**一、预测模型**

OpenFAST线性化得到的状态空间方程，其中A,B,C,D，和为MBC变换后的结果：



将以上公式展开为离散差分方程，并假设转子转速在控制区间内不变：



*DT*为差分步长，为*k*时刻的方位角(Deg)，，*w*为等效风速，在迭代过程中视为已知量。为了保证收敛，应足够小，选择*DT*为0.001。进一步整合变量：



也即：



同时，由式（4）可推导得：



式（4）减去式（5）可得：



联合上式得到新的增广状态空间方程，并假设短时间内和的变化不大：



令重新表述上式：



式中，，



基于增广矩阵（8），使用一组未来的控制输入预测未来有限时域的状态变量：



预测未来有限时域的输出变量：



式中，和分别为控制时域和预测时域，且有，一般选择*Nc*=5，*Np*=20。

定义输出与输入向量：



**需要注意的是**，这里的和指的是与上一步给定量的偏差！

式（9）可改写为：



其中，



为了在保证精度的同时缩减矩阵的规模，每隔*Dg*步进行1次迭代，*Dg*一般选取为200，使得迭代间隔为0.2s，从而将式（14）修改为：



对于式（15），和代表的步长间隔时间为*DT*×*Dg*，输出与输入向量重新定义为：



二、控制目标与约束

目标函数定义如下：



式中，*Q*和*R*分别为输出与输入权重。将式（13）代入式（17）中可得：



忽略上式中与控制项无关的量，并令，，得到：



控制的输入约束条件为：



统一约束不等式：



式中，矩阵*K*用于将控制增量转换为控制量：



为了可靠地跟随给定值，仅通过优化目标来跟随是不够的，因此输出约束是必需的，

从而得到带线性约束的二次型优化问题：



三、闭环控制

求出*k*时刻输入约束的最优解，取第一组结果，计算出控制输入量：



四、求解带线性约束的二次型优化问题