 UELHT 方块 410 的求和方块 650 的输入。然后优选实施例利用随着冷却剂条件而改变的函数 $(5000 - HTSMAXVA) * (UEHTC1 \text{ 或 } UEHTC2)$ (其中 HTSMAXVA 随冷却剂状态而改变) 乘以有
- 15 功功率或者乘以有功功率的平方来修改函数发生器的输出, 如功能块 615, 620, 625, 630, 670 和 675 所示。一般地说, 对于氢冷发电机, 使用有功功率, 对于风冷发电机, 使用有功功率的平方能够获得最好的结果。使用跳接器或开关块 695 通过设置 0 选择有功功率, 通过设置 1 选择有功功率的平方。UEHTC1 是用于根据水压或环境温度 (对于
- 20 大于额定温度的环境温度) 修改函数发生器的输出的冷却剂系数, UEHTC2 是用于对于小于额定温度的环境温度修改函数发生器的输出的冷却剂系数。从图 1 所示的发电机容量曲线中, 选择函数发生器, 即方块 405 用于近似曲线 DCL, 其中从 C 到 L 的曲线只是从在 0.95 的功率因数下的额定 KVA 到等于额定 KVA 的 120% 的有功功率点的额定
- 25 温度曲线的扩展。对于图 1 所示的情况, 使用 UEHTC4 对容量曲线附加一个例如 10% 的裕度, 因而得到虚线的曲线 MNP。为了实现所需的 UFL 特性, 增加通过点 N 和 Q 的直线, 并使用图 6 的方块 660 选择“最大值”。图 1 的通过 N 和 Q 的直线的斜率按照 $(\sin(\arccos(0.95) - \text{margin})) / (1 - 0.95)$ 计算。然后利用 1000 乘通过 N 和 Q 的直线的
- 30 的斜率求得 UEHTC3。对于图 1 的容量曲线, UEHJMP.0 即方块 695 被设置为 1, 用于第二级内插, 并使用以下公式求取 UEHTC1:

$$UEHTC1=5000*VAR1*GEN_MVA^2/(WATT1^2*(GEN_MVA-MVA@WATT1)) \quad (4)$$

其中 VR1 是在点 G 的高温发电机容量曲线和额定温度容量曲线 DCL 之间的差, 单位是 MVARs, GEN_MVA 是在额定温度下的发电机的额定值, WATT1 是在点 G 的额定值, 单位是 MWATTS, MVA@WATT1 是发电机在点 G 的 MVA 额定值. 类似地, UEHTC2 通过使用取自低温容量曲线 DK 的数据由下面的公式求取:

$$UEHTC2=5000*-VAR2*GEN_MVA^2/(WATT2^2*(GEN_MVA-MVA@WATT2)) \quad (4)$$

10 其中 VAR2 是在点 K 和在额定的发电机容量曲线 DCL 之间的差, 单位是 MVARs, WATT2 是点 K 的 MWATT 额定值, MVA@WATT2 是点 K 的 MVAR 额定值.

对于氢冷发电机的情况, UEHJMP.0, 即块 659, 对于利用功率进行的线性内插被设置等于 0, 并且 UEHTC1 由下式给出:

15

$$UEHTC1 =$$

$$5000*(VAR1*GEN_MVA)/(WATT1*(GEN_MVA-MAXVA)) \quad (5)$$

20 其中 VAR1 是在保持恒定的定子 MVA 的最低的水压和最超前的功率因数下的曲线和在额定水压下的曲线之差, 单位是 MVARs. WATT1 是在保持恒定的定子 MVA 的最低的水压和最超前的功率因数下的发电机的额定值, 单位是 MWATTS. MAXVA 是发电机在最低水压下的 MVA 额定值. 因为水压被假定为额定或小于额定, 所以 UEHTC2 即块 625 被输入 0. 在 UEHTC4 即块 655 中输入裕度, 在 UEHTC3 即块 685 中输入斜率, 如同对风冷发电机那样.

25 图 5 表示用于获得 HTS MAXVA 的值的优选的方法. 对于氢冷发电机, 发电机的 KVA 随着绝对水压的对数函数而改变, 但是对于风冷发电机, 却由二次内插函数限定. 这和磁场电流随着冷却条件的变化类似, 不过对于氢冷发电机使用不同的指数系数, 对于风冷发电机使用

二次内插函数是合适的。这些函数在图 5 的右侧的底部的中部被示出了，并且产生了信号 HTSMAXVA，其用于在块 585 中以单位的 MAXKVA/GEN_KVA 的比例进行 5000 计数的比例处理。和在磁场电流的情况下一样，如果 TMPRAT，即块 580 被输入 0，HTSMAXVA 的优选实施
5 例自动地选择水压。用于风冷发电机的值根据温度是大于或等于还是小于额定值在块 560，565 和 580 中进行选择。

为了正确地对 HTSMAXVA 进行标称化，考虑到发电机端电压的变化，需要利用每个单位发电机电压的平方导出 HTSMAXVA。这在图 5 中使用块 505，510，535，536，537，538，539，和 541 来实现。方块
10 537，538，539 和 541 包括数字低通滤波器，其具有在块 538 输入的滤波器时间常数 UELVLP。滤波的发电机电压被用于除去本地发电机瞬变的任何干扰。比例块 505 和 510 用于利用单位发电机电压除方块 585 的输出。对乘法器方块 505 的一个输入是 20000，其使得来自块 585 的信号乘以 20000。块 510 是比例块，其使在 x 的输入，即 20000 乘
15 以块 585 的输出除以在 y 的输入，即滤波的发电机电压。在这个特定的实施例中，值 20000 被用于额定发电机电压。可以使用任何合适的值。然后，块 535 和 536 用每单位发电机电压除块 585，即每单位发电机电压的输出，在块 536 的输出得到所需的信号，该信号被（1/每单位发电机电压平方）正确地补偿。

一般地说，发电机具有在欠激下在额定的 KVA 下在某个导前的功率因数下操作的能力，所述功率因数可以和额定的滞后功率因数相同或者不同。这由图 1 的点 C 说明。当达到这个功率因数点时，在曲线中具有一个间断点，其确定欠激限制。对于超过间断点的有功功率值的欠激限制由恒定的 KVA 或者由作为具有通过图 1 的点 N 和 Q 的恒定的
20 斜率的直线的定子电流曲线确定。如果试图考虑到间断点来修改图 4 的函数发生器 UEH@IN 的输出，则要获得一个补偿项是困难的，因为在两个区域中的斜率非常不同，如图 1 所示。在优选实施例中，利用高值门 660（图 6）在来自求和块 655（下面说明）的补偿函数发生器和来自补偿恒定 KVA 函数，即除法器方块 690 之间进行选择。虽然应当
25 能够精确地产生恒定 KVA 函数，但是优选实施例利用直线近似表示恒定 KVA 函数。这样是为了消除在恒定 KVA 函数中的无穷大（或非常大）斜率（ $\Delta \text{乏}/\Delta \text{瓦}$ ）的可能性，这将引起无穷大或非常高的增益，对欠
30

激限制 (UEL) 的稳定不利。这在图 6 所示的优选实施例中实现。

具体地说, 在求和块 680, 从有功功率信号 (UELWATTS) 中减去和在给定的冷却条件 (HTSMAXVA) 下和最大 KVA 成比例的信号。然后所需的斜率 (UEHTC3/1000) 通过块 685 和 690 乘这个差值。结果得到
5 到一个直线限制器特性, 其随着发电机的冷却条件而改变, 具有固定的斜率, 所述斜率在发电机的容量曲线 (曲线 NQ) 的发电机恒定 KVA 部分提供限制器操作。使用固定的斜率避免当执行实际的恒定 KVA 曲线时, 由在 Δ 乏/ Δ 瓦的特性中无穷大或非常大的斜率引起的不稳定的可能性。被输入到求和块 655 的 UEHTC4 提供被加到欠激容量曲线的函数发生器部分上的裕度。这使得用户能够输入实际容量曲线 (图 1 的
10 DC) 中的点, 然后使用裕度作为单独的输入。直线限制通过点 N&Q。

图 2 表示氢冷发电机的一般发电机容量曲线。氢冷发电机的额定容量曲线如图 2 的曲线 ABCD 所示, 它们发生在最大发电机水压下。

不同于额定压力的定额产生较小的发电机容量。如在风冷发电机的情况下那样, 曲线 DCL 是发电机的欠激容量, 其使用任意的函数发生器即图 4 中的方块 405 设置。使用图 6 的方块 655 把裕度加到曲线上, 从而得到图 2 的曲线 MNP。对于氢冷发电机, UEHJMP.0 即方块 695
15 被设置为 0, 从而得到利用 UELWATTS 的线性内差。UEHTC1, 即方块 620 被设置为

20

$$\text{UEHTC1} = 5000 * \text{VAR1} * \text{GEN_MVA} / (\text{WATT1} * (\text{GEN_MVA} - \text{MAX_MVA})) \quad (6)$$

其中 VAR1 和 WATT1 如图 2 所示, 并且 MAX_MVA 是图 2 的在点 G 的发电机的 MVA 定额。因为假定水压总是从额定值, UEHTC2, 即块 625 减少到 0。关于风冷发电机, UEL 特性由图 6 中的块 660 的最大值选择
25 电路确定, 在曲线 MGP 和通过图 2 的 NQ 的直线段之间。图 6 的块 680, 685, 和 690 被用于产生直线段, 其具有由 UEHTC3 即块 685 确定的斜率。块 690 用于对斜率标称化, 1000 计数等于单位斜率。UEHTC5 即块 665 被用于限制 UEL 参考的限制值在 -32767 计数和 UEHTC5 计数之间。

对于发电机输出值小于额定 KVA 当冷却剂条件没有变化时, 利用
30 UEL 曲线的两部分特性提供近似发电机欠激容量曲线的能力。这是通常的做法, 特别是对于欧洲发电机制造者, 并且产生一个欠激容量曲

线，直到容量曲线的恒定 KVA 部分。这如图 3 所示。对于给定的冷却剂条件，在发电机 KVA 输出值小于额定的情况下，UEL 特性由函数发生器输出即图 6 的 600 确定。如果冷却剂系数 UEHTC1，即方块 620 和 UEHTC2 即块 625 被设置为 0，则所述函数发生器输出将不根据冷却剂进行修改。所有的随冷却条件的变化都发生在恒定 KVA 区域内，并且可以接着使用 UEHTC3 即块 685 选择正确的斜率。选择中间温度曲线作为额定温度曲线。在图 2 的点 C，对每单位的 MVAR 定额加上所需的裕度 ($\sin(\arccos(0.95)) - 0.1$)。图 2 的斜率由下式求得：

$$\text{Slope} = (\sin(\arccos(0.95)) - 0.1) / (1.24 - (.95 * 1.24)) \quad (7)$$

10

UEHTC3，即块 685 利用斜率乘以 1000 获得，UEHTC4 即块 655 利用每个单位的裕度乘以 5000 获得。图 3 的曲线 MNP 说明在具有由 UEHTC4 附加的合适的裕度的欠激区域的发电机的容量。通过点 NQ 的直线说明在容量曲线的恒定定子 MVA 部分中的容量。直线的斜率由 UEHTC3 即方块 685 确定，并由方块 690 标称化。随着环境温度的变化通过改变 HTSMAXVA 即图 5 中的块 565 来实现。UEL 特性通过裕度即块 655 由函数发生器的最大选择部分确定，并且补偿直线斜率，即块 690 使用最大选择函数即块 660 确定。

15

在容量曲线（图 1 的曲线 AB，EF，HJ）的过激部分，磁场线圈发热是限制参数，用于实现过激限制器（OEL）的技术已经被说明了，对于冷却剂条件其可以被补偿，从而使励磁机能够足够地保护发电机磁场，并仍然对于系统事件提供瞬变强制能力。在容量曲线的欠激部分，对于冷却剂条件的改变，已经表明欠激限制（UEL）可以使用最大值选择通过图 6 的两部分特性的块 660 被补偿。在特定的冷却剂条件下，可以被修改以便反应冷却条件的函数发生器（图 4）用于实现在小于额定发电机 KVA 的容量曲线的区域中的限制特性。在恒定 KVA 部分中的直线限制可以对于冷却条件被补偿，并且已经表明对在由给定冷却剂条件下的额定 KVA 限制的区域中，欠激容量曲线提供非常好的近似。直线近似减少在 UEL 中的由实际容量曲线的非常高的斜率引起的不稳定的可能性，特别是在功率因数等于 1 附近。不被 OEL 或 UEL 覆盖的容量曲线的区域从额定滞后功率因数下的额定 KVA 到功率因数等

25

30

于 1 时的额定 KVA (图 1 的曲线 BQ)。这是发电机容量曲线的被涡轮机输出和定子电流发热限制的区域。作为减少发电机输出 KVA 或发电机定子电流的装置,励磁机可以只暂时地影响需要励磁机减少发电机无功输出功率的有功功率。因而,需要一种定子电流限制器,其通过操作改变相关的自动电压调节器 (AVR) (未示出) 的设置点,从而减少无功功率。在涡轮机环境跟随应用中,需要能够按照优选实施例使定子电流限制器偏移,使得所述限制根据冷却剂条件而改变。在优选实施例中,这容易实现,因为可以用于修改限制器使得和在冷却剂改变时发电机容量的改变相匹配的信号已经存在。

具体地说, HTSMAXVA 是一个在额定冷却剂条件下对于 5000 计数进行比例处理并被补偿发电机端电压改变的信号。在冷却剂条件改变时,这个信号改变,从而反应发电机容量的改变。例如,在风冷发电机中冷气温度从额定值的减少将产生 HTSMAXVA,其根据恒定的 TMPSSB 而增加,对于小于额定的温度,所述恒定的 TMPSSB 根据发电机定额进行选择。TMPSSB 由下式给出

$$\text{TMPSSB} = 250,000 * ((\text{MAXVA@T_LOW} / \text{GEN_MVA})^2 - 1) / (\text{T_RAT} - \text{T_LOW}) \quad (8)$$

其中 MAXVA@T_LOW 是在发电机的低温定额下的发电机的定额,单位是 MVA, T_RAT 是发电机的额定温度,单位是℃, T_LOW 是发电机的低温定额,单位是℃。

TMPSSA 同样由下式给出:

$$\text{TMPSSA} = 250000 * (1 - (\text{MAXVA@HI_TEMP} / \text{GEN_MVA})^2) / (\text{T_HIGH} - \text{T_RATED}) \quad (9)$$

其中 MAXVA@HI-TEMP 是发电机在最高额定温度下的定额,单位是 MVA, T-HIGH 是在最高额定温度下的温度,单位是℃。

因为定子电流限制利用固定的设置点实现,定子电流反馈最好被改变,以便提供对于温度的补偿。这通过使用 EIPFV 方块,即图 4 的方块 425 来实现,其中包括能够用 HTSMAXVA/5000 除实际的定子电流反馈信号。

优选实施例产生一个发电机容量的精确的表示,用于改变用于风

冷和氢冷发电机的冷却剂，其中对于氢冷发电机使用常数 H2SEXP，对于风冷发电机，使用 TMPSSA 和 TMPSSB。在发电机容量中的这个变化可用于修改反馈变量，从而使得能够使用固定设置点限制器。

因而，在优选实施例中，在涉及磁场电流的 OEL 的情况下，最好
5 提供一种磁场电流调节器。OEL 成为发电机容量曲线的上部（图 1 的曲线 AB）。需要使励磁机能够瞬时地强制大于额定磁场电流的电流通过发电机磁场，因而可以提供一个反时限函数，用于近似表示发电机磁场的容量，从而适应瞬变磁场电流。按照优选实施例，提供一种用于改变限制器和保护算法的能力，用于反应发电机磁场容量根据发电机的冷却条件而改变这个事实。因而，在限制器和保护功能之间具有
10 一个协调，即使在非额定的冷却剂条件下。

UEL（欠激限制器）执行类似的功能，但是在被端铁发热限制的发电机容量曲线的区域内具有发电机的稳态稳定性。这基本上是图 1 的下部（曲线 DC，DG，或 DK）。从点 D 到点 C 包括发电机从 0 有功功率
15 到 0.95 每单位有功功率（在这种情况下，点 C 是 1 每单位 KVA，在 0.95 的功率因数下）的发电机的欠激容量。这是一个实验曲线。从点 C 到点 B 所示的曲线是中心在 0 瓦和 0 乏，半径为 1 每单位 KVA 的圆。通过使用具有固定斜率的从点 N 到点 Q 的直线，这个曲线利用优选实施例的 UEL 部分近似。使用具有固定斜率的直线近似而不使用实际的
20 圆，这是因为在点 Q 圆的斜率具有无穷大的增益（ $\Delta Q/\Delta P$ ），其将在 UEL 调节器（未示出）中导致无穷大的增益。一个高值选择电路即块 660 用于取所示的从 D 到 C 的曲线的较高的部分，或者从 N 到 Q 的直线段。对于要求冷却剂补偿的 UEL，没有相应的保护功能，但是，瞬时执行对于发电机容量曲线随冷却剂条件的改变提供了一种非常好的
25 近似。

和 UEL 类似，定子电流限制功能被用于把发电机的操作限制在由发电机定子电流限制的容量曲线的区域内。这是恒定 KVA 区域，示于图 1 的容量曲线的右侧（曲线 BC），并且是由 UEL 使用的同一个圆。在这种情况下，使用圆的特征是因为定子电流限制是一个具有非常低
30 的带宽设置点控制器。所披露的算法提供了根据发电机冷却条件而变化的圆形发电机容量曲线的非常精确的实现。

虽然上面的上面包括多个细节，但是应当理解，所提供的这些细

节只是用于说明，并不限制本发明的范围。不脱离权利要求限定的本发明的构思，本领域技术人员可以作出多种改变和改型，这由下面的权利要求书及其法律等效性限定。

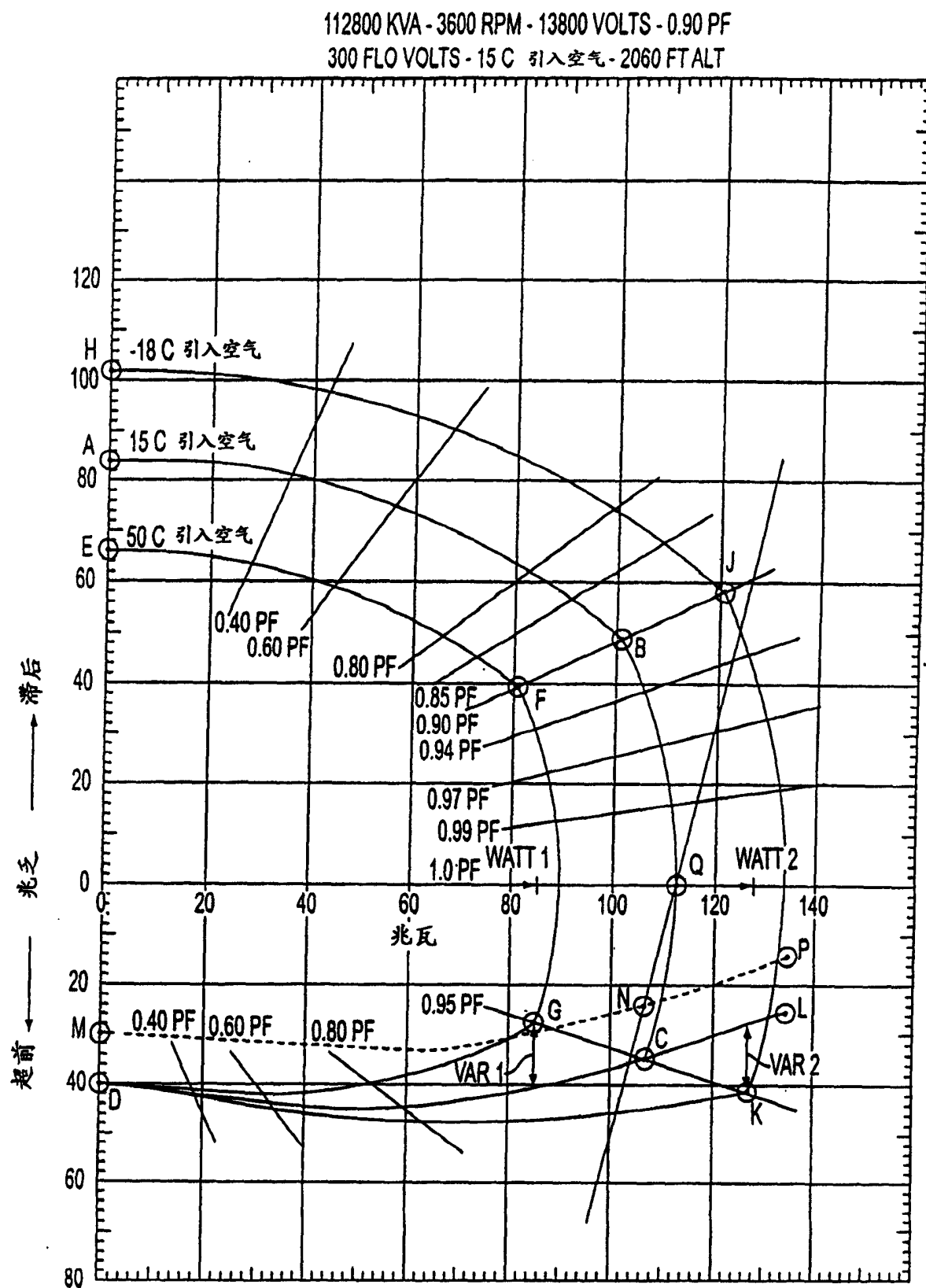
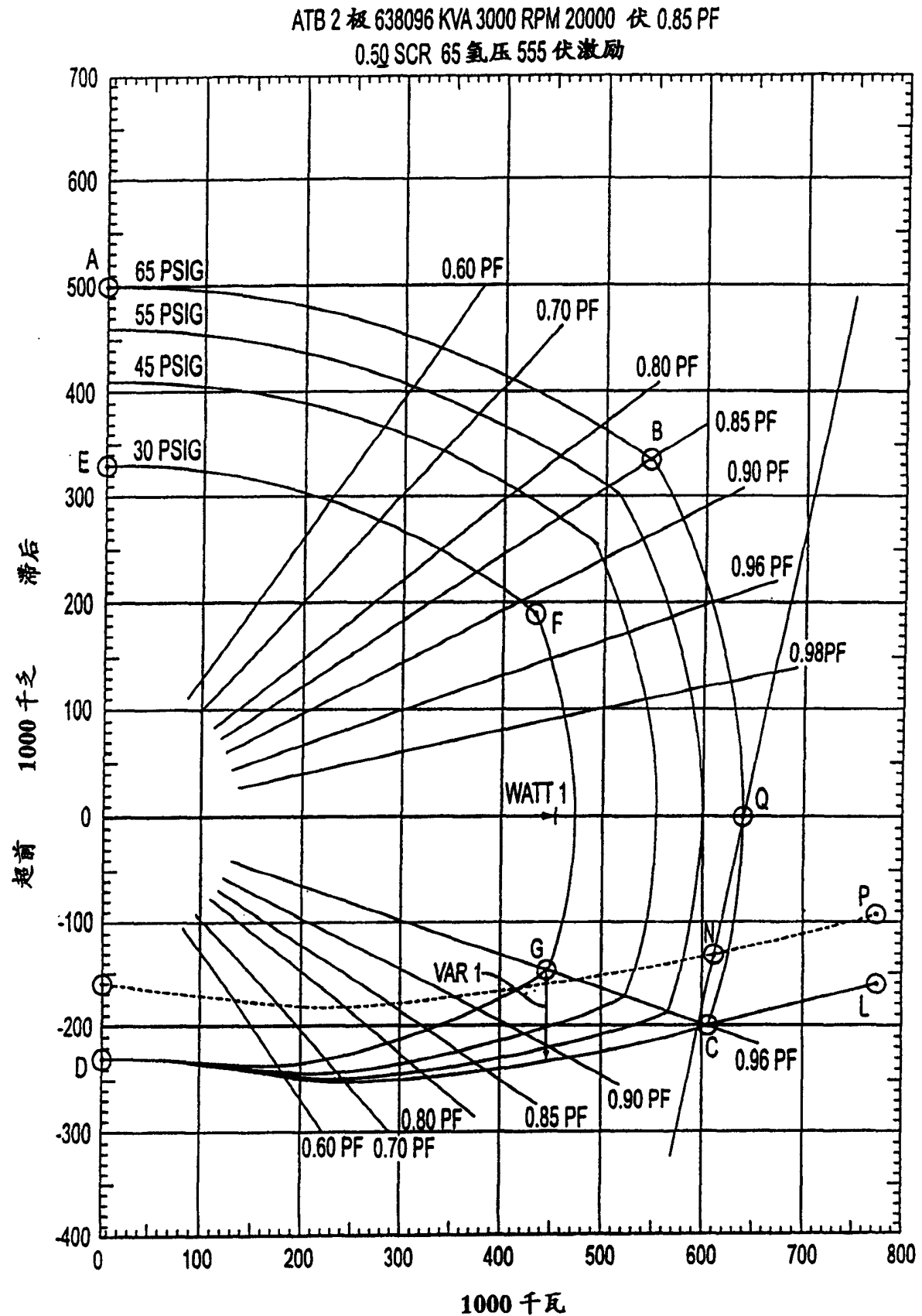


图 1



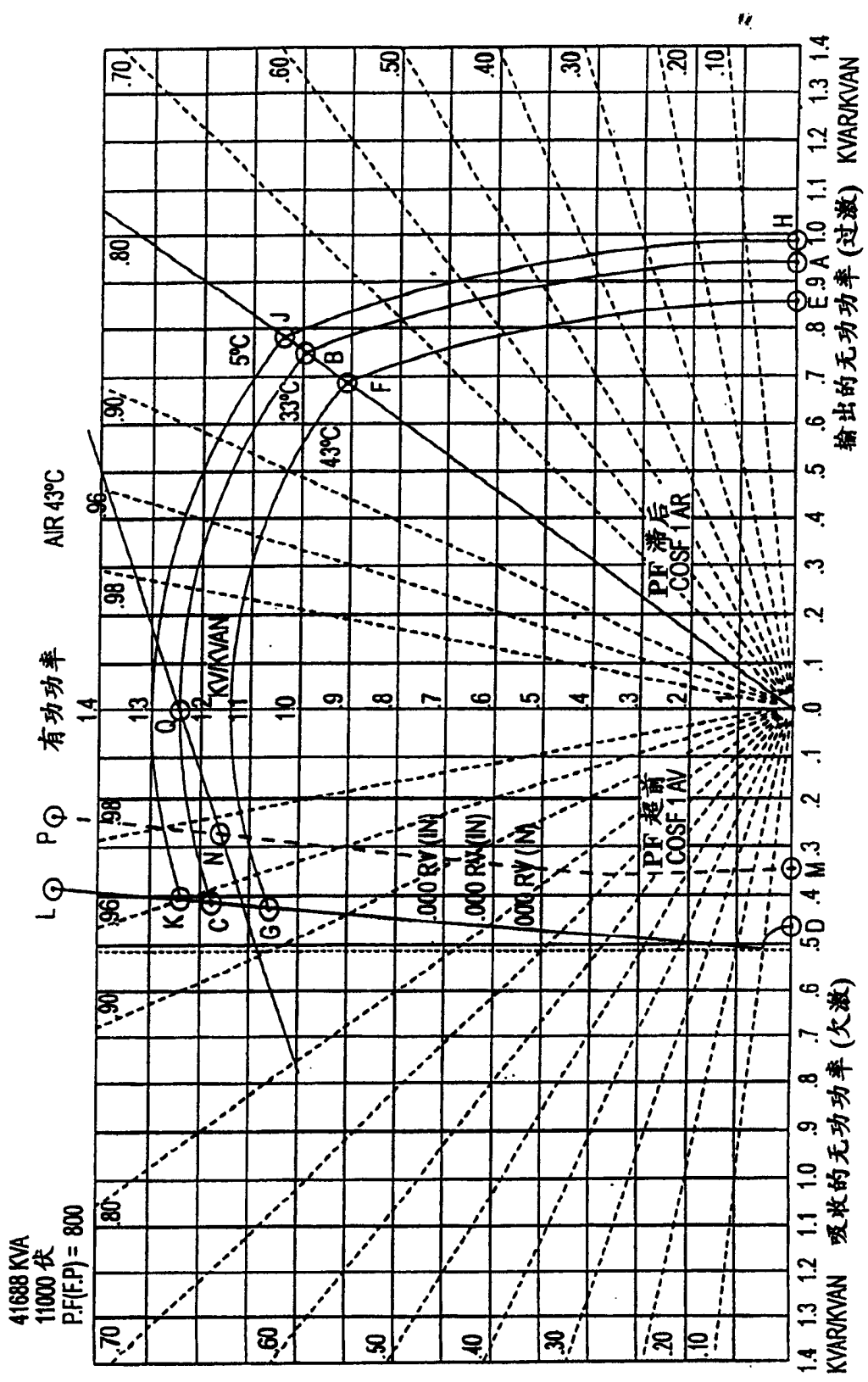


图 3

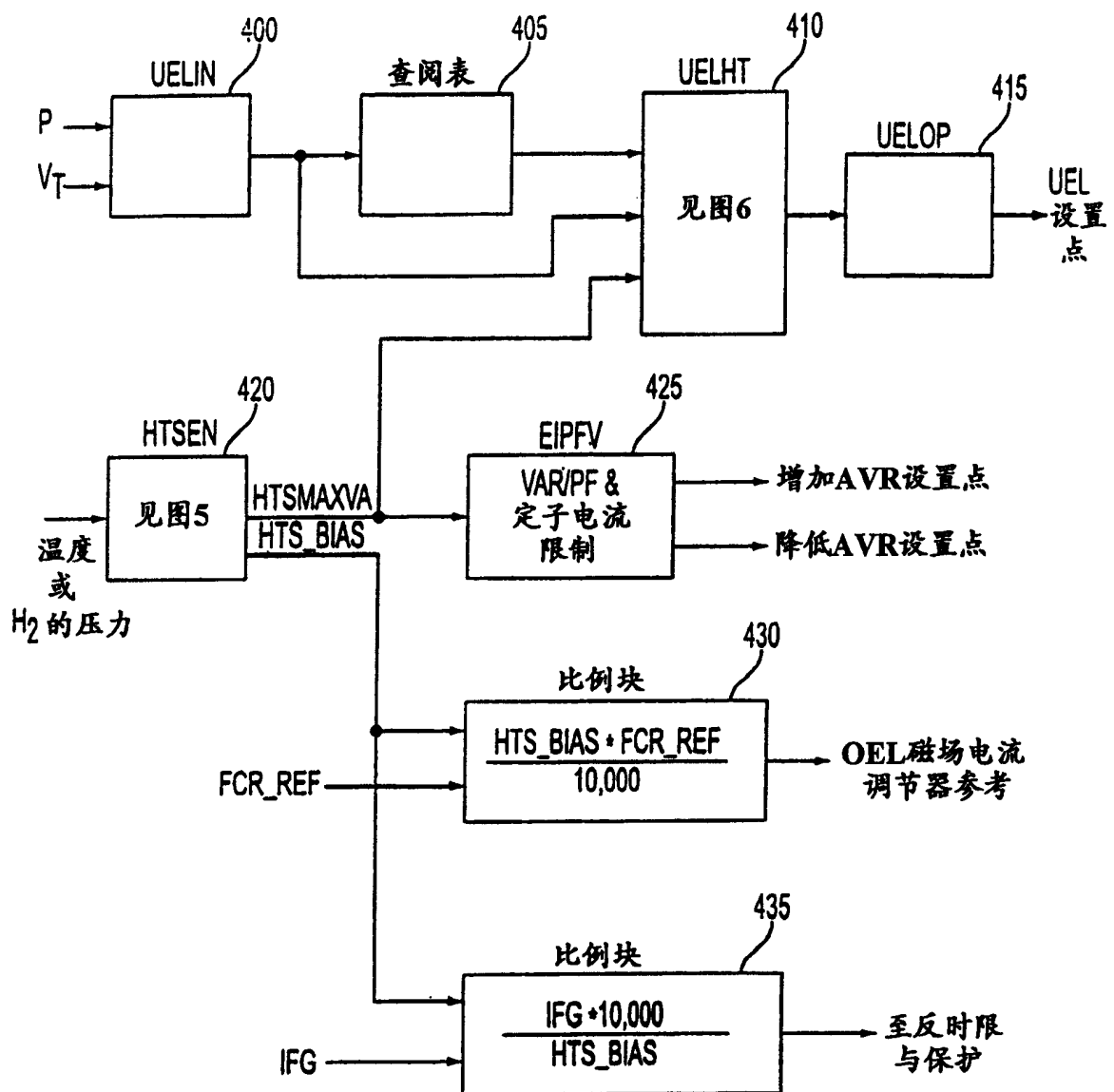
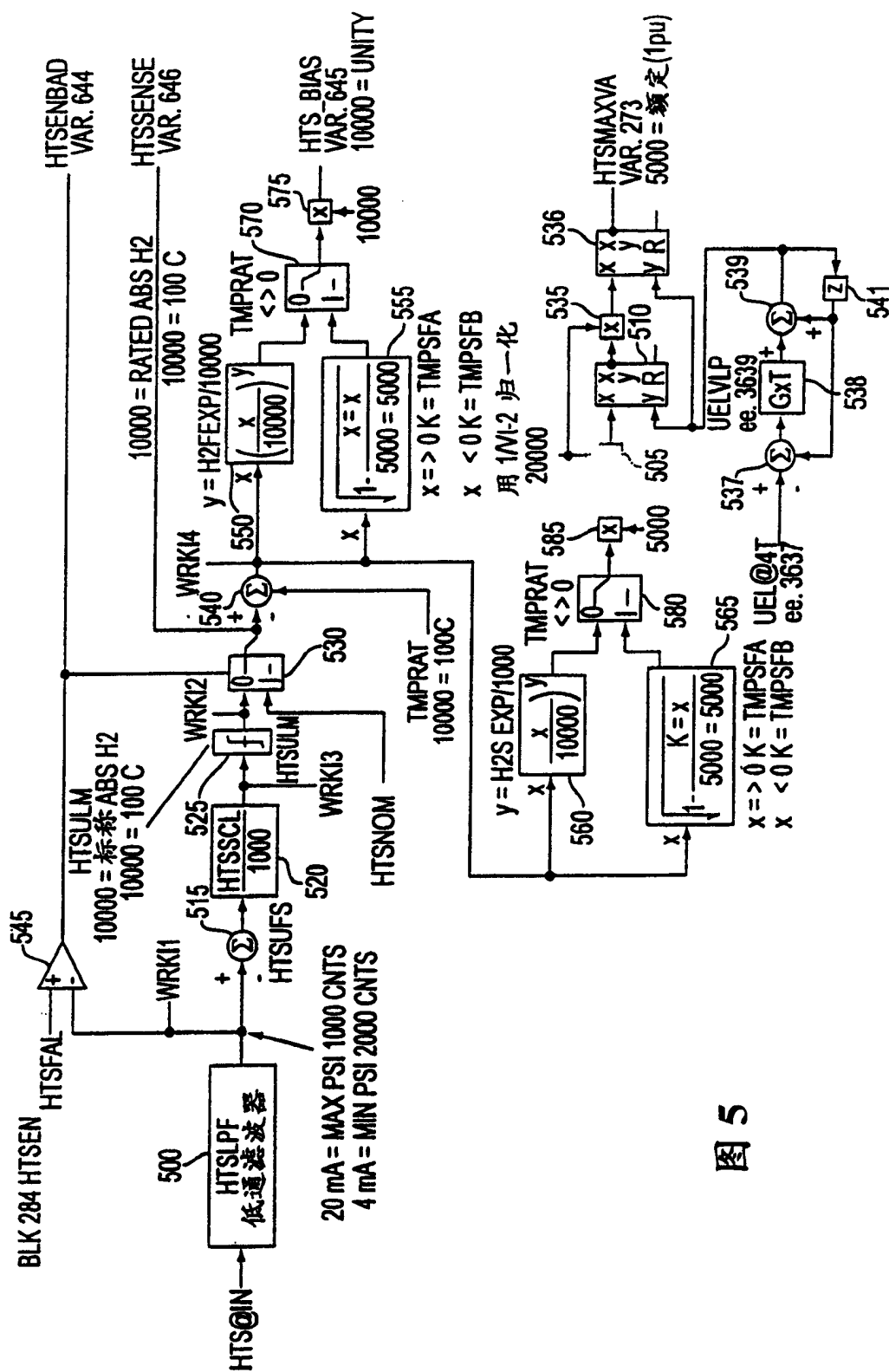


图 4



五

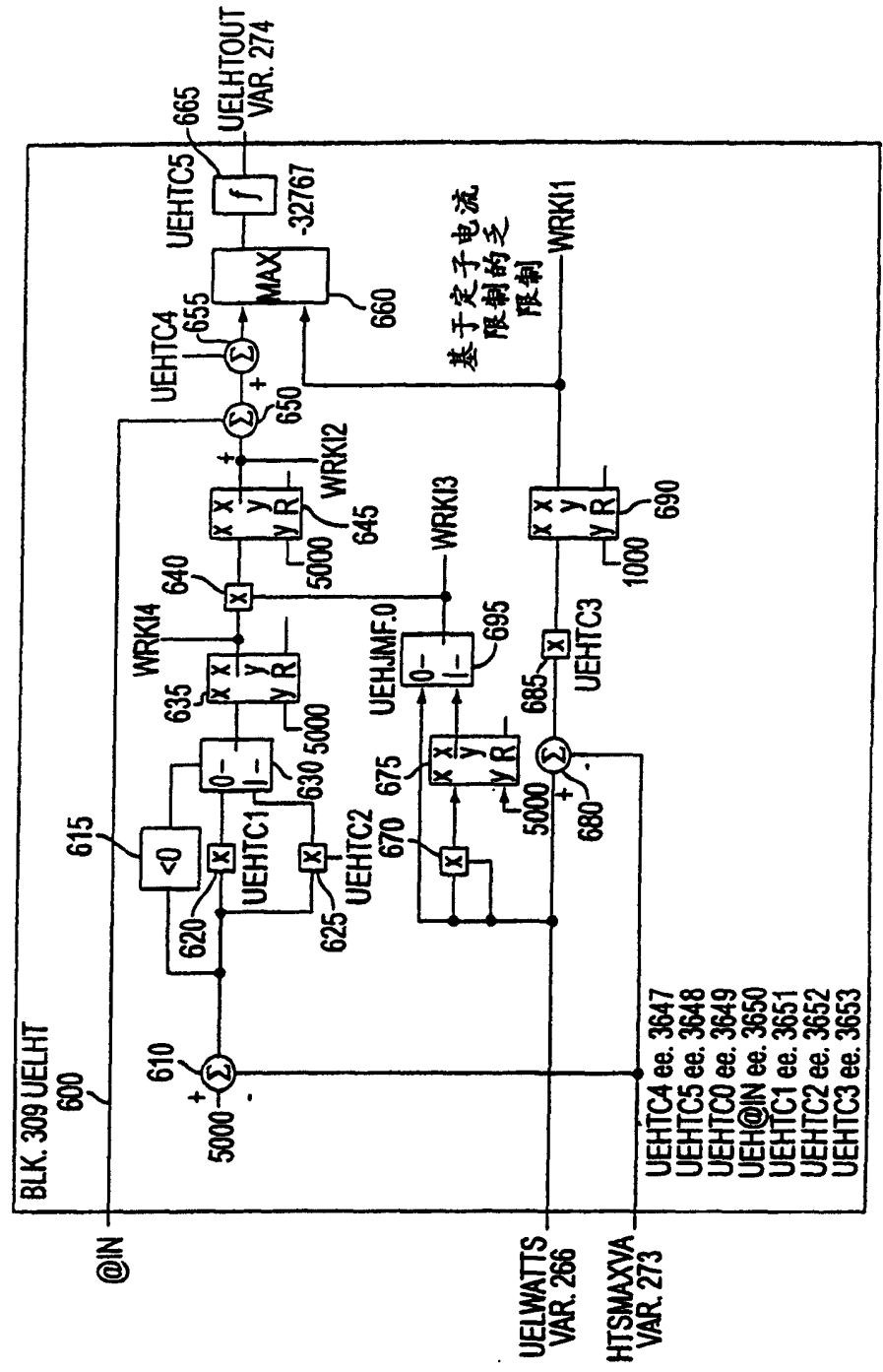


图 6