



PSD-BPA暂态稳定程序用户手册 (4.15版)

中国电力科学研究院

2010年06月

工作单位：中国电力科学研究院系统所

工作时间：1991年8月—2010年06月

工作人员：汤涌、卜广全、印永华、侯俊贤、陶向红、宋新立

报告编写：汤涌、卜广全、侯俊贤、宋新立

报告审核：卜广全

报告批准：印永华

目录

前言.....	VIII
第一章 程序简介	1
1 算法和模型.....	1
2 卡片顺序.....	4
3 卡片注释.....	6
4 稳定文件以及与潮流程程序的联接.....	6
5 输入格式说明.....	7
第二章 控制数据卡说明	9
1 注释卡（C卡）	9
2 计算控制卡（CASE卡）	9
3 计算控制卡（FF卡）	10
4 计算控制继续卡（F1卡）	14
5 监视曲线控制卡（F0卡）	15
6* 稳定参数文件指定数据卡（PARA_FILE卡）	16
第三章 模型说明	18
1 故障操作模型.....	18
1.1 基本故障模型说明（LS）	19
1.1.1 三相短路及线路开断卡（MDE=1、2、3）	19
1.1.2 切机、切负荷操作（MDE=4）	20
1.1.3 两端直流故障操作（MDE=5、适用于7.1节原直流模型）	21
1.1.4 两端直流故障操作（MDE=5、适用于7.2节新直流模型）	22
1.1.5 多端直流线路操作和修改（MDE=6）	24
1.1.6 发电机直流分量阻尼（故障阻尼）（MDE=7）	25
1.1.7 快关阀门（MDE=8）	26
1.1.8 复故障操作（MDE=9）	28
1.1.9 暂态稳定器手动跳闸卡（MDE=9）	30
1.1.10 静补输出冻结卡（MDE=9）	30
1.1.11 失磁卡（MDE=10）	31
1.1.12 两端直流功率修改卡（MDE=5）	31
1.1.13 励磁参考电压修改卡（MDE=11）	33
1.1.14 双回线异名相短路故障（MDE=9）	33
1.1.15 修改线路参数（MDE=12）	36
1.1.16 投入线路（MDE=13）	37
1.2 简化的故障操作模型（FLT）	38
1.2.1 三相短路故障（TYP=1）	38
1.2.2 单相瞬时性故障（TYP=2）	39
1.2.3 单相永久性故障（TYP=3）	40

1.2.4 三相短路单相拒动故障 (TYP=4)	42
1.2.5 母线短路故障跳所有出线 (TYP=5)	44
1.2.6 发电机快关 (TYP=11)	45
1.2.7 切负荷故障卡 (TYP=21\22\23)	47
1.2.8 计算短路电流 (TYP=31\32\33)	48
1.2.9* 计算潜供电流 (TYP=35\36\37)	49
1.2.10* 计算工频过电压 (TYP=41\42\43)	51
1.3 部分故障的填写方法说明	52
1.3.1 三相短路故障	52
1.3.2 母线短路跳所有出线	55
1.3.3 单相瞬时性短路故障	57
1.3.4 单相永久性短路故障	58
1.3.5 三相短路单相拒动故障	60
1.3.6 双回线异名相相间短路故障	63
1.3.7 切机切负荷操作	65
1.3.8 发电机快关操作	68
1.3.9 投入新线路和修改线路参数	68
1.3.10 发电机失磁	69
1.3.11 短路电流计算	70
1.3.12 计算潜供电流	72
1.3.13* 计算工频过电压	73
1.3.14 线路高抗处理方式对计算的影响	74
2 发电机模型	75
2.1 总的说明	75
2.2 发电机模型 (MC、MF)	78
2.3 发电机模型 (MG)	80
2.4 发电机次暂态参数模型 (M)	82
2.5 通用阻尼绕组模型 (CASE)	83
2.6 LN	84
2.7 发电机模型使用说明	85
3 励磁系统模型	87
3.1 1968年IEEE励磁系统模型命名法则 (E)	87
3.2 1968年IEEE励磁系统模型 (E)	88
3.2.1 连续、旋转直流励磁系统 (EA)	89
3.2.2 无刷旋转交流式励磁系统 (EB)	90
3.2.3 改进型无刷旋转交流式励磁系统 (EC)	91
3.2.4 复式励磁系统 (ED)	91
3.2.5 不连续调节变阻器式励磁系统 (EE)	92
3.2.6 无刷旋转交流励磁 (EF)	92
3.2.7 可控硅励磁系统 (EG)	93
3.2.8 大古力电站3#机型的励磁系统 (EJ)	93
3.2.9 交流励磁系统 (EK)	94
3.3 1981年IEEE励磁系统模型命名法则 (F)	94
3.4 1981年IEEE励磁系统模型 (F)	96

3.4.1 励磁系统模型 (F)	96
3.4.2 励磁系统模型继续卡 (FZ)	97
3.4.3 直流整流子励磁机励磁系统 (FA)	98
3.4.4 直流整流子励磁机励磁系统 (FB)	99
3.4.5 具有不可控整流器的交流发电机—整流励磁系统 (FC)	99
3.4.6 复合源整流励磁系统 (FD)	100
3.4.7 具有非连续作用调节器的直流整流子励磁机系统 (FE)	100
3.4.8 具有不可控整流器的交流发电机—整流励磁系统 (FF)	101
3.4.9 交流发电机可控整流励磁系统 (FG)	102
3.4.10 交流发电机整流励磁系统 (FH)	102
3.4.11 电势源—可控整流励磁系统 (FJ)	103
3.4.12 电势源—可控整流励磁系统 (FK)	104
3.4.13 复合源可控整流励磁系统 (FL)	104
3.4.14 发电机机端电压变送器和负载补偿器单元	105
3.4.15 励磁机饱和特性	105
3.4.16 励磁系统整流器调节特性	106
3.5 中国电机工程学会励磁工作组模型 (F型、子型M—V)	107
3.5.1 励磁系统模型 (F)	108
3.5.2 励磁系统模型继续卡 (F+)	109
3.5.3 励磁系统模型继续卡 (F#)	110
3.5.4 励磁系统模型框图 (FM~FV)	111
3.5.5 改进的励磁系统模型数据卡 (FM-FV、F+、F#)	114
3.5.6 改进的励磁系统模型框图 (FM~FV)	115
3.5.7 过励限制和低励限制卡 (EL、EL+)	118
3.5.8 发电机过励限制和保护说明	120
3.5.9 发电机低励限制和保护说明	122
3.6 励磁系统模型 (FX、FX+)	124
3.7* 励磁系统模型 (E*)	125
3.8 励磁参考信号周期波动 (FEX)	127
3.9 励磁模型内部变量输出 (OEX)	128
4 电力系统稳定器 (PSS) 模型	130
4.1 PSS模型 (SF、SP、SS、SG)	130
4.2 暂态稳定器 (ST)	131
4.3 PSS模型 (SH、SH+、模型1)	132
4.4 PSS模型 (SH、SH+、模型2)	134
4.5 PSS模型 (SI、SI+)	136
4.6 PSS模型 (SA)	139
4.7 PSS模型 (SB、SB+)	140
4.8* PSS模型 (SD)	142
5 调速器和原动机模型	143
5.1 调速器和原动机组合在一起的模型 (GG、GH)	143
5.1.1 水轮机和汽轮机通用模型 (GG)	143
5.1.2 水轮机调速器和原动机模型 (GH)	143
5.2 液压调速器模型 (GS、GL、GW)	147

5.2.1 汽轮机调速器模型1 (GS)	147
5.2.2 汽轮机调速器模型2 (GL)	148
5.2.2 水轮机调速器模型 (GW)	149
5.3 电调型调速器模型 (GA、GI\GI+、GJ、GK、GZ\GD)	150
5.3.1 电液伺服系统模型 (GA\GA+)	150
5.3.2 调节系统模型1 (GI\GI+)	152
5.3.3 调节系统模型2 (GJ\GJ+)	154
5.3.4 调节系统模型3 (GK)	155
5.3.5 调节系统模型4 (GM\GM+)	157
5.3.6 电调型(功率反馈)调速器模型 (GD\GZ)	159
5.4 原动机模型 (TA、TB、TC、TW)	161
5.4.1 无再热器汽轮机模型 (TA)	161
5.4.2 串联组合、单再热器汽轮机模型 (TB)	161
5.4.3 串联组合、双再热器汽轮机模型 (TC)	162
5.4.4 水轮机模型 (TW)	163
5.5 锅炉的主汽压力变化模型 (GX)	164
5.6 修改调速器参考信号 (IGV/IGV+)	165
5.7 发电机机械功率周期波动 (FGV)	167
5.8 输出部分调速器原动机模型内部变量 (OGV)	168
6 风电机组及其控制系统模型	173
6.1 固定转速风力发电机组模型	173
6.1.1 风电机组模型 (MW)	173
6.1.2* 风电机组双轴模型 (MW+)	175
6.1.3 风功率模型 (TG)	175
6.1.4 桨矩角控制系统模型 (GB)	177
6.2* GE风电机组模型	178
6.3 风速模型 (GV)	181
6.4 保护系统模型	183
6.4.1 低电压过电压保护 (RE)	183
6.4.2 转速保护 (RW)	184
6.4.3 机端低频高频保护 (RM)	184
6.5* 风电相关变量输出功能	184
6.5.1* 风电模型输出卡 (OMW)	184
6.5.2* GE风电模型输出卡 (OMX)	185
7 直流控制系统模型	187
7.1 原有的两端直流系统模型 (D、DT、DF、DS)	188
7.1.1 直流控制系统模型 (D)	189
7.1.2 两端直流系统简化模型 (DT)	191
7.1.3 两端直流换相失败模型 (DF)	193
7.1.4 小方式调制 (适用于整流侧、DS-1/2)	194
7.1.5 大方式调制 (适用于整流侧、DS-3/4)	195
7.1.6 双侧频率调制 (DS)	196
7.1.7 逆变侧熄弧角调制 (γ 调制、DS-5)	196
7.2 新的两端直流系统模型 (DM\DZ、DN\DZ、DS\D+)	197

7.2.1 直流控制系统模型 (DM)	198
7.2.2 直流控制系统模型 (DN)	201
7.2.3 频率限制模型 (DS-7)	206
7.2.4 双侧频率调制模型 (DS-8、D+)	207
7.2.5 双侧频率调制模型 (DS-81、D+)	209
7.2.6 有功功率调制模型 (DS-9、D+)	211
7.2.7 新两端直流模型输出相关的修改说明	213
7.3 多端直流系统模型 (D、DC、DV)	213
7.3.1 多端直流控制系统模型 (D)	213
7.3.2 多端直流详细的VDCL和方式改变模型 (DC)	214
7.3.3 多端直流电压控制模型 (DV)	215
8 电力电子设备模型	217
8.1 静止无功补偿器 (SVC)	217
8.1.1 控制系统模型 (V)	217
8.1.2 变量输出卡 (OVC)	218
8.2 静止无功发生器 (STATCOM)	219
8.2.1 控制系统模型 (VG\VG+)	219
8.2.2 简化的控制系统模型 (VG\VG+)	221
8.2.3 变量输出卡 (OVG)	222
8.3 静止无功补偿辅助信号输入数据 (W)	223
8.4 可控高抗 (SCR)	225
8.4.1 自动恒容量控制系统模型 (VR、VR+)	226
8.4.2 自动恒电压控制系统模型 (VR、VR+)	227
8.4.3* 电压离散控制系统模型 (VR)	228
8.4.4 开环控制系统模型 (VF)	229
8.4.5* 变量输出卡 (OVR)	230
8.4.6 使用说明	233
8.5* 短路电流限制器 (FCL)	234
8.5.1* 控制系统模型 (VA)	234
8.5.2* 变量输出卡 (OVA)	235
8.5.2* 使用说明	236
8.6 固定串补和可控串补模型	237
8.6.1 固定串补模型 (RZ-A)	239
8.6.2 可控串补 (TCSC) 模型 (RZ)	241
8.6.3 串补的填写方法说明	246
9 零序网络模型	248
9.1 变压器零序模型 (XO)	248
9.2 线路零序参数模型 (LO)	249
9.3 线路高抗零序参数模型 (LO+)	250
9.4 线路零序互感参数模型 (LM)	251
9.5 线路缺省零序参数模型 (LO-Z)	251
9.6 对地支路零序模型 (XR)	252
9.7 变压器和电抗器零序参数填法方法的说明	253
10 负荷模型	256

10.1 静态负荷模型 (LA、LB)	256
10.2 新静态负荷模型 (LA、LB、L+)	257
10.3 感应马达模型 (MI卡)	258
10.4 新的感应马达模型 (ML、MJ、MK)	262
10.5 考虑配电网支路的综合负荷模型 (LE)	264
10.6 负荷持续增长 (LI)	268
10.7 负荷持续周期波动 (LF/LFT)	269
11 控制保护模型	271
11.1 自动减负荷模型 (UV、UF、U+、UT)	271
11.1.1 自动减负荷输入数据 (按比例计)	271
11.1.2 自动减负荷继续卡 (U+、按比例计)	271
11.1.3 自动减负荷输入数据 (按MW计)	272
11.1.4 自动减负荷继续卡 (U+、按MW计)	273
11.1.5 新自动减负荷卡	273
11.1.6 新自动减负荷继续卡 (U+)	274
11.1.7 自动减负荷辅助控制数据卡 (UT)	275
11.2* 快速解列装置 (ALAM) 模型	277
11.3 电气制动	278
11.3.1 电气制动控制卡 (RB)	278
11.3.2 电气制动提早切除 (RC)	279
11.3.3 关于电气制动的说明	280
11.4 低压自动切除线路 (RA)	282
11.5 低压自动切除电抗器 (UL)	282
11.6 电容器、电抗器自动投切控制 (VC)	283
11.7 带负荷调压变压器控制 (LT)	284
11.8 低频负荷继电器CF-1 (RS)	285
11.9 发电机低频/高频保护 (RM、RM+)	287
11.10 低频线路断开保护 (RU)	288
11.11 串联电容间隙保护 (RG)	289
11.12 阻抗继电器 (失步闭锁继电器、RD)	290
11.13 省缺的距离继电器	291
11.13.1 继电器数据 (RL)	291
11.13.2 线路近似电阻电抗比数据 (RL-V)	291
11.13.3 绕过省缺距离继电器数据 (RLD)	292
11.13.4 关于省缺距离继电器的说明	292
11.14 功率摇摆继电器	294
11.14.1 功率摇摆继电器 (类型1、R1)	294
11.14.2 功率摇摆继电器模型 (类型2、R2)	296
11.14.3 功率摇摆继电器模型 (类型3、R3)	298
11.15 远方继电器操作数据 (RR)	299
11.16 发电机低电压过电压保护 (RE)	300
11.17* 发电机转速保护 (RW、RW+)	302
11.18 椭圆失步保护 (RX)	304
第四章 输出部分说明	307

1* 概述	307
2 输出开始卡（90）	308
3* 输出主控制卡（MH）	308
4 母线输出	309
4.1 母线输出控制卡（BH）	309
4.2 母线输出卡（B）	310
5 发电机输出	311
5.1 发电机输出控制卡（GH）	311
5.2 发电机输出控制继续卡（GHC）	311
5.3* 发电机输出卡（G）	312
5.4* 发电机输出卡（G+）	313
6 线路输出	314
6.1 线路输出控制卡（LH）	314
6.2 *线路输出卡（L）	315
6.3* 线路输出继续卡（LC）	315
7 直流输出	316
7.1 直流输出控制卡（DH）	316
7.2 直流输出卡（D）	316
8 串补输出	317
8.1 串补输出控制卡（RH）	317
8.2 串补输出卡（R）	317
9 曲线振荡频率和阻尼比的输出功能（PY）	318
10 最低暂态电压输出功能（OBV）	321
11 寻找机组最大功角差的功能（OGM）	323
12 寻找过载线路功能（OLT）	324
13 输出结束卡（99）	327
14 输出结果总结卡(SUBEGIN-SUEND系列卡)	327
参考文献	330
附 录	331
附录A DEBUG卡	331
附录B 4.10版本相对4.0版本的主要修改说明	332
附录C* 4.15版本相对4.10版本的主要修改说明	333
附录D 常见问题及部分修改说明	335
附录E* 程序使用的部分提示	338

前言

以PSD-BPA潮流及暂态稳定及人机界面程序为主的Windows 9X/NT/2000/XP版系统所电力系统分析软件包在电力系统规划设计、调度运行及教学科研部门得到了广泛应用。根据用户的意见和要求，过去几年及现在一直在不断地对有关程序进行不断完善、更新和改造，将来也将继续努力最大限度地满足用户的要求。

本手册是在原有程序用户手册《BPA暂态稳定程序用户手册（中国版4.10）》的基础上经修正、补充部分内容完成的。本手册对应的程序为中国版BPA暂态稳定程序（4.15版）。

与4.10版本相比，4.15版程序主要修改如下：

- (1) 增加了稳定参数文件指定数据卡PARA_FILE功能；
- (2) 计算工频过电压部分，增加了计算三相无故障断开的工频过电压；
- (3) 增加了可以指定任意励磁曲线的模型数据卡E*；
- (4) 增加了PSS模型SD；
- (5) 对原有的GE双馈风电机组模型进行了较大调整，增加了GE直驱类型的风电机组模型；
- (6) 增加了风电机组变量数据卡OMW卡和GE风电机组变量输出卡OMX卡。
- (7) 增加了可控高抗的电压离散控制系统模型VR卡及其输出卡；
- (8) 快速解列卡AL增加了一段、二段保护的功能；
- (9) 增加了按照分区输出指定输出发电机的功能；
- (10) 增加了计算过程中显示输出曲线的功能。

由于时间仓促，难免有误，欢迎指正。

地址：北京清河小营东路15号中国电力科学研究院系统所

邮编：100192

联系人：侯俊贤

电话：010-82813117 / 3118 - 103

微波：918713117 / 3118 - 103

传真：010-82412340

电子邮件：houjx@epri.sgcc.com.cn

第一章 程序简介

1 算法和模型

BPA稳定程序是用于分析电力系统在稳态下受到各种干扰时的系统动态行为之有力工具。

程序采用的基本解法是：所有微分方程线性化后用隐式梯形积分法求解；网络方程采用导纳阵三角分解后迭代求解。

下图是BPA程序总框图，稳定程序分成求解和输出两部分，求解部分生成两个求解文件，以保存求解过程中所有母线的输出信息和复故障计算信息。输出部分利用求解文件、潮流库文件及稳定输出文件进行输出。这种结构允许用户运行求解部分并保存求解文件，然后不用重新求解而能够任意地、有选择地进行输出。

BPA稳定程序是与BPA潮流程序结合起来运行的，图1为BPA程序总框图，说明了潮流程序与稳定程序间的联系。

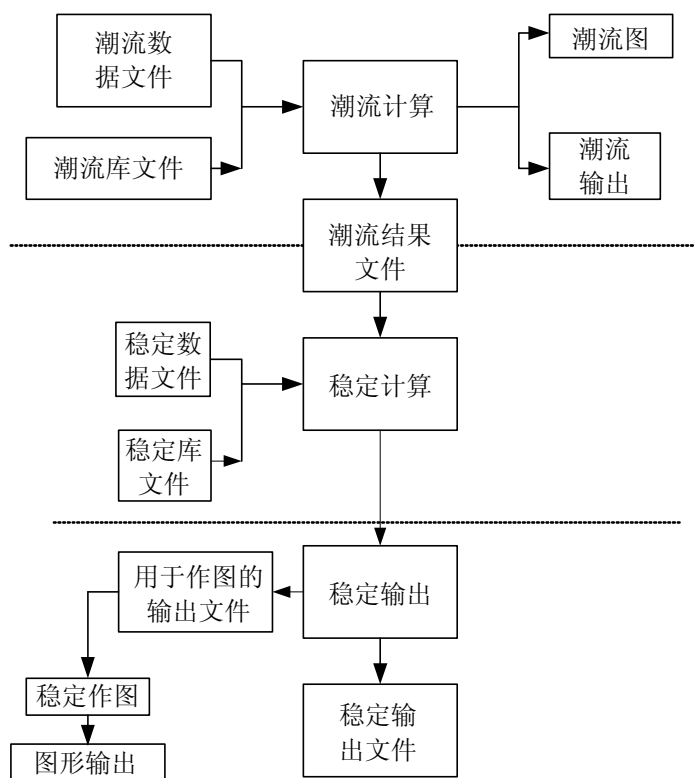


图1 BPA程序总框图

稳定程序运行变步长，在最后一次操作过后一定时间，可加大步长，以缩短计算时间。应该说明的是计算精度与步长的选取有关。在接近稳定极限时，建议采用小步长进行计算。

稳定程序包括以下模型：

(1) 发电机模型

- 负的负荷模型；
- 经典模型，即 E' 恒定模型；
- 计及原动机及负荷阻尼的经典模型；
- 计及磁场磁通变化及饱和作用的凸极机模型；
- 计及磁场磁通变化及饱和作用的隐极机模型；
- 在 q 轴上有二个铁芯回路、 d 轴上有一个铁芯回路的双轴模型。

(2) 励磁系统模型

- 20种IEEE提出的励磁系统模型[5][6]，包括IEEE1968、1981提出的励磁系统模型，其中有旋转直流电机励磁系统、无刷励磁系统、旋转交流励磁系统、有直流整流子励磁机的励磁系统、由交流发电机供电的整流励磁系统等；
- 10种中国电机工程学会励磁工作组提出的模型，包括旋转励磁系统、自并励励磁系统等；及这10种励磁模型的改进模型；
- 1种实测的励磁模型。

(3) 电力系统稳定器模型

- 以滑差、频率、电机加速功率、电磁功率作为调节信号的通用PSS模型；
- SH、SI、SA、SB、SD类型的PSS模型；
- 暂态稳定器模型ST。

(4) 调速器、原动机模型

- 调速器和原动机结合在一起的模型；
- 液压调速器模型，包括汽轮机液压调速器模型和水轮机调速器模型；
- 电液调节器模型；
- 汽轮机原动机模型和水轮机原动机模型，包括无再热器、串级复式单再热器、串级复式双再热器、交叉复式双再热器及水轮机模型等；
- 锅炉主汽压力变化模型。

(5) 风电机组及其控制系统模型

- 固定转速风电机组及其控制系统模型；
- GE双馈风电机组及其控制系统模型；
- GE直驱风电机组及其控制系统模型；

(6) 两端直流及其调节系统模型

- 可按定功率、定电流来调节；
- 逆变侧定电压控制及调制；
- 模拟了电压、电流相关控制；
- 模拟了电流余裕控制单元；

- 可考虑交流系统故障对直流系统的影响；
- 可考虑直流系统故障对交流系统的影响；
- 直流故障可模拟直流输电线短路、阀闭锁；
- 可模拟直流功率定值变动；
- 可模拟直流电流定值变动；
- 可模拟直流功率反转；
- 可模拟用以消除低频振动的小方式调制；
- 可模拟改善暂态稳定用的大方式调制及双侧、单侧频率调制；
- 可模拟直流快速增带负荷。

(7) 两端直流系统简化模型

简化模型可以考虑直流调制和余裕开关控制，但不能模拟直流功率反转和直流线路故障。

(8) 多端直流系统模型[9]

- 直流网络的精确模拟；
- 控制系统的详细模拟；
- 直流故障的模拟；
- 直流线路零电流跳闸的模拟；
- 直流换流器闭锁和再起动。

(9) 串补模型

- 固定串补模型，模拟MOV的影响、串补旁路、重投等；
- 可控串补模型，模拟了功率和电压控制部分、保护、MOV的影响、旁路和重投等，还模拟了串补的强补、晶闸管全导通等基本过程。

(10) 负荷模型

- 代数模型；
- 感应马达模型；
- 考虑配电网的综合负荷模型。

(11) 无功补偿设备控制系统模型

- 静止无功补偿器SVC模型；
- 静止无功发生器STATCOM模型；
- 辅助控制模型；
- 可控高抗控制模型。

(12) 各种稳定措施及其控制回路

包括切机、切负荷、电气制动及其控制回路、快关阀门等。

(13) 模拟了多种继电保护自动装置

在暂态稳定程序中考虑了继电保护自动装置，把暂态过程与自动装置结合起来，这对正确研究事故过程、自动装置整体配合的原则、自动装置的定值，甚至自动装置的特性都有一定价值。目前程序中已有：距离保护、阻抗继电器、失步继电器、发电机及线路的低周保护、低单元保护、串联电容间隙保护、功率摇摆继电器、低压切电抗器等。

(14) 故障操作模型

- 单相、两相、三相短路；
- 单相、两相、三相开关跳开；
- 电容器单相、两相击穿；
- 同杆并架双回线异名相短路故障；
- 线路中间任意一点短路故障；
- 上述故障组合成的多重故障；
- 发电机失磁；
- 投入线路操作。

2 卡片顺序

稳定数据中所有卡片应按照一定次序填写，否则程序可能会读入出现错误，一般情况下可按下列顺序填写：

CASE卡	（必须）
LS卡	（可选，有故障操作时用）
RZ卡	（无串补则无此卡）
M卡	（可选）
MC、MF、MG卡	（必须）
EA—EK、FA—FX卡	（不计调压器则无此卡）
SS、SF、SP、SG、SH、ST、SI卡	（不计PSS则无此卡）
GG、GH、GC、GS、GW、GI、GJ卡等	（不计调速器则无此卡）
TA—TF、TW卡	（不计原动机则无此卡）
MW、MX卡等	（无风电机组无此卡）
MI、MB、ML、MJ、MK卡	（无感应马达则无此卡）
V、VG、W卡	（无静补则无此卡）
XO卡	（无不对称故障则无此卡）
LO卡	（无不对称故障则无此卡）
LM卡	（无线路互感则无此卡）
XR卡	（无不对称故障则无此卡）

UF、UV、UD、UL卡	（无自动减负荷、切电抗器则无此卡）
VC卡	（无电容器、电抗器自动投切则无此卡）
TC卡	（无带负荷调压变压器控制卡则无此卡）
LI卡	（无负荷持续增长卡则无此卡）
LF卡	（无负荷持续波动卡则无此卡）
R卡	（无继电保护自动装置则无此卡）
D、DT、DF卡	（无直流则无此卡）
DC卡	（无多端直流则无此卡）
DV卡	（无多端直流则无此卡）
DS卡	（无直流调制则无此卡）
LN卡	（无直流及表示为负的负荷之发电机则无此卡）
LA、LB卡	（必须）
F1卡	（可选）
F0卡	（可选）
FF卡	（必须）
90卡	（必须）
MH卡	（必须）
BH卡	（无母线输出则无此卡）
B卡	（无母线输出则无此卡）
BV/BV+/BV-	（不输出最低暂态电压则无此卡）
GH卡	（无发电机输出则无此卡）
GHC卡	（可选）
G卡	（无发电机输出则无此卡）
LH卡	（无线路输出则无此卡）
L卡	（无线路输出则无此卡）
LC卡	（无线路输出则无此卡）
DH卡	（无直流输出则无此卡）
D卡	（无直流输出则无此卡）
RH卡	（无串补输出则无此卡）
R卡	（无串补输出则无此卡）
99卡	（必须）
OGM卡	（可选）
SU系列卡	（不输出稳定结果总结部分则无此部分数据卡）

说明：

1) CASE卡、FF卡、90卡、MH、99卡次序不可错。

2) 数据前半部分（从开始到FF卡为止）为稳定数据，后半部（90至99卡）为输出数据，两大部分次序不可错。

3) MC、MF、MG、EA、SS、GH、TA等发电机相关数据卡内部次序可交叉，即同一机组的电机、励磁、PSS、调速器、原动机卡放在一起。

4) 马达和静止无功补偿系统数据卡应紧邻发电机相关数据卡。

5) LS卡、LA、LB卡位置不可错。

6) AL、LI及LF卡可在计算控制卡（FF卡）之前任意放置。

7) 当程序打出错误信息：MISPLACED DATA CARD OR COLUMN 1% 2 NOT RECOGNIZED BY PROGRAM. 时，若卡片类型未填错，则应调整卡片顺序重新计算。

8) 稳定计算数据卡片应按一定的顺序排列，否则程序将给出信息并中止计算，常用卡片的排列顺序如下：

- CASE卡
- 计算工况注释卡
- LS故障操作卡
- 发电机卡（包括发电机调节系统及马达）
- 零序卡
- 直流卡
- 负荷特性卡
- FF计算控制卡
- 输出卡

上述几大类卡片顺序是固定的，应遵循。同类卡片内部可以任意放置，如发电机卡片类，可以按区域、按节点、按卡片类型等放置均可，零序卡片类也是如此，LO、XO、XR及LM等卡片可以集中也可以交叉放置卡片。

3 卡片注释

第一列如为“.”，则该行为“注释”行，该行内容不参加计算和输出，可用于数据修改的注释或备份。

4 稳定文件以及与潮流程序的联接

输入、输出相关文件

*.bse 潮流计算二进制结果文件

*.swi 稳定计算数据文件

BPA程序采用FORTRAN的输入格式，比较严格。在输入数据时，应根据数据卡中指定的格式并在指定的列中输入数据，否则程序读入数据后可能会出现错误。下面对数据卡格式说明作简要介绍：

如果输入字符串“ABCDEFGH”，格式为A8，并且要求在第10~17列输入，填写数据卡时应填为

0								1								2								3								4								5								6								7								8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
									A	B	C	D	E	F	G	H																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</

例如，要求输入字符串“ABCD”，格式为A8，输入列为10~17，如果采用下面几种方法填写的是不一样的。

[illegible]

0									1									2									3									4									5									6									7									8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
									A	B	C	D																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

[illegible]

对于节点名，程序对其进行了特殊处理，删除了前面的空格，因此所有节点名前的空格都是无效的字符。

例如：

[illegible][illegible][illegible][illegible]

(3) 浮点数：标识为“Fm.n”，其中的m为输入数据占有的最大列数，n为小数点后面的位数。

例如：

如果输入‘123456’，由于没有小数点，则程序缺省处理为1.23456；如果输入‘10’，程序读入后缺省处理，前面自动补零，小数点后截取5位，该数变成了0.00010。

如果填写的浮点数没有占满指定的列，如对于格式F6.5输入‘10.’空3列，则忽略空格，与(2)中对整数中空格的处理方法一致。

➤ 应按要求格式在指定列内规范化填写:

中国电力科学研究院系统所

1 注释卡 (C卡)

注释卡的目的是在用户计算结果文件、计算结束后浏览或输出曲线的上方打出对这个计算所加的注释。用户可以利用注释说明这是何工程、何运行方式、计算时间和日期等等。

3-80 为可填写注释内容。

[illegible]

列	说明
1—4	CASE, 卡的标记
6—15	PFCASE, 潮流方式名
17	INOPERSIST, 非零时, 计算完成后不显示曲线自动退出
21	IXO, 非零, 用于形成变压器零序数据卡 (为一个小功能)
22	DSW: 输出文件摇摆曲线显示开关, 0—不输出, 1—输出
23	IWSCC: IWSCC>0, 程序在自动减负荷卡中将采用新减负荷卡和按MW计之减负荷卡。否则采用普通按标么值计和按MW计之减负荷卡。
45—49	X2FAC: 不对称故障时发电机X2/X'd之比, 缺省值为0.65
50—54	XFACT: X"d/X'd之比, 当考虑阻尼绕组时才需填
55—59	TDODPS: 隐极机的T"do, 以秒计。典型值为0.03秒
60—64	TQODPS: 隐极机的T"qo, 以秒计。典型值为0.05秒
65—69	TDODPH: 凸极水轮机T"do, 以秒计。典型值为0.04秒
70—74	TQODPH: 凸极水轮机T"qo, 以秒计。典型值为0.3秒

本卡的作用：

- 1) 检查所用的潮流结果中的潮流方式名是否与稳定计算中所要求的潮流方式一致。

(PowerFOLW, CASEID=2DC, PROJECT=NORTH)

2DC即是潮流方式名。在稳定数据的CASE卡中之PFCASE（即潮流方式名）亦必须填2DC。只有此种情况下稳定计算可以正常开始（注意空格也是字符，应对齐）。

- 2) 本卡在须要详细模拟双轴阻尼绕组时可填入通用的阻尼绕组参数，此参数将会对每一个MF类型的发电机适用。

当F1卡第26列不为0时，无论是否填写了M卡都将强制系统所有的发电机（经典模型的发电机除外）按照本卡中填写的次暂态参数处理；否则，只有没有填写M卡的发电机的次暂态参数才按照本卡中的参数处理。

- 3) 在计算不对称故障时，发电机负序电抗及负荷负序导纳由本卡决定。**X2FAC**及**CFACL2**均为与正序量的比值，对所有负荷及发电机适用。如不填，则按照程序缺省值自动计算出其值。

$$X_2FAC=0.65$$
$$\text{CFACL}_2=0.36$$

- 4) 21列非零时, 本程序仅用于形成330kV及其以上电压等级变压器的零序数据卡, 并且假定高中压为Y0接线方式、低压绕组采用三角形接线方式, 不考虑接地阻抗。

3 计算控制卡 (FF卡)

[illegible]

列	说明
1—2	FF, 本卡为一计算控制卡, 决定计算开始、终止时间、步长、误差控制、模型选择等
5—7	T, 计算开始时间, 缺省值为0周 (一般不填)

9—11	DT, 计算步长, 缺省值为1周
13—17	ENDT, 计算终止时间, 缺省值为300周
19—21	DTC, 新的步长, 以周表示
23—25	ISTP, 填最后一次操作结束后经过若干步长后开始变步长, 决定开始改步长时刻
27—31	TOLI, 两次迭代间最大加速功率误差范围, 缺省值为0.01pu
33—35	ILIM, 网络方程与微分方程最大交替迭代次数, 缺省值为25
37—40	DELANG, 两次迭代间最大角度误差范围, 缺省值为0.1度
42—43	DTDV, 交流积分步长与直流积分步长之比, 缺省值为8
45—47	DMPMLT, 发电机阻尼因子, 缺省值为1.0
55—56	FRQBSE, 系统基准频率 (Hz), 缺省值为50Hz
58	LOVTEX, 为1时表示无低电压检查 (低于0.4pu), 否则进行检查
60	IMBLOK, 马达滑差达到1时的处理方法 = 0 程序退出运行 = 1 堵转 (缺省) = 2 切除 > 2 与填0相同, 程序退出运行
64	MFDEP, 用于指定发电机定子方程和摇摆方程与频率的关系 = 0 与频率无关 = 1 摇摆方程与定子方程都与频率有关 = 2 仅定子方程与频率有关 = 3 仅摇摆方程与频率有关 = 4 仅机械转距与频率有关
65	IGSLIM, 非零时, 所有调速器模型GS都采用外限幅
66	LSOLQIT, 为1时, 迭代不收敛停止计算
68	NOANGLIM, 大于0, 表示无最大角度限制, 否则, 当系统所有同步网中机组间的最大角度差超过500度, 稳定计算退出
70	INFBUS, 非零时, 所有发电机改为无穷大惯量电机
71	NOPP, 非零时, 所有发电机都不考虑次暂态参数
72	NODQ, 非零时, 所有发电机改为经典模型
73	NOSAT, 非零时, 所有的发电机不考虑饱和
74	NOGV, 非零时, 所有发电机不计调速器
75	IEQPC, 非零时, 所有发电机的磁链恒定, 即 $E_q' = C$
76	NOEX, 非零时, 所有发电机不计调压器
77	MFTOMG, 非零时, 所有的发电机卡MF卡都转换为MG卡

78	NOSC, 非零时, 不计所有的辅助信号
79	MGTOMF, 非零时, 所有的发电机卡MG卡都转换为MF卡
80	NOLOAD, 非零时, 所有负荷为恒定阻抗

说明:

1) 本程序时间单位为以周波计, 不是以秒计的。

2) DT, 计算步长, 缺省为1周波。本程序可以改变步长, 但不是自动改步长, 而是人为指定改步长, 需要修改改步长时应填写19-21的DTC和23-25列的ISTP。变步长开始时刻计算公式为:

$$ISTP = (\text{实际变步长开始时刻} - \text{最末一次操作时间}) / \text{步长} + 1$$

3) 步长的大小对计算结果有一定的影响, 特别是在功率极限附近时, 步长应尽量取得小一些, 则功率极限数值较为准确, 但是由于步长减小后计算步数增加, 累计误差可能会增加, 因此计算步长也不必太小, 一般取值0.5周波即可。而在离功率极限较远处, 则可以放大步长, 以节省计算时间。在含有马达负荷时, 或发电机采用详细模型时, 尽量采用较小的步长, 一般可采用0.5周波。

4) TOLI、ILIM、DELANG、DTDV、LSOLQIT这几项牵涉到解法控制, 一般可不填, 用缺省值即可。为了提高计算精度, 可以减小其中的TOLI和DELANG, 但是会降低计算速度。

5) INFBUS、NODQ、NOGV、IEQPC、NOEX、NOSC、NOLOAD这几项实际是在计算出错时, 为简化计算因素, 分析各环节特性的影响时用的。例如: 原来在数据中已有励磁系统(E卡), 在NOEX中填1, 则取消原励磁系统。这样可以用来分析是否励磁系统的影响。

6) 在程序中, 如计算时间未到结束时间, 但所有同步网中最大功角差已达500度, 程序将退出计算, 转入输出。如果继续计算, 应将NOANGLIM置为1, 才能计算到结束。

7) IMBLOK (60列) 可以填写马达滑差达到1的处理方式, 可以填写0、1或2, 缺省为1, 即堵转。如果马达卡中的第80列没有填写任何数值(包括0), 当滑差达到1时采用本卡中的处理方法。

8) DMPMLT: 阻尼因子。

在程序中发电机模型包括了表示阻尼转矩系数的常数D, 单位为: 负荷偏差%/频率偏差%。D因子包括在下列发电机摇摆方程中:

$$2H \frac{d\omega_r}{dt} + D\omega_r = P_m - P_e$$

程序的其它地方不再有模拟阻尼的因素, 如汽轮机模型的转矩阻尼、负荷频率特性产生的阻尼, 都将包含在这个因子中。

45-47列的DMPMLT可以用来修改阻尼因子D，此外计算控制卡F1卡的20-22列的DMPALL也可以用来修改阻尼因子D。当F1卡中的DMPALL为0时，所有常数D将自动乘以本卡45-47列阻尼乘子DMPMLT。因此可以通过改变DMPMLT的值（缺省值为1.0）修改所有发电机的组尼因子。

9) MFDEP（64列）可以用来指定发电机定子方程和摇摆方程与频率的关系。

发电机的定子电压方程为

$$V_q = (\omega_r / \omega_0) E_q'' - (\omega_r / \omega_0) X_d'' I_d - R_a I_q$$

$$V_d = (\omega_r / \omega_0) E_d'' + (\omega_r / \omega_0) X_q'' I_q - R_a I_d$$

其中 ω_r 为转子角频率， ω_0 为基准频率

摇摆方程为

$$2H \frac{d\omega_r}{dt} + D\omega_r = T_m - T_e$$

其中 $T_m = P_m / \omega_r$ 、 $T_e = P_e / \omega_r$

➤ MFDEP=0（缺省值），不计速度影响，假定 $\omega_r = \omega_0 = 1.0 \text{ p.u.}$

$$V_q = E_q'' - X_d'' I_d - R_a I_q$$

$$V_d = E_d'' + X_q'' I_q - R_a I_d$$

$$2H \frac{d\omega_r}{dt} + D\omega_r = P_m - P_e$$

➤ MFDEP=1，定子方程和摇摆方程都计及速度影响

$$V_q = (\omega_r / \omega_0) E_q'' - (\omega_r / \omega_0) X_d'' I_d - R_a I_q$$

$$V_d = (\omega_r / \omega_0) E_d'' + (\omega_r / \omega_0) X_q'' I_q - R_a I_d$$

$$2H \frac{d\omega_r}{dt} + D\omega_r = T_m - T_e$$

➤ MFDEP=2，定子方程计及速度影响

$$V_q = (\omega_r / \omega_0) E_q'' - (\omega_r / \omega_0) X_d'' I_d - R_a I_q$$

$$V_d = (\omega_r / \omega_0) E_d'' + (\omega_r / \omega_0) X_q'' I_q - R_a I_d$$

$$2H \frac{d\omega_r}{dt} + D\omega_r = P_m - P_e$$

➤ MFDEP=3，摇摆方程计及速度影响

$$V_q = E_q'' - X_d'' I_d - R_a I_q$$

$$V_d = E_d'' + X_q'' I_q - R_a I_d$$

$$2H \frac{d\omega_r}{dt} + D\omega_r = T_m - T_e$$

➤ MFDEP=4，仅摇摆方程的机械转距计及速度影响

- 26 IAMRTS，如果该值不为0，并且 CASE卡中的XFACT也不为0，无论发电机的次暂态参数是否已经用M卡指定，都要采用缺省的参数来计算发电机的次暂态参数。
- 28—31 VCHGL，格式为F4.3。如果负荷节点电压低于该值，则负荷将转换为恒阻抗负荷，缺省值为0.5pu。
- 33 SPTOSG，SP卡为以加速功率作为输入信号的PSS，而SG卡为以电磁功率为输入信号的PSS；如果该值不为0，则将稳定数据中所有的SP卡改为SG卡。
- 37—41 GSIQU，如果该值不为零，则数据文件中所有GH卡和GS卡的死区的大小都为该值。
- 51 VRLIM，FM\FO\FP\FQ\FR\FS\FT和FG型励磁模型的调压器限幅环节为外限幅，如果VRLIM不为0，则将其改为内限幅。

5 监视曲线控制卡（F0卡）

0									1									2									3									4									5									6									7									8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
F0				I						I	G									I	A																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												</

本卡用于稳定计算过程摇摆曲线的控制。此卡应置于FF卡之前。

说明：

- 1-2 F0，卡片类型
- 5 IG，稳定曲线显示选择。
=0，显示计算过程中的变化曲线(省缺值)；
=1，不显示曲线
- 8 IA，发电机最大相对角显示选择
IA=0 显示最大相对角(省缺值)；IA=1 不显示最大相对角
- 10-17 GEN-1，显示指定的两台发电机相对角时，发电机名 1
- 18-21 kV，基准电压 1
- 22 ID，电机识别码
- 24-31 GEN-2，显示指定的两台发电机相对角时，发电机名 2
- 32-35 kV，基准电压 2
- 36 ID，电机识别码
- 38-42 AMAX，相对角Y轴坐标的最大值(省缺值= 200)
- 43-47 AMIN，相对角Y轴坐标的最小值(省缺值=-200)
- 50 IV，母线电压显示选择

	=0，显示最低电压变化曲线(省缺值)；
	=1，显示最高电压变化曲线；
	=2，同时显示最高最低电压变化曲线；
	=3，不显示最高最低电压变化曲线；
52-59	BUS，指定显示电压变化曲线的母线名
60-63	kV，基准电压
66	IF，母线频率显示选择
	=0，显示最低频率变化曲线(省缺值)；
	=1，显示最高频率变化曲线；
	=2，同时显示最高最低频率变化曲线；
	=3，不显示最高最低频率变化曲线；
68-75	BUS，指定显示频率变化曲线的母线名；
76-80	kV，基准电压；

6* 稳定参数文件指定数据卡（**PARAM_FILE**卡）

稳定计算用参数可以都存放在一个独立的文件中，计算时的文件仅填写故障卡和输出卡，其中用PARAM_FILE指定稳定参数对应的数据文件。

具体格式如下：

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890
PARAM_FILE	稳定参数文件名称							
A9	A							

1-9	PARAM_FILE
11-80	稳定参数文件名称（必须包含后缀）

注意：

- 1) 稳定参数文件的格式与稳定数据文件（*.SWI）的格式完全一致，其中仅有CASE卡之后和计算控制卡FF卡之前的数据有效，其中的故障卡也无效。
- 2) 该控制语句必须放在稳定数据文件中CASE卡之前，其中11列以后用于填写稳定参数文件名称。
- 3) 该数据卡中的稳定参数文件必须包含后缀，路径省略时，缺省与稳定数据文件相同。
- 4) 包含有本数据卡的稳定数据文件中，在CASE卡和FF卡之间只能有故障卡，不能有其他的数据卡，如果有，可能会出错。

5) 程序处理的基本原理是：在读取该数据卡后，将稳定参数文件与稳定数据文件合并，建立一个临时文件，程序读取数据完毕后，再删除该文件。

6) 一般的填写方法是：稳定参数文件包含所有的稳定控制参数，稳定数据文件中在CASE卡和FF卡之间有故障卡，在FF卡之后有输出系列数据卡。程序计算时，稳定参数采用稳定参数文件中的数据，故障卡和输出采用稳定数据文件中的数据。

第三章 模型说明

1 故障操作模型

本程序可以模拟多种基本的故障类型，都可以填写基本的故障操作数据卡LS卡填写，其中36-37列填写故障卡类型代码，主要包括：

- =1，线路出口三相短路
- =2，母线三相短路
- =3，线路中间三相短路
- =4，切机、切负荷
- =5，直流操作及两端直流功率修改
- =6，多端直流操作
- =7，发电机机械功率阻尼
- =8，快速关闭汽门
- =9，复故障及触发暂态稳定器，冻结静补输出
- =10，失磁
- =11，励磁参考电压修改
- =12，线路参数修改
- =13，投入线路

在MDE=9的复故障数据卡中，在65-66列可以填写具体的故障类型，具体如下：

- =1，单相短路
- =2，两相短路
- =3，三相短路
- =4，两相对地短路
- =5，串联电容单相击穿
- =6，三相断线
- =7，单相断线
- =8，两相断线
- =9，串联电容两相击穿
- =11，异名相相间短路
- =12，异名相短路接地

采用基本故障操作模型LS可以组成多种故障形式，对于部分常用的故障形式，为了简化故障的填写，设定了FLT卡。FLT卡只需要填写必要的故障信息，可以自动形成指定的故障形式，在FLT卡中32-33列可以填写具体的故障形式代码，FLT卡可以填写故障形式如下：

- FLT卡可以与LS卡共同使用。LS卡和FLT卡的顺序可以任意设定，程序自动按照时间顺序排列。可以同时设置多种故障形式，并且不同形式的故障卡可以连用，例如可以填写多个1.1.1节中LS-1形式的三相短路故障，同时再填写1.1.8节中采用LS-9形式填写的复故障。

1) 同一条支路在同一个时刻不能同时存在多个故障形式，例如，一条支路同时存在单相断线，又同时存在线路三相断线；

1.1 基本故障模型说明 (LS)

1.1.1 三相短路及线路开断卡 (MDE=1、2、3)

列	说明
1—2	LS, 模型类型标识
4	SIGN, 填负值表示线路BUSA侧开关断开, 不填表示闭合
5—12	BUS A, 线路A侧母线名
13—16	B1, 电压基准 (kV)
18	SIGN, 填负值表示线路BUSB侧开关断开, 不填表示闭合
19—26	BUS B, 线路B侧母线名

27—30	B2, 电压基准 (kV)
32	PAR, 在有平行支路时的平行支路码
36—37	MDE, 故障类型代码, 正值表示故障发生, 负值表示故障消失 =1, BUS A线路开关后三相短路 =2, BUS A母线三相短路, 即线路断开后此故障不消失 =3, BUS A, BUS B之间线路上一点发生三相故障, 故障地点由 PERCNT 百分数确定
40—45	CYCLE, 发生故障时刻, 以周波计
46—51	Fault R、X, 短路阻抗 (pu, 金属性故障不用填)
58—63	PERCNT, 故障点到BUSA的距离占线路全长的百分数 (如线路中间故障, 填写50; MDE=3时有效)

注:

采用复故障数据卡中NDE=3和6可以实现与本数据卡完全相同的线路三相短路和断线的功能。

1.1.2 切机、切负荷操作 (MDE=4)

1										2										3										4										5										6										7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5

列	说明
1—2	LS, 模型类型标识
5—12	BUS, 母线名
13—16	B1, 母线电压等级 (kV)
17	ID, 发电机识别码
32	MOTOR, 填写字符M, 表示切除马达; 否则, 表示切除发电机
34	ILE, 如果要切除配电网支路的静态负荷, 填写LE卡对应的支路号
37	MDE = 4, 切机切负荷
40—45	CYCLE, 操作时间 (周波)
46—50	PP, 恒定有功功率负荷的改变量MW
51—55	QP, 恒定无功功率负荷的改变量Mvar
56—60	PC, 恒定电流负荷的改变量MW
61—65	QC, 恒定电流负荷的改变量Mvar
66—70	PZ, 恒定阻抗负荷的改变量MW
71—75	QZ, 恒定阻抗负荷的改变量Mvar
76—80	PG, 发电机有功功率减少量MW

注：

- 1) 切除静态负荷值需要填写PP、QP、PC、QC、PZ、QZ，需要与稳定数据文件中静态负荷特性数据卡LA\LB卡相配合。
- 2) 如果有功负荷大于0，切除对应的负荷时应填写负值，如果填写正值，表示增加负荷；如果无功负荷大于0（感性），切除对应的负荷时也应填写负值，如果填写正值，表示增加负荷。
- 3) 如果有功负荷小于0，切除对应的负荷时应填写正值，如果填写负值，表示增加负荷；如果无功负荷小于0（容性），切除对应的负荷时也应填写正值，如果填写负值，表示增加负荷。
- 4) 切除负荷时，对于恒功率和恒电流负荷，如果填写的切除量大于实际负荷值，程序会给出警告信息，并且只切除对应的全部负荷值，即此部分负荷变为0，不会过切；恒阻抗负荷除外。增加负荷时，没有上述限制也没有警告信息。
- 5) 76-80列填写的切除的功率值无论是正值还是负值，都表示切除发电机功率或马达功率，不能增加发电机或马达功率。
- 6) 当PG数值≥90000（76列填9，其余位置填0）时，该发电机全切。如果PG大于马达或发电机的最大功率，也切除整台发电机或马达。
- 7) 切除马达功率时，必须在32列填写字母M；切除发电机功率时，不能在32列填写M。
- 8) 对于考虑配电网支路的综合负荷模型，如果要切除配电网支路部分的静态负荷，必须在34列填写配电网支路的顺序号（LE卡）；切除与配电网支路相连的马达或发电机时不必填写。

1.1.3 两端直流故障操作（MDE=5、适用于 7.1 节原直流模型）

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																														
L	S	BUS A								B1	BUS B								B2	L I N E	M D E	CYCLE								FAULT R								DPORD								PERCNT																																	
A2		A8								F4.0	A8								F4.0	12	12	F6.0								F6.0								F6.0								F6.0																																	

列	说明
1—2	LS，模型类型标识
5—12	BUSA，直流线路前端名称
13—16	B1，前侧基准电压（kV）
19—26	BUSB，直流线路后端名称
27—30	B2，后侧基准电压（kV）
37	MDE=5，直流故障方式
32—33	LINE，直流故障类型，为负值时表示去除该故障

- 注:

1.1.4 两端直流故障操作 (MDE=5、适用于 7.2 节新直流模型)

列 说明

- 中国电力科学研究院系统所

	=8, 直流电流按指定值改变 (DPORD)
	=80, 直流电流按指定值改变 (DPORD), 另一极整流控制系统电压测量时间常数改变
40—45	CYCLE, 故障时刻 (周波)
52—57	DPORD, 直流功率定值改变量MW (LINE=7); 直流电流定值改变量kA (LINE=8)
67—74	单极闭锁后, 另一极整流侧换流变低压侧的母线名字 (仅适用于32-33列为40的情况) 单极闭锁后, 功率转出极DC侧交流母线名 (必须整流侧低压母线) (仅适用于32-33列为41的情况)
75—78	单极闭锁后, 另一极整流侧换流变低压侧的基准电压 (仅适用于32-33列为40的情况) 单极闭锁后, 功率转出极的DC侧交流母线的基准电压 (kV) (仅适用于32-33列为41的情况)

注:

1) 本节的直流故障模型仅适用于7.2节中新的直流系统模型, 7.1节的原直流系统模型故障必须采用1.1.3中的故障模拟;

2) 32-33列为4时, 表示直流闭锁故障, 与原直流模型的直流闭锁故障 (1.1.3节) 的功能完全相同;

3) 32-33列为40时, 表示直流闭锁故障, 与32-33列为4的差别为:

双极中一个极闭锁后, 另一极整流侧控制系统中的电压测量时间常改变为另一个值, 正常时, 电压测量时间常数是 T_{vp} , 获得转移功率后改为 $T_{vpSmall}$, 见7.2.1节和7.2.2节的DN、DM和DZ卡。

填写该故障时, 需要在67-79列填写另一极整流侧换流变低压侧的母线名字和基准电压。

4) 32-33列为41时, 表示直流闭锁故障, 与32-33列为4和40的差别为:

对于正常双极运行的直流系统, 当其中一极发生单极闭锁时, 闭锁极可以将全部功率迅速转移到正常极上, 即极间功率转移 (PPT), 以最大限度保证系统的输电功率水平。功率转移的同时, 正常运行极的整流侧控制系统中的直流电压测量时间常数改变为另一个数值。正常时, 电压测量时间常数是 T_{vp} , 获得转移功率后改为 $T_{vpSmall}$, 见7.2.2节的DN和DZ卡。

为了确保交流和直流系统运行的安全稳定, 接受功率转移的正常极对其直流电流的控制过程是根据电流定值的最大值限制功能要求进行的, 控制过程简述如下:

如果直流电流超过系统短期过负荷能力 ($I_d > I_{ov1}$), 则根据过负荷量来确定容许的过负荷时间。过负荷量与容许过负荷时间呈反时限关系, 过负荷量越大, 容许过负

5) 32-33列为7时,表示直流功率按照指定值改变,和原直流模型相同。

对于DN型控制系统（详见7.2.2节），虽然功率定值是突变的，但是在电流定值的计算过程中，考虑了系统的暂时和短期过负荷能力，其最大值不大于暂时或短期过负荷电流限制（ I_{\max} 和 I_{ov} ）。

7) 32-33列为8时,表示直流电流率按照指定值改变,和原直流模型相同。

8) 32-33列为80时，表示直流电流率按照指定值改变，同时修改整流侧控制系统中的电压测量时间常数值为另一个数值的功能。正常时，电压测量时间常数是 T_{vp} ，闭锁后改为 $T_{vpSmall}$ ，见7.2.1节和7.2.2节的DN、DM模型。

[illegible]

中国电力科学研究院系统所

- = 2，故障为直流支路上自BUS A起占比例PERCNT%
- = 3，母线BUS A的整流器全部阻断
- = 4，阻断母线BUS A指定的整流器
- = 5，开断或重合直流线路（BUS A—BUS B）
- # = 6 BUS A某阀的电流指定值改变
- # = 7 BUS A某阀的功率指定值改变
- 37 MDE=6（一定如此）
- 40—45 CYCLE，操作的发生时刻（周）
- 46—51 BLOCK ANGLE，对IOPT=3、4的阻断角（度），省缺值为135度
- 52—57 DPIORD，对IOPT=6，电流指定值改变，按kA计。负值时，按电流指定值减值。53列为9时，表示百分之百的电流指定值改变。IOPT=7，功率指定值改变，按MW计，其余同上。
- 58—63 PERCNT，自BUS A算起的线路总长的百分数，IOPT=2时，必须0≤PERCNT≤100
- ## 64—75 ARDC、ELDC，开断后重合时的直流线路电阻（Ω）和电感（mH）。为零时，用原线路数据。

注：

- * 当IOPT=1、3、4、6和7时，此处忽略。
- ** 当IOPT=5、6、7，此处可忽略，打开一支路时，4列和18列应为负号。

DPIORD是累积处理的，而不是每一时刻均初始化。

此处不允许有逆变侧电流余裕控制。阀的控制模式（电流/功率顺序控制）必须与动作类型匹配。

此特性可模拟引入一条新的直流支路。潮流中，BUS A和BUS B之间的支路取很大的R和L值，在稳定研究中，此支路在一定的时刻开断并以合适的数据重合。

1.1.6 发电机直流分量阻尼（故障阻尼）（MDE=7）

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
L	S																																						
A2																																							

- 列 说明
- 1—2 LS，模型类型标识
- 5—12 BUS A，发电机母线名
- 13—16 B1，发电机基准电压（kV）
- 17 ID，发电机识别码

1—2	LS, 模型类型标识
5—12	BUSA, 母线名
13—16	B1, 母线电压等级 (kV)
17	ID, 发电机识别码
37	MDE=8, 表示发电机快关
40—45	CYCLE, 快关动作发生时刻 (周波)
46—50	PWR1, 第一关节点功率, 以潮流功率百分值表示
51—55	SEC1, 第一关节点时间 (秒)
56—60	PWR2, 第二关节点功率
61—65	SEC2, 第二关节点时间 (秒)

注:

1) 快关气门广泛用于火电机组, 利用快速瞬时关小气门减小原动机出力来改善系统稳定性。一般不用于水轮发电机, 水轮发电机常用切机措施。水轮机调速器时间常数一般要比汽轮发电机大很多。

2) 在采用快关特性时, 调速器卡自动失效。

3) 一次计算中最多可用10个快关阀门, 对双轴发电机, 要用两张快关卡。

4) 注意卡中CYCLE一栏填的是系统操作时间, 是以周波计算的。这里具体填快关的操作时间。而SEC1、SEC2填的是快关特性的关节点时间, 以秒计, 应注意这两个时间的配合。

5) 程序有快开、连续快关、连续快开特性。对连续快开、快关, 均只需一张卡即可, 特性即自行延长。

6) 该卡中两个关节点的数值仅用来计算发电机机械功率的变化速率, 公式为

$$\text{变化速率} = \frac{\text{第二关节点功率} - \text{第一关节点功率}}{\text{第二关节点时间} - \text{第一关节点时间}}$$

因此两个关节点的时间不能相同, 并且都需要填写。

计算出的变化速率可以为正值也可以为负值, 负值表示减少发电机的机械功率。

该卡表示从40-45列的时间开始按照上述计算的速率修改发电机机械功率。

每一张卡代表一条斜线, 在后面时刻的数据卡开始动作之前, 前一张数据卡的特性自动延长。如果发电机机械功率的变化是一条折线, 每一段直线都需要填写一个快关数据卡。

7) 实例1:

发电机“发电机2 18.”的一张快关卡如下:

LS 发电机2 18. 8 5. 100.0.1 0.0.6

针对该故障卡的几点说明如下:

- 该卡表示该发电机从5周波开始进行快关操作，快关的速度为“-200%/秒”，即经过25个周波发电机的机械功率变为0。
- 在没有遇到下一张本发电机的快关卡之前，持续修改发电机机械功率，即使该发电机的机械功率已经变为负值，仍继续修改。
- 该卡中的两个关节点数值仅用来计算变化速率，因此只要保持计算出来的速率不变，任意改变两个关节点的数值对计算结果没有影响。
- 当该发电机的机械功率降低到一定数值希望发电机的变化速率改变，需要填写另外一张快关卡。例如当机械功率为40%时，停止快关，则应填写下面的数据卡：

LS 发电机2 18. 8 20. 40. 0.1 40. 0.2

8) 实例2:

假设发电机“发电机2 18.”在5周波开始快关，经过0.3秒降低到40%，然后停止快关持续时间0.5秒，然后快开，经过0.3秒恢复到初值水平。此时需要填写快关卡如下：

LS 发电机2 18. 8 5. 100. 0.1 40. 0.4
LS 发电机2 18. 8 20. 40. 0.4 40. 0.9
LS 发电机2 18. 8 45. 40. 0.9 100. 1.2
LS 发电机2 18. 8 60. 100. 1.2 100. 1.3

1.1.8 复故障操作（MDE=9）

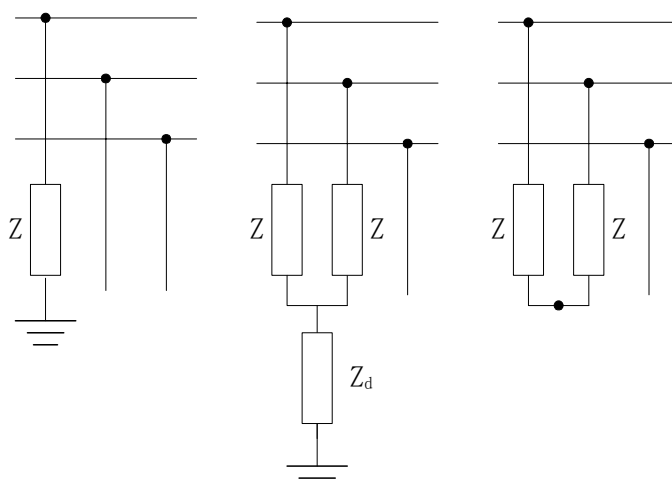
1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
L S		BUS A								B1		BUS B								B2		P A R				M D E		CYCLE								FAULT R		FAULT X										NDE		P H A		S I D		FAULT R _d								FAULT X _d																	
A2		A8								F4.0		A8								F4.0		A1				I2		F6.0								F6.0		F6.0										I2		I1		I1		F5.3								F5.3																	

列	说明
1—2	LS，模型类型标识
5—12	BUS A，线路前侧节点名称
13—16	B1，线路前侧节点基准电压（kV）
19—26	BUS B，线路后侧节点名称
27—30	B2，线路后侧节点基准电压（kV）
32	PAR，平行码
36—37	MDE=9，表示复故障发生； =-9，表示复故障消失
40—45	CYCLE，故障时刻（周）
46—51	FAULT R，非金属性短路的故障电阻（pu）
52—57	FAULT X，非金属性短路的故障电阻（pu）
58—63	PERCT，故障点距离前侧节点距离占线路全长的百分比
65—66	NDE，故障形式

- =1, 单相短路
 =2, 两相短路
 =3, 三相短路
 =4, 两相对地短路
 =5, 串联电容单相击穿
 =6, 三相断线
 =7, 单相断线
 =8, 两相断线
 =9, 串联电容两相击穿
- 68 PHA, 故障相
- =1, A相故障, 或三相对称故障（短路、断线）
 =2, B相故障
 =3, C相故障
 =4, BC相故障（或1）
 =5, AC相故障（或2）
 =6, AB相故障（或3）
- 70 SID, 短路故障侧
- =1, 故障发生在BUS A侧
 =2, 故障发生在BUS B侧
 =3, 故障发生在BUS A侧和BUS B侧（仅用于断线故障）
- 71—75 FAULT Rd, 非金属两相对地短路的故障电阻（pu）
- 76—80 FAULT Xd, 非金属两相对地短路的故障电抗（pu）

注：

1) 单相短路、两相短路、两相接地短路故障示意图如下图所示：



- 2) 对系统中反复发生的故障次数无限制，即一处可以先发生某种故障而后故障消失，过一段又出现故障等。但是应避免同一线路上同时存在几种故障形式。
- 3) MDE=9、NDE=3为三相短路故障，此时PHA即相序不起作用，此时通常填为1。
- 4) MDE=9、NDE=6为三相断开故障，此时PHA不起作用，此时无故障特殊相且故障是在BUS A与BUS B之间，此时通常填PHA=1即可；故障侧代码SID需要指定线路哪一侧断开，1表示前侧断开，2表示后侧断开，3表示两侧都断开。
- 5) MDE=9、NDE=5、9串联电容单相、两相击穿情况，SID不起作用，通常填作1。
- 6) MDE=9、NDE=7、8为单相、两相断开情况，故障侧代码SID需要指定线路哪一侧断开，1表示前侧断开，2表示后侧断开，3表示两侧都断开。
- 7) 模拟线路中间的任何一点短路故障，需要在58-63列填写故障点距离前侧节点的位置百分比，此时70列的故障侧无效。

1.1.9 暂态稳定器手动跳闸卡（MDE=9）

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
L	S	BUS								B1	ID									C D E		M D E		CYCLE																																																							
A2		A8								F4.0	A1									A1		I1		F6.0																																																							

- 列 说明
- 1—2 LS，模型类型标识
- 5—12 BUS，发电机母线名
- 13—16 B1，基准电压（kV）
- 17 ID，发电机识别码
- 33 CDE，空格或零
- 37 MDE，必须为“9”
- 40—45 CYCLE，触发暂态稳定器的时刻（周波）

1.1.10 静补输出冻结卡（MDE=9）

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
L	S	BUS								B1	ID									C D E		M D E		CYCLE																																																							
A2		A8								F4.0	A1									A1		I1		F6.0																																																							

- 列 说明
- 1—2 LS，模型类型标识
- 5—12 BUS，静补母线名

- 13—16
- B1，基准电压（kV）
- 17
- ID，静补识别码
- 33
- CDE，必须为“1”
- 37
- MDE，必须为“9”
- 40—45
- CYCLE，冻结静补输出的时刻（周波）

1.1.11 失磁卡（MDE=10）

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
L S		BUS A								B1		ID									M D E	CYCLE									S C I D	Crest								T																																							
A2		A8								F4.0		A1									I2	F6.0									I1	F5.0								F5.0																																							

- 列
- 说明
- 1—2
- LS，模型类型标识
- 5—12
- BUS A，失磁发电机所在母线名
- 13—16
- B1，BUS A的基准电压
- 17
- ID，发电机识别码
- 36—37
- MDE，故障操作卡类型，对发电机失磁计算必须填10
- 40—45
- CYCLE，发电机失磁时刻（周）
- 50
- SCID，失磁故障类型
-
- SCID=1，发电机励磁绕组直接短路损失
-
- SCID=2，发电机励磁绕组经灭磁电阻短路失磁
-
- SCID=3，发电机励磁绕组开路失磁
-
- SCID=4，发电机部分失磁
-
- SCID=5，恢复励磁
- 51—55
- CREST，失磁发电机剩磁系数，剩磁所产生的电势 $E_{rest}=Crest \times E_{fd0}$
- 56-60
- T，励磁回路的时间常数（秒）
-
- 对SCID=1、4、5，填发电机正常情况的T'do，即发电机原始数据
-
- 对SCID=2，填计及灭磁电阻后的励磁回路时间常数
-
- 对SCID=3，填一个很小的值，如T'do的千分之一

1.1.12 两端直流功率修改卡（MDE=5）

1								2								3								4								5								6								7								8																															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																												
L S		BUS A								B 1		BUS B								B 2		L I N E	M D E	CYCLE								FAULT R								DPORD								PERCNT								P _{END} I _{END}								P _{START} I _{START}								T _{END}															
A2		A8								F4.0		A8								F4.0		I2	I2	F6.0								F6.0								F6.0								F6.0								F6.0								F6.0								F6.0								F5.0							

- 列
- 说明

1—2	LS, 模型类型标识
5—12	BUS A, 前侧节点名称
13—16	B1, 前侧节点基准电压 (kV)
19—26	BUS B, 后侧节点名称
27—30	B2, 后侧节点基准电压 (kV)
32—33	LINE, 直流故障类型 =9, 直流功率或电流修改 =90, 直流功率或电流修改, 整流侧控制系统电压测量环节时间常数改变 (仅适用于7.2节新直流系统模型)
37	MDE =5, 直流故障方式
40—45	CYCLE, 开始改变直流功率的时刻 (周波)
64—69	P _{START} , 直流系统定功率控制方式下, 直流功率变化斜线中开始点对应的功率 (MW); I _{START} , 直流系统定电流控制方式下, 直流电流变化斜线中开始点对应的电流 (kA)
70—75	P _{END} , 直流系统定功率控制方式下, 直流功率变化斜线中结束点对应的功率 (MW) I _{END} , 直流系统定电流控制方式下, 直流电流变化斜线中结束点对应的电流 (kA)
76—80	T _{END} , 直流功率 (电流) 改变结束的时刻 (周波)

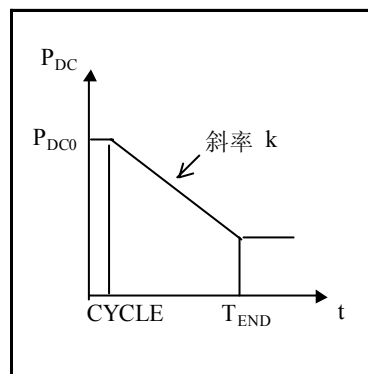
注:

1) 该模型模拟直流功率或电流按照指定曲线变化, 功率变化与定功率控制对应, 电流变化与定电流控制对应。

直流功率或电流的变化如下:

$$P_{DC} = P_{DC0} + k \times t$$

$$k = \frac{P_{END} - P_{START}}{T_{END} - CYCLE}$$



可以采用多张卡来控制直流功率或电流的连续变化;

2) 32-33列为9时, 表示直流功率或电流定值按指定曲线变化;

该模型同时适用于7.1节的原来的直流模型和7.2节的新的直流模型;

需要说明的是，使用该卡后，DN型控制系统整流侧电流定值的最大值Iordmax控制是不起作用的，Iordmax一直等于暂时过电流限制Imax。

3) 32-33列为90时，除了表示直流功率或电流定值按指定曲线变化之外，还具有修改整流侧控制系统中的电压测量时间常数值为另一个数值的功能；正常时，电压测量时间常数是Tvp，闭锁后改为TvpSmall，见7.2.1节和7.2.2节的DN、DM和DZ模型；

该模型仅适用于7.2节的新的直流模型；

需要说明的是，使用该卡后，DN型控制系统整流侧电流定值的最大值Iordmax控制是不起作用的，Iordmax一直等于暂时过电流限制Imax。

1.1.13 励磁参考电压修改卡（MDE=11）

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
L S		BUS A								B 1		ID										M D E		CYCLE								VREF1		SEC 1		VREF2		SEC 2																																									
A2		A8								F4.0		A1										I2		F6.0								F5.0		F5.0		F5.0		F5.0																																									

- 列
- 说明
- 1—2LS，模型类型标识
- 4—15母线名及电压等级
- 17ID，电机识别码
- 36—37MDE=11，表示修改励磁参考电压
- 40—45CYCLE，励磁参考电压修改发生时刻（周波）
- 46—50VREF 1，第一关节点值，以初值的百分数表示
- 51—55SEC 1，第一关节点时间（秒）
- 56—60VREF 2，第二关节点值，以初值的百分数表示
- 61—65SEC 2，第二关节点时间（秒）

说明：

- 1) 励磁参考电压修改主要用于发电机进相运行研究；
- 2) 一次计算最多可用10张励磁参考电压修改卡；
- 3) 其它注意事项和快关阀门卡一样；
- 4) 该卡的使用方法说明可以参考快关的说明，两者使用方法相同。

1.1.14 双回线异名相短路故障（MDE=9）

本故障需要同时填写LS和LS+卡。

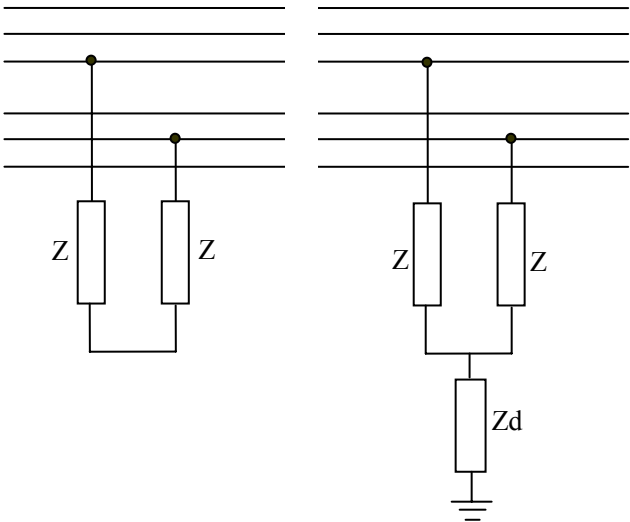
[illegible]

中国电力科学研究院系统所

27-30	BASE2, 后侧节点基准电压 (kV)
32	ID, 平行码
36-37	MDE = 9, 表示故障发生 =-9, 表示故障消失
40-47	NAME11, 另外一条线路的前侧节点名称
48-51	BASE11, 另外一条线路的前侧节点基准电压 (kV)
53-60	NAME21, 另外一条线路的后侧节点名称
61-64	BASE21, 另外一条线路的后侧节点基准电压 (kV)
66	ID, 另外一条线路的平行码
68	PHA, 故障相, =1, A相故障; =2, B相故障; =3, C相故障

注:

1) 异名相短路故障和异名相短路接地故障示意图如下图所示:



2) 填写本故障形式, 必须同时填写LS卡和LS+卡, LS卡填写主要的故障信息, 如故障时间、故障位置、故障形式等, 同时必须在68列填写5-32列线路的故障相; LS+卡用于填写短路对应的另外一条线路的信息, 在40-66列填写, 以及填写40-66列所指线路的故障相, 在68列填写;

3) LS卡和LS+卡中的36-37列必须都同时填写9或-9, 9表示故障发生, -9表示故障消失; 对于故障消失, 也必须同时填写LS卡和LS+卡, 除了36-39列为-9外, 其它位置的数据应与故障发生对应的LS和LS+卡相同。

4) 例如: 如果线路 “N11 230. S11 230.” 的A相与线路 “N12 230. S12 230.” 的B相短路,

故障发生卡应该填写:

LS	N11	230.	S11	230.	9	0.0				11	1	1
LS+	N11	230.	S11	230.	9	N12	230.	S12	230.		2	

LS	N11	230.	S11	230.	-9	5.			11	1	1
LS+	N11	230.	S11	230.	-9	N12	230.	S12	230.	2	

0										1										2										3										4										5										6										7										8																																																																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																		
FLT										NAME1										BASE1										NAME2										BASE2										ID										MDP										CYCLE										R12										X12										G1										B1										G2										B2										ITLG									
A3										A8										F4.0										A8										F4.0										A1										I2										F6.0										F6.0										F6.0										F5.0										F6.0										F5.0										F6.0										I1									

列	说明
1-2	LS, 模型类型标识
5-12	NAME1, 前侧节点名称
13-16	BASE1, 前侧节点基准电压 (kV)
19-26	NAME2, 后侧节点名称
27-30	BASE2, 后侧节点基准电压 (kV)
32	ID, 平行码
36-37	MDE=12, 表示修改线路参数
40-45	CYCLE, 修改线路参数对应的时刻 (周波)
46-51	R12, 修改后的线路电阻 (pu)
52-57	X12, 修改后的线路电抗 (pu)
58-62	G1, 修改后的线路前侧节点对地电导 (pu)
63-68	B1, 修改后的线路前侧节点对地电纳 (pu)
69-73	G2, 修改后的线路后侧节点对地电导 (pu)
74-79	B2, 修改后的线路后侧节点对地电纳 (pu)
80	IFLG, 参数类型代码, = 0, 表示是线路的零序参数 = 1或空格, 表示是线路的正序参数 (负序与正序相同)

1) 该卡用来模拟线路参数变化对系统的影响, 在填写该数据卡, 其中的支路不允许有任何故障和操作;

中国电力科学研究院系统所

[illegible]

列	说明
1-2	LS, 模型类型标识
5-12	NAME1, 前侧节点名称
13-16	BASE1, 前侧节点基准电压 (kV)
19-26	NAME2, 后侧节点名称
27-30	BASE2, 后侧节点基准电压 (kV)
32	ID, 平行码
36-37	MDE=13, 表示投入线路
40-45	CYCLE, 投入线路对应的时刻 (周波)
46-51	R12, 投入支路的电阻 (pu)
52-57	X12, 投入支路的电抗 (pu)
58-62	G1, 投入支路前侧节点对地电导 (pu)
63-68	B1, 投入支路前侧节点对地电纳 (pu)
69-73	G2, 投入支路节点对地电导 (pu)
74-79	B2, 投入支路节点对地电纳 (pu)
80	IFLG, 参数类型代码, =0, 表示前面是投入支路的零序参数 =1或空格, 表示前面是投入支路的正序参数 (负序与正序相同)

注：

1) 该卡用来模拟投入一条支路对系统的影响，该卡中的支路必须是潮流数据中不存在的支路，但是两侧节点名称和基准电压必须在潮流中存在；一条支路只能进行一次投入操作，并且不能有其他故障和操作；

2) 投入支路的正序、负序和零序参数，在80列区分，如果填写0，则表示填写的是零序参数；如果不填写或者填写1，表示是正序和负序参数，正序和负序参数采用相同的值；80列不能填写其他数字。同时指定线路的正序、负序、零序参数，需要填写两张数据卡。

1.2 简化的故障操作模型（FLT）

FLT卡是部分常用故障形式和功能的简化填写方法，目的是为了简化故障卡的填写。程序在处理时，将部分FLT卡转换为LS卡再处理，转换的LS卡输出到OUT文件中。

1.2.1 三相短路故障（TYP=1）

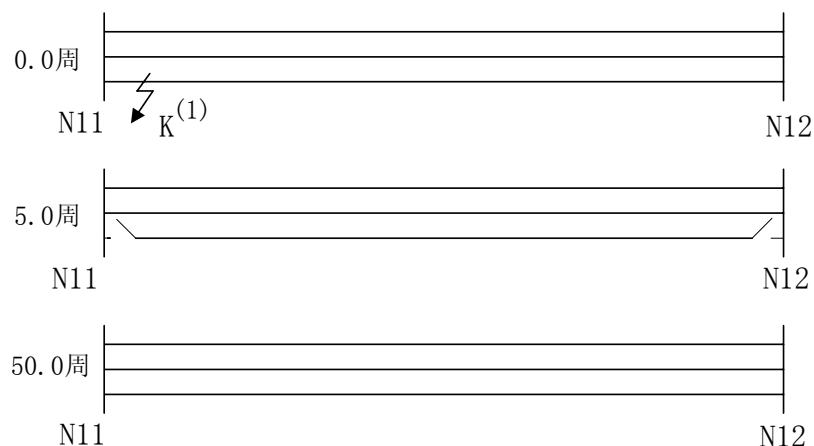
0									1									2									3									4									5									6									7									8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
FLT			NAME1			BASE1			NAME2			BASE2			ID	TYPE	SIDE			TCYC0			TCYC1			TCYC2			PERCENT	FAULT_R			FAULT_X																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

列	说明
1—3	FLT，模型类型标识
5—12	NAME1，前侧节点名称
13—16	BASE1，前侧节点基准电压（kV）
18—25	NAME2，后侧节点名称
26—29	BASE2，后侧节点基准电压（kV）
30	ID，回路号
32—33	FLT_TYPE = 1，故障类型代码
37	SIDE，故障侧，1表示前侧，2表示后侧
39—42	TCYC0，故障发生时间（周波）
43—46	TCYC1，从故障发生到故障相前侧断开的時間间隔（周波）
47—50	TCYC2，从故障发生到故障相后侧断开的時間间隔（周波）
51—52	PERCENT，故障点距离前侧节点的百分比
53—57	FAULT R，接地电阻（pu）
58—62	FAULT X，接地电抗（pu）

注：

- 1) 该卡用来模拟一条支路三相短路、然后两侧三相断开的常用故障形式，必须在32-33列填写1；
- 2) 该卡中39-42列填写三相短路发生的时刻，43-50列填写两侧三相断开的時間，該时间为相对于39-42列的时间差，必须大于0；两侧断开的時間可以不同，用来模拟两侧不同时跳的故障形式；如果某个断开時間不填写，缺省等于另外一侧的断开時間，两侧的断开時間不能都为0。

1) 本卡用来模拟线路单相瞬时性故障，即线路某一相首先单相短路、然后单相断开、经过一段时间后重合闸重合成功，如下图：



- 2) 故障相在37填写，1、2、3分别代表A、B、C相，缺省为A相故障；
- 3) 43-46填写单相短路故障发生的时间，43-50列填写从故障发生到故障相两侧断开的時間间隔，63-70列填写从短路故障发生到重合闸重合的时间间隔；
- 4) 模拟线路中间单相短路故障，可以在51-52列填写故障点与前侧节点的长度占整个线路长度的百分比；例如，如果距离前侧40%位置三相短路，应该填写40。此处填写百分比后，37列的故障侧将无效。

单相瞬时性故障，采用LS卡填写的形式如下：

LS	N11	230.	N12	230.	9	0.0	1	1	1
LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0	7	1	3
LS	N11	230.	N12	230.	-9	5.0	1	1	1
LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0	7	1	3

FLT N11 230. N12 230. 2 1 1 0. 5. 5. 50. 50.

1.2.3 单相永久性故障 (TYP=3)

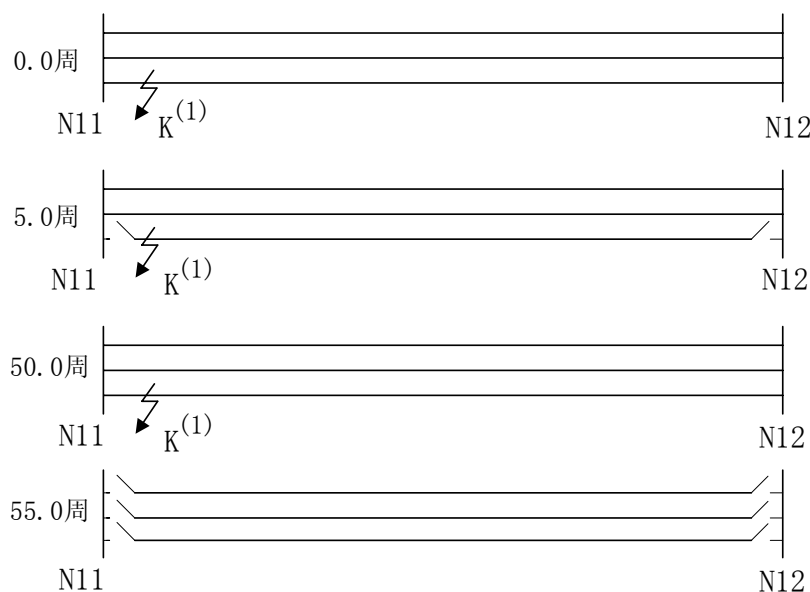
0		1								2								3								4								5								6								7								8	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6		
FLT		NAME1								BASE1		NAME2								BASE2		ID	TYPE	PHASE	SIDE	TCYC0		TCYC1	TCYC2	PERCENT	FAULT_R		FAULT_X		TCYC11	TCYC21	TCYC12	TCYC22																					
A3		A8								F4.0		A8								F4.0		A1	I2	I1	I1	F4.0		F4.0	F4.0	F2.0	F5.0		F5.0		F4.0	F4.0	F4.0	F4.0																					

列 说明

1—3	FLT, 模型类型标识
5—12	NAME1, 前侧节点名称
13—16	BASE1, 前侧节点基准电压 (kV)
18—25	NAME2, 后侧节点名称
26—29	BASE2, 后侧节点基准电压 (kV)
30	ID, 回路号
32—33	FLT_TYPE = 3, 故障类型代码
35	FHASE, 故障相代码, 1-A相、2-B相、3-C相
37	SIDE, 故障侧, 1表示前侧, 2表示后侧
39—42	TCYC0, 故障发生时间 (周波)
43—46	TCYC1, 从故障发生到故障相前侧断开的時間间隔 (周波)
47—50	TCYC2, 从故障发生到故障相后侧断开的時間间隔 (周波)
51—52	PERCENT, 故障点距离前侧节点的百分比
53—57	FAULT R, 接地电阻 (pu)
58—62	FAULT X, 接地电抗 (pu)
63—66	TCYC11, 从故障发生到故障相前侧重合的时间间隔 (周波)
67—70	TCYC21, 从故障发生到故障相后侧重合的时间间隔 (周波)
71—74	TCYC12, 从故障发生到前侧三相断开的時間间隔 (周波)
75—78	TCYC22, 从故障发生到后侧三相断开的時間间隔 (周波)

注:

1) 该卡用来模拟单相永久性短路故障, 即线路某一相单相短路、故障相两侧断开、故障相两侧重合闸重合、重合闸重合失败两侧三相断开, 如下图:



2) 故障相在37填写, 1、2、3分别代表A、B、C相, 缺省为A相故障;

4) 模拟线路中间单相短路故障，可以在51-52列填写故障点与前侧节点的长度占整个线路长度的百分比；例如，如果距离前侧40%点三相短路，应该填写40；此处填写百分比后，37列的故障侧将无效；

用LS卡填写

LS	N11	230.	N12	230.	9	0.0	1	1	1
LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0	7	1	3
LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0	7	1	3
LS	N11	230.	N12	230.	-9	55.0	1	1	1
LS	-N11	230.	-N12	230.	-1	55.0			

用FLT卡填写

FLT N11 230. N12 230. 3 1 1 0. 5. 5. 50. 50. 55. 55.

1.2.4 三相短路单相拒动故障 (TYP=4)

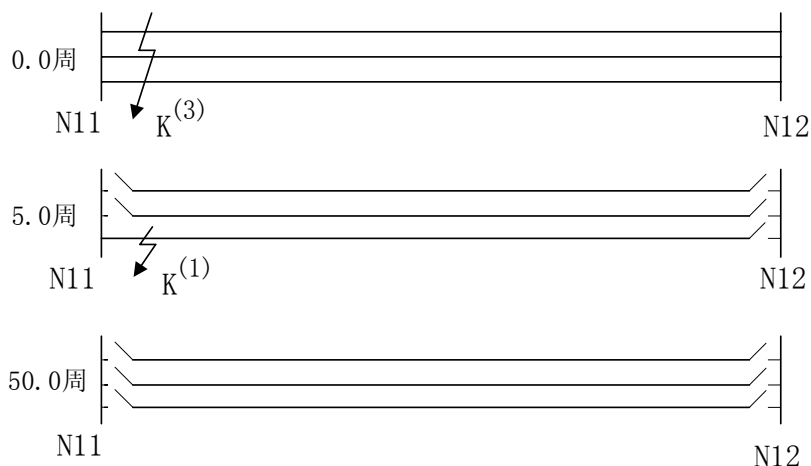
[illegible]

列	说明
1—3	FLT, 模型类型标识
5—12	NAME1, 前侧节点名称
13—16	BASE1, 前侧节点基准电压 (kV)
18—25	NAME2, 后侧节点名称
26—29	BASE2, 后侧节点基准电压 (kV)
30	ID, 回路号
32—33	FLT_TYPE = 4, 故障类型代码
37	SIDE, 故障侧, 1表示前侧, 2表示后侧
39—42	TCYC0, 故障发生时间 (周波)
43—46	TCYC1, 从故障发生到前侧断开的時間间隔 (周波)
47—50	TCYC2, 从故障发生到后侧断开的時間间隔 (周波)
51—52	PERCENT, 故障点距离前侧节点的百分比
53—57	FAULT R, 接地电阻 (pu)
58—62	FAULT X, 接地电抗 (pu)

63—66 TCYC11, 从故障发生到最终三相断开的的时间间隔（周波）

注：

1) 该卡用来模拟线路三相短路开关单相拒动的严重故障，即线路三相短路、然后两侧开关断开，但其中一相开关拒动、经过一定时间后备保护动作切除线路，程序在模拟时单相拒动侧为近距离故障侧，故障类型代码为4；



2) 43-46填写单相短路故障发生的时间，43-50列填写从故障发生到故障相两侧断开的的时间间隔，63-66列填写从短路故障发生到后备保护动作的时间间隔；

3) 模拟线路中间单相短路故障，可以在51-52列填写故障点与前侧节点的长度占整个线路长度的百分比；例如，如果距离前侧40%点三相短路，应该填写40。此处填写百分比后，37列的故障侧将无效。

4) 例如：

用LS卡填写

.0周波存在三相短路

LS	N11	230.	N12	230.	9	0.0		3	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

.5周波存在单相短路、两相断线、三相断线，没有三相短路

LS	N11	230.	N12	230.	-9	5.0		3	1	1
----	-----	------	-----	------	----	-----	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0		8	4	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0		6	1	2
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

.50周波存在三相断线，没有单相短路、两相断线、三相断线

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		8	4	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		6	1	2
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	-N11	230.	-N12	230.	-1	50.0				
----	------	------	------	------	----	------	--	--	--	--

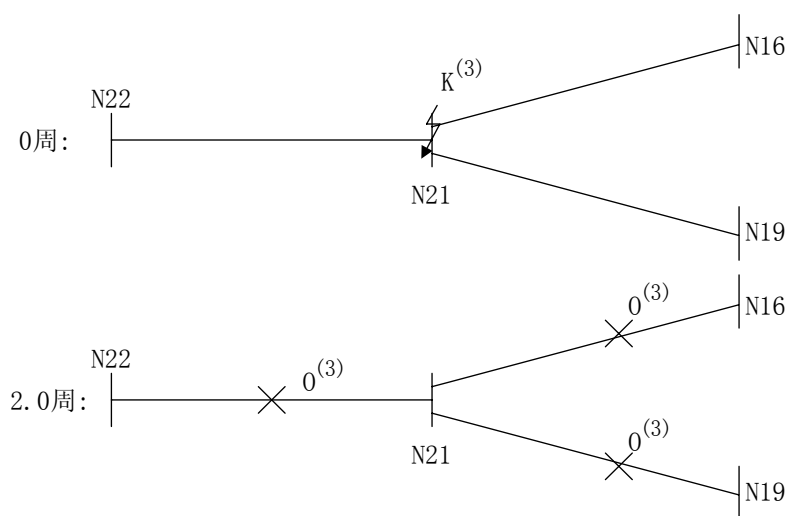
用FLT卡填写

FLT	N11	230.	N12	230.	4	1	0.	5.	5.	50.
-----	-----	------	-----	------	---	---	----	----	----	-----

[illegible]

列	说明
1—3	FLT, 模型类型标识
5—12	NAME1, 故障母线名称
13—16	BASE1, 故障母线基准电压 (kV)
32—33	FLT_TYPE = 5, 故障类型代码
35	ISHORT_TYPE, 短路故障形式 =1, 单相短路 =2, 两相短路 =3, 三相短路 =4, 两相对地短路
39—42	TCYC0, 故障发生时间 (周波)
43—46	TCYC1, 从故障发生到所有出线断开的時間间隔 (周波)
53—57	FAULT R, 接地电阻 (pu)
58—62	FAULT X, 接地电抗 (pu)

1) 本卡的主要功能是模拟某一母线发生短路故障、跳开与该母线相连的所有出线的故障形式:



中国电力科学研究院系统所

3) 43-46列填写从故障发生到所有出线断开的的时间间隔，只能处理所有出线同时断开的情况；

4) 例如：

图中的故障，采用LS卡填写

LS N21 230 N19 230. 2 0.0
LS -N21 230 -N19 230. -2 2.0
LS -N21 230 -N16 230. -1 2.0
LS -N21 230 -N22 230. -1 2.0

采用FLT卡填写

FLT N21 230 2 3 0. 2.

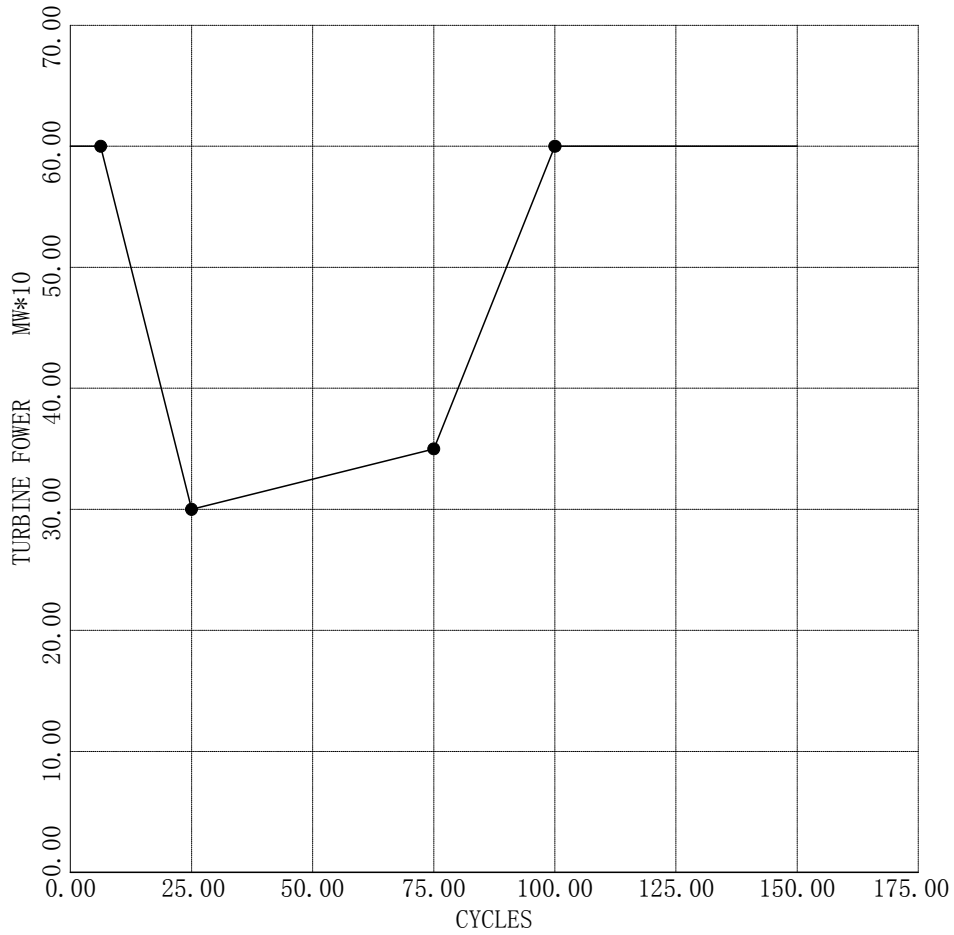
1.2.6 发电机快关（TYP=11）

0										1										2										3										4										5										6										7										8																																																																																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																																																							
FLT	NAME1										BASE1										ID											TYPE	TCYC0										TCYC1										PERCT1										TCYC2										PERCT2										TCYC3										PERCT3										TCYC4										PERCT4										TCYC5										PERCT5																													
A3	A8										F4.0										A1											I2	F4.0										F4.0										F4.0										F4.0										F4.0										F4.0										F4.0										F4.0										F4.0										F4.0										F4.0										F4.0										F4.0									

- 列
- 说明
- 1—3
- FLT，模型类型标识
- 5—12
- NAME1，发电机名称
- 13—16
- BASE1，发电机基准电压
- 17
- ID，发电机识别码
- 32—33
- FLT_TYPE =11，故障类型代码
- 35—38
- TCYC0，开始动作时间（周波）
- 39—42
- TCYC1，时间1（相对开始动作时间的时间差，周波）
- 43—46
- PWR_PERCENT1，时间1对应的功率百分比（相对初值）
- 47—50
- TCYC2，时间2（相对开始动作时间的时间差，周波）
- 51—54
- PWR_PERCENT2，时间2对应的功率百分比（相对初值）
- 55—58
- TCYC3，时间3（相对开始动作时间的时间差，周波）
- 59—62
- PWR_PERCENT3，时间3对应的功率百分比（相对初值）
- 63—66
- TCYC4，时间4（相对开始动作时间的时间差，周波）
- 67—70
- PWR_PERCENT4，时间4对应的功率百分比（相对初值）
- 71—74
- TCYC5，时间5（相对开始动作时间的时间差，周波）
- 75—78
- PWR_PERCENT5，时间5对应的功率百分比（相对初值）

注：

- 1) 该卡主要功能是模拟发电机快关的过程：



2) LS卡中的快关要求填写两个关节点，程序根据这两个点计算斜率，一般需要填写多张LS卡；本卡只需要填写快关过程中转折点对应的时间和功率百分比，使快关的填写更容易；

3) 35-38列中填写发电机快关开始动作时间，后面最多可以填写5个点的数据，后续各点如果填写，时间必须大于动作时间，也必须大于前一个动作时间，时间填写时只需要填写与开始动作时间的时间差。

4) 例如：

用LS卡填写

LS	N2	13.8	8	5.0	100.0	0.0	50.	0.4
LS	N2	13.8	8	25.0	50.0	0.4	60.	1.4
LS	N2	13.8	8	75.0	60.0	1.4	100.	1.9
LS	N2	13.8	8	100.0	100.0	1.9	100.	2.0

用FLT卡填写如下：

FLT N2	13.8	11	5.0	20.	50.	70.	60.	95.	100.
--------	------	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

[illegible]1-3 FLT, 模型类型标识

5-12 NAME1, 故障母线名称

13-16 BASE1, 故障母线基准电压 (kV)

17 ID, 马达识别码 (切马达时有效, “*”表示所有马达)

5-6 ZONE, 分区名称 (32-33列为22时填写)

5-14 AREA, 区域名称 (32-33列为23时填写)

32-33 FLT_TYPE, 故障类型代码。
= 21 — 按照节点形式切负荷
= 22 — 按照分区形式切负荷
= 23 — 按照区域形式切负荷

35 **WPER**，后面填写有名值或百分比的标志，填写字母“W”表示43-54
列填写有名值；否则，填写百分比。（填写有名值仅适用于节点形式，
分区和区域形式都必须填写百分比）

37 CLEID, 配电网支路ID（切除配电网支路负荷时填写，“*”表示所有配电网支路）

39-42 TCYC0, 切除负荷的时间 (周波)

(43-59列填写的切负荷量，可填百分比或有名值，填写有名值仅当35列为W、并且为节点形式才有效，单位MW)

43-46 PPER, 有功负荷切除的百分数或有名值

47-50 QPER, 无功负荷切除的百分数或有名值

51-55 QSHUNT, 并联无功切除的百分数或有名值

56-59 PGPER, 马达切除的百分数或有名值

注:

1) 本模型主要用于按照给定的百分比或总切负荷大小切除静态负荷和马达负荷（不能用来切发电机），与LS卡相比，在切除静态负荷时无需按照负荷特性分别填写，只需要填写初始负荷的百分比或切除的总功率即可，程序自动切除各负荷特性对应的负荷；

2) 可以按照节点、分区或区域的形式切负荷，在32-33列中的代码进行区域，填写21，表示切除指定节点的负荷，需要在5-16列填写负荷节点的名称和基准电压；填写22，表示切除指定分区的负荷，需要在5-6列填写分区名称；填写23，表示切除指定区域的负荷，需要在5-14列填写区域名称；

3) 在切除分区和区域的负荷时，程序自动寻找指定分区和区域内所有的负荷节点，按照给定的百分比逐一切除；

4) 切除静态负荷时，只需要在43-50列填写切除负荷占初始静态负荷的百分比或切除负荷的功率数值即可；切除马达负荷时，在56-59列填写切除部分占初始总功率的百分比或切除的功率值；

5) 51-55列用于填写切除并联无功负荷，该数值适用于两个方面：

➤ 37列填写支路序号，切除配电网支路相连的并联无功补偿；

➤ 37列不填写支路序号，按照节点形式填写有名值；

其它情况，该值无效；

6) 对于分区和区域形式，只能填写百分数；对于节点形式，可以填写百分数，也可以填写具体数值（单位MW），35列如果填写字母“W”表示填写的是具体数值，否则为百分数；

7) 在切除配电网支路相连的负荷和马达时，必须在37列填写配电网支路的支路号；37列如果填写“*”，表示对指定范围内所有配电网支路的静态负荷和马达负荷进行切除操作；

8) 切除马达负荷时，如果采用节点形式并且马达的识别码不为空，则应该在17列填写马达的识别码；如果该识别码为“*”，表示对相连的所有马达进行切除操作；

9) 切除静态负荷和马达时，只能切除负荷，不能增加负荷；切除并联无功补偿时，如果切除配电网支路的并联无功，只能切除，如果按照节点形式填写切除一般节点的并联无功，可切除也可增加。

1.2.8 计算短路电流（TYP=31\32\33）

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890
FLT	NAME1	BASE1	TYPE	SHI-TYP	FAULT R	FAULT X	VMIN	VMAX
A3	A8	F4.0	I2	I1	F5.0	F5.0	F4.0	F4.0

列 说明

1-3 FLT，模型类型标识

(5-16列根据32-33列的故障类型代码不同填写的内容不同，32-33列为31，填写节点名称和基准电压；为32，填写分区名称；为33，填写区域名称)

5-12 NAME1，故障母线名称

13-16 BASE1，故障母线基准电压（kV）

5-6	ZONE, 分区名称 (32-33列为32时填写)
5-14	AREA, 区域名称 (32-33列为33时填写)
32-33	FLT_TYPE, 故障类型代码, = 31, 计算指定节点的短路电流 = 32, 计算指定分区所有节点的短路电流 = 33, 计算指定区域所有节点的短路电流
35	SHORT_TYPE, 短路类型代码, =1, 单相短路 =3, 三相短路
39-43	FAULT R, 短路电阻 (pu)
44-48	FAULT X, 短路电抗 (pu)
49-52	Vmin, 最小电压等级 (kV) (仅适用于分区、区域类型)
53-56	Vmax, 最大电压等级 (kV) (仅适用于分区、区域类型)

注:

- 1) 本模型主要用来近似计算节点单相或三相接地的短路电流;
- 2) 可以按照节点、分区、区域的形式填写, 32-33列填写31表示计算指定节点的短路电流, 需要在5-16列填写节点的名称和基准电压; 填写32, 表示计算指定分区的短路电流, 需要在5-6列填写分区名称; 填写33, 表示计算指定区域的短路电流, 需要在5-14列填写区域名称;
- 3) 计算分区和区域所属节点的短路电流时, 程序自动寻找指定分区或区域中的节点, 逐个节点进行短路电流计算; 49-52列可以指定计算短路电流的节点的最小电压等级, 53-56列可以指定计算短路电流节点的最大电压等级;
- 4) 可以计算单相接地的短路电流和三相接地的短路电流, 在35列填写1, 表示计算单相接地短路电流; 填写3表示计算三相接地短路电流; 缺省计算三相短路电流;
- 5) 计算非金属性短路电流, 需要在39-48列填写接地阻抗。

1.2.9* 计算潜供电流 (TYP=35\36\37)

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
FLT	NAME1	BASE1	NAME2	BASE2	TYPE	VMIN	VMAX	
A3	A8	F4.0	A8	F4.0	A1 I2	F4.0	F4.0	

列 说明

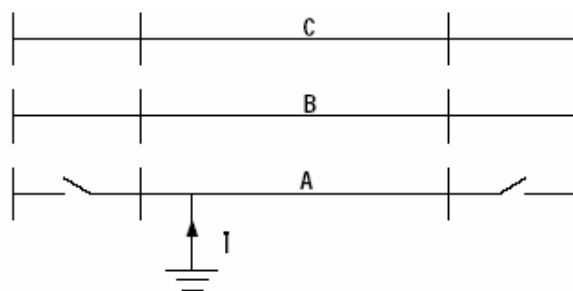
1-3 FLT, 模型类型标识

(5-30列根据32-33列的故障类型代码不同填写的内容不同, 32-33列为35, 填写线路两侧节点名称、基准电压和回路号; 为36, 填写分区名称; 为37, 填写区域名称)

5-12	NAME1, 线路前侧节点名称
13-16	BASE1, 线路前侧节点基准电压 (kV)
18-25	NAME2, 线路后侧节点名称
26-29	BASE2, 线路后侧节点基准电压 (kV)
30	ID, 线路回路号
5-6	ZONE, 分区名称 (32-33列为36时填写)
5-14	AREA, 区域名称 (32-33列为37时填写)
32-33	FLT_TYPE, 故障类型代码, = 35, 计算指定线路的潜供电流 = 36, 计算指定分区中线路的潜供电流 = 37, 计算指定区域中线路的潜供电流
49-52	Vmin, 线路的最小电压等级 (kV) (仅适用于分区、区域类型)
53-56	Vmax, 线路的最大电压等级 (kV) (仅适用于分区、区域类型)

注:

1) 本模型用于计算线路A相接地、A相两侧断路器跳开时的短路电流, 即潜供电流, 如下图所示:



2) 填写时, 可以按照线路、分区或区域的形式填写, 在32-33列中指定; 在32-33列填写35, 表示计算指定线路的潜供电流, 需要在5-30列填写线路两侧的节点名称、基准电压、回路号; 填写36, 表示计算指定分区所有线路的潜供电流, 需要在5-6列填写分区名称; 填写37, 表示计算指定区域所有线路的潜供电流, 需要在5-14列填写区域名称;

3) 如果只计算指定分区或者区域中一定电压等级范围之内的线路的潜供电流, 可以在49-52列填写最小电压等级, 在53-56列填写最大电压等级;

4) 程序计算时对一条线路的两侧都进行计算, 并输出两侧对应的潜供电流。

1.2.10* 计算工频过电压（TYP=41\42\43）

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
FLT	NAME1	BASE1	NAME2	BASE2	ITYPE	ITYPE	VMIN	VMAX
A3	A8	F4.0	A8	F4.0	A1	I2	I1	

列 说明

1-3 FLT，模型类型标识

(5-29列根据32-33列的故障类型代码不同填写的内容不同，32-33列为41，填写线路两侧节点名称、基准电压和回路号；为42，填写分区名称；为43，填写区域名称)

5-12 NAME1，线路前侧节点名称

13-16 BASE1，线路前侧节点基准电压（kV）

18-25 NAME2，线路后侧节点名称

26-29 BASE2，线路后侧节点基准电压（kV）

30 ID，线路回路号

5-6 ZONE，分区名称（32-33列填写42时填写）

5-14 AREA，区域名称（32-33列填写43时填写）

32-33 FLT_TYPE，故障类型代码，
= 41，计算指定线路的工频过电压
= 42，计算指定分区中线路的工频过电压
= 43，计算指定区域中线路的工频过电压

35 ITYP，计算形式选择
= 1，A相短路、ABC相断开
= 2，A相短路、AC相断开
= 3，无短路，ABC三相断开

49-52 Vmin，线路的最小电压等级（kV）（适用于分区、区域类型）

53-56 Vmax，线路的最大电压等级（kV）（适用于分区、区域类型）

注：

1) 本模型用于计算线路三种形式的工频过电压，必须在35列填写选择代码；

2) 填写时，可以按照线路、分区或区域的形式填写，在32-33列中指定；在32-33列填写41，表示计算指定线路的工频过电压，需要在5-30列填写线路两侧的节点名称、基准电压、回路号；填写42，表示计算指定分区所有线路的工频过电压，需要在5-6列填写分区名称；填写43，表示计算指定区域所有线路的工频过电压，需要在5-14列填写区域名称；

3) 如果只计算指定分区或者区域中一定电压等级范围之内的线路的工频过电压，可以在49-52列填写最小电压等级，在53-56列填写最大电压等级。

1.3 部分故障的填写方法说明

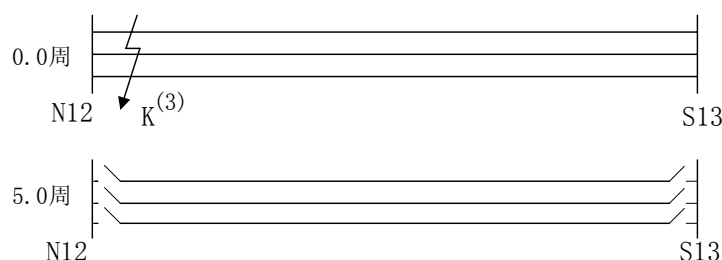
本节主要对部分常用故障形式的填写方法和注意事项进行举例说明，这些故障采用1.1中的LS卡和1.2节中的FLT卡填写，FLT卡是对部分常用故障形式的简化填写方式，FLT卡中每一种填写方式都有对应的LS卡填写方式，填写时部分故障采用FLT卡填写比较简单。FLT卡和LS卡两者可以混合使用。

1.3.1 三相短路故障

三相短路故障形式主要描述的故障形式包括：

- 一条线路一端或中间任意一点发生三相短路、然后两侧断路器跳开该线路；
- 一个变压器某一侧发生三相短路、然后断路器跳开该变压器；

示意图如下：



1) 三相短路，两侧同时跳

采用LS卡填写

. 0.0周波N12侧三相短路

LS N12 525 S13 525 1 0.0

. 5.0周波两侧跳开，在两侧节点前加“-”表示跳开，36-37列填写-1表示故障消失

LS -N12 525 -S13 525 -1 5.0

采用FLT卡填写

FLT N12 525. S13 525. 1 1 0. 5. 5.

2) 两侧不同时跳，例如N12侧4周波跳开，S13侧5周波跳开

采用LS卡填写

. 0.0周波N12侧三相短路

LS N12 525 S13 525 1 0.0

. 4.0周波前侧跳开，在前侧节点前加“-”表示跳开，36-37列填写1表示故障仍然存在

LS -N12 525 S13 525 1 4.0

. 5.0周波两侧都跳开，在两侧节点前加“-”表示跳开，36-37列填写-1表示故障消失

LS	-N12	525	-S13	525	-1	5.0
----	------	-----	------	-----	----	-----

采用FLT卡填写

FLT	N12	525.	S13	525.	1	1	0.	4.	5.
-----	-----	------	-----	------	---	---	----	----	----

3) S13侧故障，两侧5周波同时跳开

采用LS卡填写

LS	S13	525	N12	525	1	0.0
LS	-S13	525	-N12	525	-1	5.0

采用FLT卡填写

FLT	N12	525.	S13	525.	1	2	0.	5.	5.
-----	-----	------	-----	------	---	---	----	----	----

或

FLT	N13	525.	S12	525.	1	1	0.	5.	5.
-----	-----	------	-----	------	---	---	----	----	----

MDE=1形式的LS卡只能表示前侧三相故障，后侧三相故障必须调换两侧节点；FLT可以指定前侧故障或者后侧故障，1表示前侧，2表示后侧。

4) 线路中间距离N12侧40%三相短路，两侧5周波跳开

采用LS卡填写：

LS	N12	525	S13	525	3	0.0	40.
LS	-N12	525	-S13	525	-3	5.0	40.

采用FLT卡填写

FLT	N12	525.	S13	525.	1	1	0.	5.	5.	40
-----	-----	------	-----	------	---	---	----	----	----	----

线路中间故障，采用LS卡填写，36-37列必须填写3和-3，否则填写的百分比无效；采用FLT卡填写，只需要填写故障百分比即可。

5) 两条线路都发生三相短路故障

N12-S13线路N12侧0周波三相故障，5周波两侧跳开；同时N11-S11线路在10周波发生三相短路，15周波两侧同时跳三相。

用LS卡填写

. N12-S13线路N12侧三相短路故障

LS	N12	525	S13	525	1	0.0
LS	-N12	525	-S13	525	-1	5.0

. N11-S11线路N11侧三相短路故障

LS	N11	525	S11	525	1	10.0
LS	-N11	525	-S11	525	-1	15.0

用FLT卡填写

. N12-S13线路N12侧三相短路故障

FLT	N12	525.	S13	525.	1	1	0.	5.	5.
-----	-----	------	-----	------	---	---	----	----	----

. N11-S11线路N11侧三相短路故障

```
FLT N11      525. S11      525.    1    1 10. 5.  5.
```

两个三相短路故障中的每个三相短路故障仍然按照一个三相故障的方法填写。

6) 如果两侧同时跳，FLT卡中的第二个断开时间可以不填写，

例如

```
FLT N12      525. S13      525.    1    1 0. 5.  5.
```

可以填写为

```
FLT N12      525. S13      525.    1    1 0. 5.
```

7) 两绕组变压器三相短路故障

例如：变压器“GEN1 20. - BUS1 500.”的高压侧三相短路故障，5周波跳开该变压器，用LS卡填写如下：

```
LS  BUS1      525  GEN1      20          1  0.0
```

```
LS -BUS1      525 -GEN1      20          -1  5.0
```

采用FLT卡填写

```
FLT BUS1      525. GEN1      20.    1    1 0. 5.  5.
```

两绕组变压器三相短路故障与线路三相短路故障的填写方法完全相同。

8) 三绕组变压器三相短路故障

例如：三绕组变压器对应的三个支路为“BUS35 35. - BUSZ 1.”、“BUS220 220. - BUSZ 1.”和“BUS500 500. - BUSZ 1.”，中压侧BUS220三相故障，5周波后跳开变压器，用LS卡填写如下：

. 中压侧三相短路故障

```
LS  BUS220  525  BUSZ      1.          1  0.0
```

. 中压侧跳开

```
LS -BUS220  525 -BUSZ      1.          -1  5.0
```

. 高压侧跳开

```
LS -BUS500  525 -BUSZ      1.          -1  5.0
```

. 低压侧跳开

```
LS -BUS35   525 -BUSZ      1.          -1  5.0
```

该故障无法完全用FLT卡填写，但是可以用FLT卡和LS卡联合方式填写，即

```
FLT BUS220  525  BUSZ      1.    1    1 0. 5.  5.
```

```
LS -BUS500  525 -BUSZ      1.          -1  5.0
```

```
LS -BUS35   525 -BUSZ      1.          -1  5.0
```

三绕组变压器三相短路故障填写方法与线路类似，不同之处在于故障后跳开三侧，即跳开三条支路。

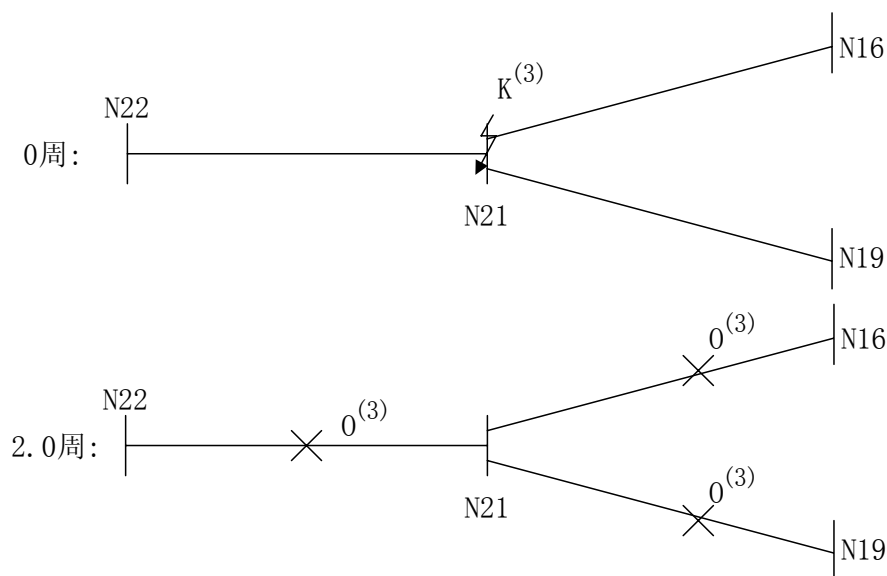
1.3.2 母线短路跳所有出线

该故障形式模拟的是母线发生短路故障、跳开与该母线相连所有线路的故障形式，模拟的短路故障形式包括单相短路、两相短路、三相短路和两相接地短路。

该故障形式可以采用LS卡填写，母线三相短路故障采用1.1.1节中的故障形式填写，36-37列表必须填写2；如果母线发生单相短路、两相短路，只能采用1.1.8节中的线路复故障模拟。

该故障形式也可以采用1.2.4节的FLT卡填写，FLT卡中只需要填写故障的母线名称、短路故障形式、所有出线断开的的时间即可，程序自动寻找相连的所有线路然后断开。但是FLT卡只能处理所有出线三相同同时断开的情况，对于三相不同时断开、单相断开等只能采用LS卡填写。

母线短路故障形式示意图如下：



1) 母线N21发生三相短路，2周波同时跳开所有线路

采用LS卡填写

. N21母线三相短路故障，37列必须填写2

LS N21 230 N19 230. 2 0.0

. N21-N19线路两侧断开，两侧节点前负号表示对应侧断开，36-37填-2表示短路故障消失

LS -N21 230 -N19 230. -2 2.0

. N21-N16线路也断开，两侧节点前加负号表示断开，36-37列必须填写-1表示没有故障

LS -N21 230 -N16 230. -1 2.0

. N21-N16线路也断开，两侧节点前加负号表示断开，36-37列必须填写-1表示没有故障

LS -N21 230 -N22 230. -1 2.0

采用FLT卡填写

. 在33列填写5表示母线短路故障跳所有出线，35填写3表示母线三相短路

FLT N21 230 5 3 0. 2.

2) 母线N21发生三相短路，线路“N21-N22”3周波跳开，其它2周波跳开

采用LS卡填写

. N21母线三相短路故障

LS N21 230 N19 230. 2 0.0

. N21-N19两侧三相断开，但是故障仍然存在

LS -N21 230 -N19 230. 2 2.0

. N21-N16两侧三相断开

LS -N21 230 -N16 230. -1 2.0

. 3周波，N21-N22两侧才三相断开

LS -N21 230 -N22 230. -1 3.0

. 3周波，母线故障才消失，注意此时两侧节点前都有负号，表示两侧是断开的

LS -N21 230 -N19 230. -2 3.0

不能采用FLT卡填写，FLT卡只能填写所有线路同时断开的情况。

3) 母线N21发生单相短路，2周波同时跳开所有线路

采用LS卡填写

. N21母线单相短路故障，采用MDE-9形式的线路一侧单相短路代替

LS N21 230 N19 230. 9 0.0 1 1 1

LS N21 230 N19 230. -9 2.0 1 1 1

. 跳开所有出线

LS -N21 230 -N19 230. -1 2.0

LS -N21 230 -N16 230. -1 2.0

LS -N21 230 -N22 230. -1 2.0

采用FLT卡填写

FLT N21 230 5 1 0. 2.

母线发生两相短路的填写方法与此类似。

4) 母线N21发生单相短路，线路“N21-N22”3周波跳开，其它2周波跳开

采用LS卡填写

. N21母线单相短路故障，采用MDE-9形式的线路一侧单相短路代替

LS N21 230 N19 230. 9 0.0 1 1 1

LS N21 230 N19 230. -9 3.0 1 1 1

. 跳开所有出线

LS -N21 230 -N19 230. -1 2.0

LS -N21 230 -N16 230. -1 2.0

LS -N21 230 -N22 230. -1 3.0

不能采用FLT卡填写，FLT卡只能填写所有线路同时断开的情况。

母线发生两相短路的填写方法与此类似。

5) 母线N21发生单相短路，2周波所有线路单相跳开，短路消失，10周波所有线路单相重合

采用LS卡填写

. N21母线单相短路故障，采用MDE-9形式的线路一侧单相短路代替

LS	N21	230	N19	230.	9	0.0		1	1	1
----	-----	-----	-----	------	---	-----	--	---	---	---

. 2周波所有出线故障相两侧断开，母线故障消失

LS	N21	230	N19	230.	-9	2.0		1	1	1
----	-----	-----	-----	------	----	-----	--	---	---	---

LS	N21	230	N19	230.	9	2.0		7	1	3
----	-----	-----	-----	------	---	-----	--	---	---	---

LS	N21	230	N16	230.	9	2.0		7	1	3
----	-----	-----	-----	------	---	-----	--	---	---	---

LS	N21	230	N22	230.	9	2.0		7	1	3
----	-----	-----	-----	------	---	-----	--	---	---	---

. 10周波所有出线故障相重合

LS	N21	230	N19	230.	-9	10.0		7	1	3
----	-----	-----	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	N21	230	N16	230.	-9	10.0		7	1	3
----	-----	-----	-----	------	----	------	--	---	---	---

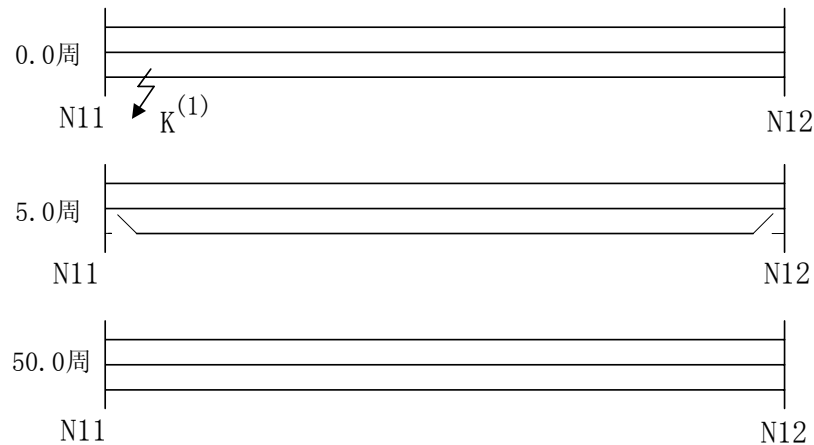
LS	N21	230	N22	230.	-9	10.0		7	1	3
----	-----	-----	-----	------	----	------	--	---	---	---

不能采用FLT卡填写，FLT卡只能填写三相断开的情况。

1.3.3 单相瞬时性短路故障

单相瞬时性短路故障主要描述的是线路某一相发生单相接地短路、然后故障相两侧断路器单相跳开、经过一段时间后重合闸重合成功的基本过程。该故障形式可以采用一组LS卡填写，也可以采用一张FLT卡填写。

该故障形式的基本示意图如下：



1) 单相短路，两侧不同时跳，不同时重合

用LS卡填写

. 0周波，线路N11-N12的N11侧A相发生单相短路故障

LS	N11	230.	N12	230.	9	0.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

. 5周波，线路N11-N12的N11侧A相断开，断开用断线故障模拟

LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0		7	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

. 6周波，线路N11-N12的N12侧A相断开

LS	N11	230.	N12	230.	9	6.0		7	1	2
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

. 6周波，线路N11-N12的N11侧短路消失，在36列填写“-”

LS	N11	230.	N12	230.	-9	6.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	----	-----	--	---	---	---

. 50周波，线路N11-N12的N11侧重合闸重合，用断线故障消失模拟

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		7	1	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

. 51周波，线路N11-N12的N12侧重合闸重合

LS	N11	230.	N12	230.	-9	51.0		7	1	2
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

用FLT卡填写

FLT	N11	230.	N12	230.	2	1	1	0.	5.	6.	50.	51.
-----	-----	------	-----	------	---	---	---	----	----	----	-----	-----

2) 单相短路，两侧同时跳开，同时重合

用LS卡填写

. 0周波，线路N11-N12的N11侧A相发生单相短路故障

LS	N11	230.	N12	230.	9	0.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

. 5周波，线路N11-N12的两侧A相断开，断开用断线故障模拟

LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0		7	1	3
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

. 5周波，线路N11-N12的N11侧A相的单相短路故障消失

LS	N11	230.	N12	230.	-9	5.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	----	-----	--	---	---	---

. 50周波，线路N11-N12的两侧重合闸重合，用断线故障消失模拟

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		7	1	3
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

用FLT卡填写

FLT	N11	230.	N12	230.	2	1	1	0.	5.	5.	50.	50.
-----	-----	------	-----	------	---	---	---	----	----	----	-----	-----

3) 距离N11侧40%位置单相短路，两侧同时跳开，同时重合

用LS卡填写（填写距离前侧的百分比）

. 0周波，线路N11-N12的N11侧A相40%位置发生单相短路故障

LS	N11	230.	N12	230.	9	0.0	40.	1	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	-----	---	---	---

. 5周波，线路N11-N12的两侧A相断开，断开用断线故障模拟

LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0		7	1	3
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

. 5周波，线路N11-N12的N11侧A相40%位置的单相短路故障消失

LS	N11	230.	N12	230.	-9	5.0	40.	1	1	1
----	-----	------	-----	------	----	-----	-----	---	---	---

. 50周波，线路N11-N12的两侧A相重合闸重合成功，用断线故障消失模拟

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		7	1	3
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

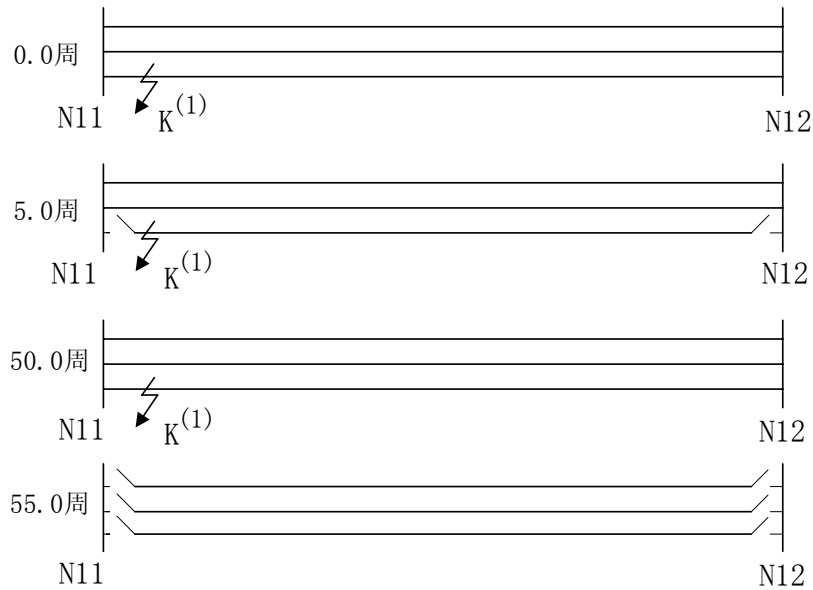
用FLT卡填写

FLT	N11	230.	N12	230.	2	1	1	0.	5.	5.	40	50.	50.
-----	-----	------	-----	------	---	---	---	----	----	----	----	-----	-----

1.3.4 单相永久性短路故障

单相永久性短路故障主要描述的是线路某一相发生单相接地短路、然后故障相两侧断路器单相跳开、经过一段时间后由于故障没有消失导致重合闸重合失败然后跳开三相的基本过程。该故障形式可以采用一组LS卡填写，也可以采用一张FLT卡填写。

该故障形式的基本示意图如下：



1) 单相短路，两侧同时单相跳，同时重合，同时三相跳

用LS卡填写

.0周波，线路N11-N12的N11侧A相发生单相短路故障

LS N11 230. N12 230. 9 0.0 1 1 1

.5周波，线路N11-N12的两侧A相断开，用单相断线故障模拟

LS N11 230. N12 230. 9 5.0 7 1 3

.50周波，线路N11-N12的两侧A相重合闸重合，用单相断线故障消失模拟

LS N11 230. N12 230. -9 50.0 7 1 3

.55周波，故障没有消失，线路N11-N12的两侧三相断开，用三相断线故障模拟

LS N11 230. N12 230. 9 55.0 6 1 3

.55周波，线路N11-N12的两侧三相断开，短路故障消失

LS N11 230. N12 230. -9 55.0 1 1 1

用FLT卡填写

FLT N11 230. N12 230. 3 1 1 0. 5. 5. 50. 50. 55. 55.

用LS卡填写时，线路三相断开，也可以采用MDE=-1的形式填写，例如：

LS -N11 230. -N12 230. -1 55.0

与前面用MDE=9中的三相断线效果完全相同，下同。

2) 单相短路，两侧不同时单相跳，不同时重合，同时三相跳

用LS卡填写

.0周波，线路N11-N12的N11侧A相发生单相短路故障

LS N11 230. N12 230. 9 0.0 1 1 1

.5周波，线路N11-N12的N11侧A相断开，用单相断线故障模拟

LS N11 230. N12 230. 9 5.0 7 1 1

.6周波，线路N11-N12的N12侧A相断开

LS N11 230. N12 230. 9 6.0 7 1 2

. 50周波，线路N11-N12的N11侧A相重合闸重合，用单相断线故障消失模拟

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		7	1	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

. 51周波，线路N11-N12的N12侧A相重合闸重合

LS	N11	230.	N12	230.	-9	51.0		7	1	2
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

. 55周波，故障没有消失，线路N11-N12的两侧三相断开，用三相断线故障模拟

LS	N11	230.	N12	230.	9	55.0		6	1	3
----	-----	------	-----	------	---	------	--	---	---	---

. 55周波，线路N11-N12的两侧三相断开，短路故障消失

LS	N11	230.	N12	230.	-9	55.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

用FLT卡填写

FLT	N11	230.	N12	230.	3	1	1	0.	5.	6.		50.	51.	55.	55.
-----	-----	------	-----	------	---	---	---	----	----	----	--	-----	-----	-----	-----

3) 距离N11侧40%单相短路，两侧同时单相跳，同时重合，同时三相跳

用LS卡填写

LS	N11	230.	N12	230.	9	0.0		40.		1	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	-----	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0				7	1	3
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	--	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0				7	1	3
----	-----	------	-----	------	----	------	--	--	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	9	55.0				6	1	3
----	-----	------	-----	------	---	------	--	--	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	-9	55.0		40.		1	1	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	-----	--	---	---	---

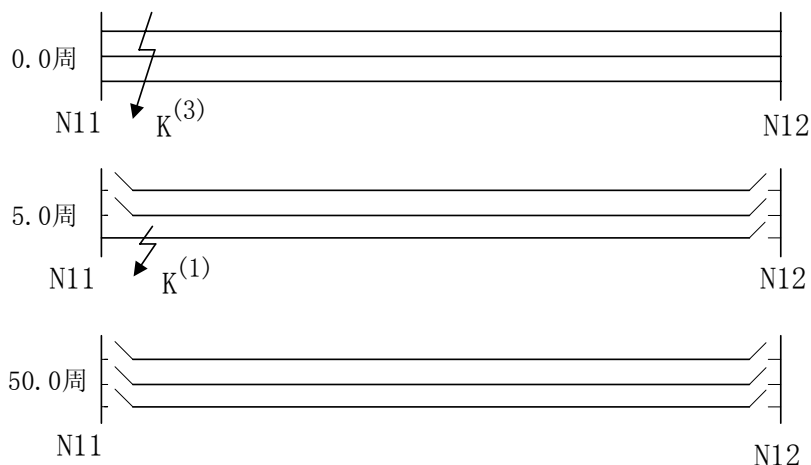
用FLT卡填写

FLT	N11	230.	N12	230.	3	1	1	0.	5.	5.	40		50.	50.	55.	55.
-----	-----	------	-----	------	---	---	---	----	----	----	----	--	-----	-----	-----	-----

1.3.5 三相短路单相拒动故障

三相短路单相拒动是一种比较严重的故障形式，描述的是线路发生三相短路故障、然后两侧三相跳开、但是由于一相断路器发生故障没有跳开、后备保护经过一段时间后将故障相跳开的基本过程。该故障可以采用一组LS卡填写或者采用一张FLT卡填写。

该故障的示意图如下：



1) N11侧三相短路，两侧同时跳，N11侧单相拒动

用LS卡填写

.0周波存在三相短路

LS	N11	230.	N12	230.	9	0.0		3	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

.5周波存在单相短路、两相断线、三相断线，没有三相短路

LS	N11	230.	N12	230.	-9	5.0		3	1	1
----	-----	------	-----	------	----	-----	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0		8	4	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0		6	1	2
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

.50周波后备保护动作，存在三相断线，没有单相短路、两相断线、三相断线

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		8	4	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		6	1	2
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	-N11	230.	-N12	230.	-1	50.0				
----	------	------	------	------	----	------	--	--	--	--

用FLT卡填写

FLT	N11	230.	N12	230.	4	1	0.	5.	5.	50.
-----	-----	------	-----	------	---	---	----	----	----	-----

50周波后备保护动作后，故障卡也可以填写为如下形式：

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		8	4	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		6	1	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

下同。

2) N11侧三相短路，两侧不同时跳，N11侧单相拒动

用LS卡填写

.0周波存在三相短路

LS	N11	230.	N12	230.	9	0.0		3	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

.5周波N11侧两相断线

LS	N11	230.	N12	230.	9	5.0		8	4	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

.6周波N12侧三相断开，此时短路形式改为单相短路

LS	N11	230.	N12	230.	9	6.0		6	1	2
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	-9	6.0		3	1	1
----	-----	------	-----	------	----	-----	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	9	6.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	--	---	---	---

.50周波后备保护动作

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		8	4	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		6	1	2
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	N11	230.	N12	230.	-9	50.0		1	1	1
----	-----	------	-----	------	----	------	--	---	---	---

LS	-N11	230.	-N12	230.	-1	50.0				
----	------	------	------	------	----	------	--	--	--	--

用FLT卡填写

FLT N11	230. N12	230.	4	1 0.	5.	6.	50.
---------	----------	------	---	------	----	----	-----

用LS故障卡填写两侧不同时跳的单相拒动故障时，注意三相短路故障转换为单相短路故障的时间。

3) N11侧三相短路，两侧同时跳，N12侧单相拒动

用LS卡填写

. 0周波存在三相短路

LS N11	230. N12	230.	9	0.0	3 1 1
--------	----------	------	---	-----	-------

. 5周波N11侧三相断线，N12侧两相断开，此时短路形式改为单相短路

LS N11	230. N12	230.	9	5.0	6 1 1
--------	----------	------	---	-----	-------

LS N11	230. N12	230.	9	5.0	8 4 2
--------	----------	------	---	-----	-------

LS N11	230. N12	230.	-9	5.0	3 1 1
--------	----------	------	----	-----	-------

LS N11	230. N12	230.	9	5.0	1 1 1
--------	----------	------	---	-----	-------

. 50周波后备保护动作

LS N11	230. N12	230.	-9	50.0	6 1 1
--------	----------	------	----	------	-------

LS N11	230. N12	230.	-9	50.0	8 4 2
--------	----------	------	----	------	-------

LS N11	230. N12	230.	-9	50.0	1 1 1
--------	----------	------	----	------	-------

LS -N11	230. -N12	230.	-1	50.0	
---------	-----------	------	----	------	--

FLT卡只能表示近距离故障侧单相拒动，本故障形式为远距离故障侧单相拒动，因此不能使用FLT卡填写。

4) 距离N11侧40%位置三相短路，两侧同时跳，N11侧单相拒动

用LS卡填写

. 0周波存在三相短路

LS N11	230. N12	230.	9	0.0	40.	3 1 1
--------	----------	------	---	-----	-----	-------

. 5周波N11侧三相断线，N12侧两相断开，此时短路形式改为单相短路

LS N11	230. N12	230.	9	5.0	6 1 1
--------	----------	------	---	-----	-------

LS N11	230. N12	230.	9	5.0	8 4 2
--------	----------	------	---	-----	-------

LS N11	230. N12	230.	-9	5.0	40.	3 1 1
--------	----------	------	----	-----	-----	-------

LS N11	230. N12	230.	9	5.0	40.	1 1 1
--------	----------	------	---	-----	-----	-------

. 50周波后备保护动作

LS N11	230. N12	230.	-9	50.0	6 1 1
--------	----------	------	----	------	-------

LS N11	230. N12	230.	-9	50.0	8 4 2
--------	----------	------	----	------	-------

LS N11	230. N12	230.	-9	50.0	40.	1 1 1
--------	----------	------	----	------	-----	-------

LS -N11	230. -N12	230.	-1	50.0	
---------	-----------	------	----	------	--

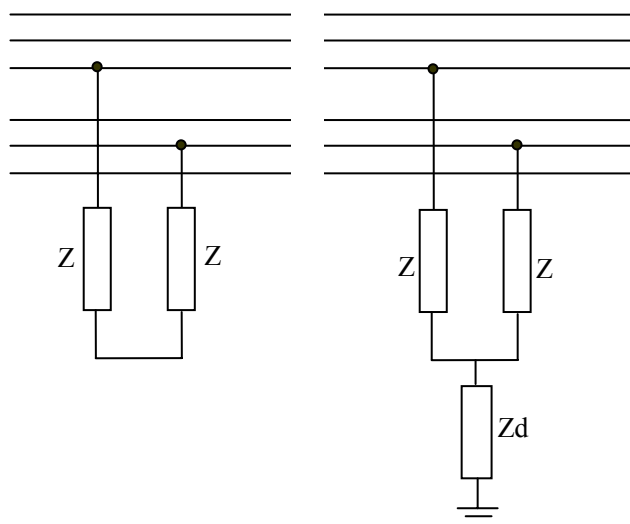
用FLT卡填写

FLT N11	230. N12	230.	4	1 0.	5.	5.	40	50.
---------	----------	------	---	------	----	----	----	-----

FLT卡只能表示近距离故障侧单相拒动，对于本故障形式，如果故障点位于N11侧40%位置，而拒动侧为N12侧，则不能用FLT卡填写；同样，如果故障位于N11侧60%位置，而拒动侧为N11侧，也不能采用FLT卡填写。

1.3.6 双回线异名相相间短路故障

双回线异名相短路故障通常用于同杆并架双回线，描述的是双回线中一回线的某一相和另一回线的某一相发生短路的故障形式，基本结构示意图如下：



填写该故障时，无论是故障发生还是消失，都必须填写两张LS卡，故障发生和消失的数据卡除了36-37列的故障代码和故障时间不同外，其他都必须完全相同。

例如：如果线路“N11 230. S11 230.”的A相与线路“N12 230. S12 230.”的B相短路，故障发生卡应该填写：

LS	N11	230.	S11	230.	9	0.0			11	1	1
LS+	N11	230.	S11	230.	9	N12	230.	S12	230.	2	

故障消失应该填写为：

LS	N11	230.	S11	230.	-9	5.			11	1	1
LS+	N11	230.	S11	230.	-9	N12	230.	S12	230.	2	

该故障只能采用LS卡填写。

1) 异名相短路，单相跳开，重合闸重合失败，三相断开

线路“N11 230. S11 230.”的A相与线路“N12 230. S12 230.”的B相短路，5周波后故障相跳开，50周波后故障相重合，55周波两回线路三相断开。采用LS卡填写如下：

.0周波，线路N11-S11的A相和N12-S12的B相短路

LS	N11	230.	S11	230.	9	0.0			11	1	1
LS+	N11	230.	S11	230.	9	N12	230.	S12	230.	2	

.5周波故障相两侧开关跳开

LS	N11	230.	S11	230.	9	5.0				7	1	3
LS	N12	230.	S12	230.	9	5.0				7	2	3
. 50周波故障相两侧开关重合												
LS	N11	230.	S11	230.	-9	50.				7	1	3
LS	N12	230.	S12	230.	-9	50.				7	2	3
. 55周波两回线路三相断开，相间短路故障消失												
LS	N11	230.	S11	230.	-9	55.				11	1	1
LS+	N11	230.	S11	230.	-9	N12	230.	S12	230.	2		
LS	-N11	230.	-S11	230.	-1	55.						
LS	-N12	230.	-S12	230.	-1	55.						

2) 异名相短路，故障相跳开，重合闸重合成功

线路“N11 230. S11 230.”的A相与线路“N12 230. S12 230.”的B相短路，5周波后故障相跳开，50周波后故障相重合。采用LS卡填写如下：

. 0周波，线路N11-S11的A相和N12-S12的B相短路

LS	N11	230.	S11	230.	9	0.0				11	1	1
LS+	N11	230.	S11	230.	9	N12	230.	S12	230.	2		

. 5周波故障相两侧开关跳开，相间故障消失

LS	N11	230.	S11	230.	9	5.0				7	1	3
LS	N12	230.	S12	230.	9	5.0				7	2	3
LS	N11	230.	S11	230.	-9	5.				11	1	1
LS+	N11	230.	S11	230.	-9	N12	230.	S12	230.	2		

. 50周波故障相两侧开关重合

LS	N11	230.	S11	230.	-9	50.				7	1	3
LS	N12	230.	S12	230.	-9	50.				7	2	3

3) 异名相短路，三相跳开

线路“N11 230. S11 230.”的A相与线路“N12 230. S12 230.”的B相短路，5周波两条线路都三相断开。采用LS卡填写如下：

. 0周波，线路N11-S11的A相和N12-S12的B相短路

LS	N11	230.	S11	230.	9	0.0				11	1	1
LS+	N11	230.	S11	230.	9	N12	230.	S12	230.	2		

. 5周波两条线路都三相跳开，短路故障消失

LS	N11	230.	S11	230.	-9	5.				11	1	1
LS+	N11	230.	S11	230.	-9	N12	230.	S12	230.	2		
LS	-N11	230.	-S11	230.	-1	5.						
LS	-N12	230.	-S12	230.	-1	5.						

1.3.7 切机切负荷操作

切机切负荷故障卡主要的功能包括：

- 切除静态负荷，可以按照静态负荷特性、总量或百分比切负荷；
- 切除马达负荷；
- 切除发电机；
- 切除并联无功负荷，主要用于切除并联无功补偿；

对于切除静态负荷、马达负荷，可以按照分区或者区域切除负荷。可以切除配电网支路相连的静态负荷、马达和并联无功补偿。

1) 切除指定负荷节点的静态负荷

假定负荷节点“BUS1 230.”负荷为100MW、50Mvar，静态负荷特性为30%恒功率、30%恒阻抗和40%的恒电流，计划切除负荷50MW、25Mvar。切除该负荷可以采用三种方式：

按照静态负荷特性切除负荷，切除的负荷中恒功率负荷占30%，即15MW、7.5Mvar；恒阻抗负荷占30%，即15MW、7.5Mvar；恒电流负荷占40%，即20MW、10.0Mvar；切负荷卡如下：

```
LS  BUS1    230.                4  5.    -15. -7.5 -20. -10. -15. -7.5
```

按照总量切除负荷，此时需要填写FLT卡，32-33列填写21表示切指定节点的负荷，35列填写字符W表示填写切负荷的量，只需要填写切负荷总量50MW、25Mvar，切负荷卡如下：

```
FLT  BUS1    230.                21  W    5.   50.  25.
```

按照百分比切除负荷，此时需要填写FLT卡，只需要填写切负荷量占总量的百分比，不需要在35列填写字符W，切负荷卡如下：

```
FLT  BUS1    230.                21      5.   50.  50.
```

注意：

- 采用LS卡可以切除负荷也可以增加负荷，如果负荷功率大于0，切除负荷时必须添加负号，否则为增加负荷；负荷功率小于0，则相反；
- 采用LS卡时，切除的恒功率、恒电流负荷不能大于实际存在的恒功率、恒电流负荷，如果大于则切除全部负荷为止，不过切；恒阻抗负荷则无限制，增加负荷也无限制。
- 采用FLT卡时，只能切除负荷，不能增加负荷，并且切除的负荷不会大于实际存在的负荷，即切除全部负荷为止。

2) 切除指定分区和区域的静态负荷

切除指定分区和区域的静态负荷，只能采用FLT卡填写，并且只能按照百分比切除，例如切除分区“Z1”中30%的静态有功负荷和20%的静态无功负荷，切除区域“AREA”的40%的静态有功负荷和30%的静态无功负荷，则填写的故障卡如下：

FLT	Z1	22	5.	30.	20.
FLT	AREA	23	5.	40.	30.

按照分区和区域填写时，程序会自动寻找指定分区和区域中所有负荷节点，按照负荷节点初值的百分比切除负荷。

注：按照分区、区域切负荷时，只能按照百分比切除负荷，不能增加负荷，填写百分比必须在0和100之间，切除负荷时切除的负荷不会大于实际的负荷。

3) 切除指定节点的马达负荷

例如节点“BUS1 230.”有两台马达负荷，识别码ID分别为1和2，初始功率分别为50MW和30MW。如果切除马达1的功率30MW，采用LS卡填写如下：

LS	BUS1	230.1	M	4	5.	30.
----	------	-------	---	---	----	-----

采用FLT卡按照有名值填写如下：

FLT	BUS1	230.1	21	W	5.	30.
-----	------	-------	----	---	----	-----

采用FLT卡按照百分比填写如下：

FLT	BUS1	230.1	21		5.	60.
-----	------	-------	----	--	----	-----

切除两台马达，按照上述三种方式填写两张对应的卡即可。如果该节点仅有两台马达，并且切除的比例相同，例如都切除40%，则可以采用FLT卡按照如下形式填写：

FLT	BUS1	230.*	21		5.	40.
-----	------	-------	----	--	----	-----

即在17列马达识别码的位置填写“*”，则对与该点相连的所有马达都按照此百分比切除。

切除马达负荷时，只能切除，当切除功率大于实际功率时，则切除全部马达。

4) 切除指定分区和区域的马达负荷

切除指定分区和区域的马达负荷，只能采用FLT卡填写，并且只能按照百分比切除，例如切除分区“Z1”中30%的马达负荷和区域“AREA”的40%的马达负荷，则填写的故障卡如下：

FLT	Z1		22		5.	30.
FLT	AREA		23		5.	40.

5) 切除发电机

切除发电机只能填写LS卡，按照有名值切除。例如切除发电机“GEN1 15.8”有功300MW，则填写LS卡如下：

LS	GEN1	15.8		4	5.	300.
----	------	------	--	---	----	------

如果填写的切机量大于该发电机的初始有功出力，则将切除整台发电机。对于发电机，一般都应该按照整台来切除，几台机组合并的发电机除外。

6) 切除并联无功负荷

切除并联无功负荷，应该采用FLT卡填写，对于一般的节点，只能填写切除的有名值。例如：节点“BUS1 230.”有并联感性无功补偿40Mvar，切除其中的20Mvar，则应填写FLT卡如下：

```
FLT BUS1    230.          21 W    5.          -20.
```

如果为容性无功负荷40Mvar，切除20Mvar，则应填写FLT如下：

```
FLT BUS1    230.          21 W    5.          20.
```

如果增加30Mvar的感性并联无功补偿，则应填写FLT卡如下：

```
FLT BUS1    230.          21 W    5.          30.
```

注意：切除一般节点的并联无功负荷时，必须注意：

- 必须采用有名值形式；
- 可以切除也可以增加，切除感性无功负荷，填写切除量时应有负号，否则表示增加；容性则相反。

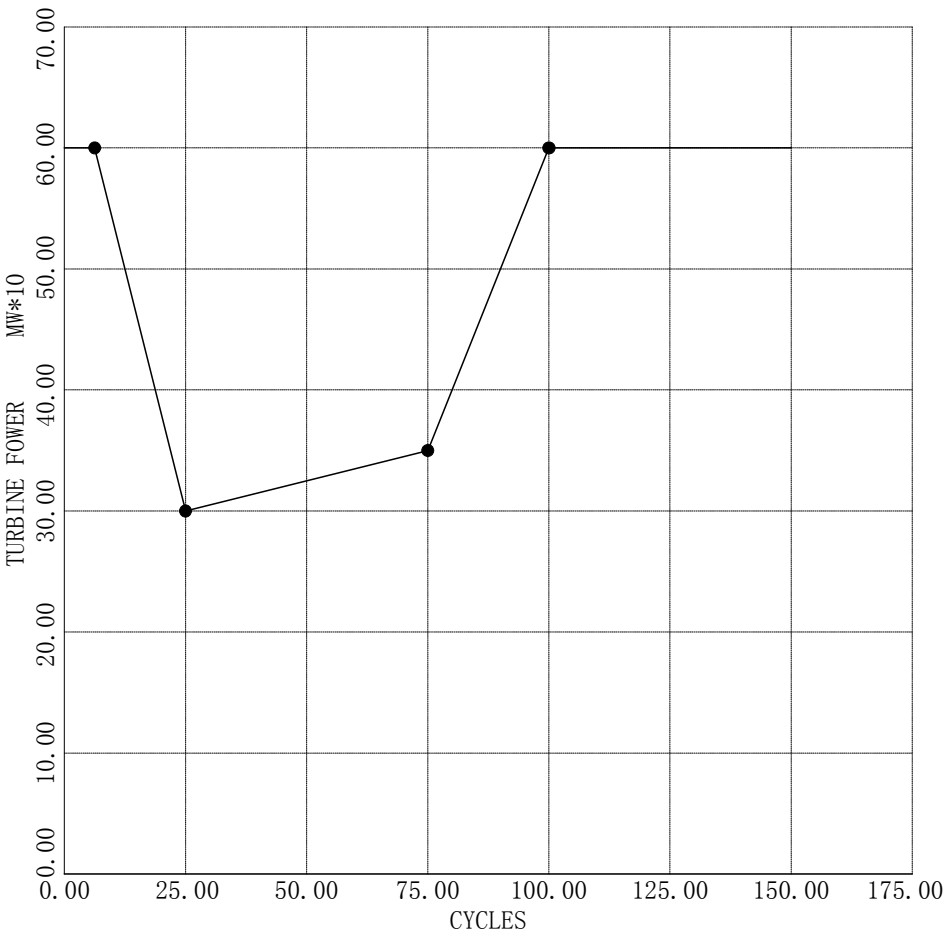
7) 切除配电网支路的负荷

当某节点的负荷为考虑配电网支路的负荷（详细参见11.6节LE）时，切除配电网支路的负荷时，填写的方法与前面切除一般节点的负荷基本相同，主要区别在于：

- 用LS卡时，必须在34列指定配电网支路的序号；
- 用FLT卡时，必须在37列指定配电网支路的序号；
- 切除并联无功补偿负荷时，只能切除不能增加，可以按照百分比切除。

切除配电网支路时，如果要对指定节点、分区或者区域相连的所有配电网支路负荷进行切除操作，可以在FLT卡中37列配电网支路序号中填写“*”。

1.3.8 发电机快关操作



用LS卡填写

LS	N2	13.8	8	5.0	100.0	0.0	50.	0.4
LS	N2	13.8	8	25.0	50.0	0.4	60.	1.4
LS	N2	13.8	8	75.0	60.0	1.4	100.	1.9
LS	N2	13.8	8	100.0	100.0	1.9	100.	2.0

用FLT卡填写如下：

FLT N2 13.8 11 5.0 20. 50. 70. 60. 95. 100.

用FLT卡填写时，除了开始动作时间外，最多可以填写5个点，超过5个点时，只能采用LS卡填写。

1.3.9 投入新线路和修改线路参数

投入线路操作主要用于模拟在稳定过程中投入一条线路对系统稳定性的影响，采用LS卡填写，36-37列必须填写13，同时填写投入线路对应的线路参数。

例如线路“N11 230. ~ S11 230.”发生故障0.1秒断开后，经过0.2秒线路“N11 230. ~ S22 230.”投入，则填写故障卡如下：

. 线路N11-S11发生故障，0.1秒切除

LS N11 230. S11 230. 1 5.

LS -N11 230. -S11 230. -1 10.

. 0.2秒后，线路N11-S22投入，下面分别为正序、零序参数

LS N11 230. S22 230. 13 20. 0.002 0.122 0. 0.56 0. 0.56 1

LS N11 230. S22 230. 13 20. 0.006 0.365 0. 0.46 0. 0.46 0

其中投入线路有两张故障卡，在80列分别为1和0，分别表示正序参数和零序参数，负序参数和正序参数相同。

采用投入新线路数据卡时，必须注意以下几点：

- 投入线路只能进行一次投入操作，并且不能再有其他故障或操作；
- 可以指定投入线路的正序（负序）、零序参数，在80列标识，同时指定需要填写两张数据卡；
- 投入的线路必须在潮流数据中是不存在，即必须投入一条新线路；
- 投入线路不能投入因故障、继电器动作等因素断开的线路。

该模型的主要目的就是模拟投入一条新线路的影响，并没有考虑比较复杂的情况，因此有上述限制。

修改线路参数模型与投入新线路模型基本类似，不同之处主要是它必须对已经存在的线路参数进行修改，同时也要求修改参数的线路不能有其他故障或操作。

1.3.10 发电机失磁

例1	LS	N3	13.8	10	0.0	1	0.05	6.5	
例2	LS	N3	13.8	10	0.0	2	.001	1.0	
例3	LS	N3	13.8	10	0.0	3	.001	.0006	
例4	LS	N3	13.8	10	0.0	4	0.3	6.5	
	LS	N3	13.8	10	0.0	2	0.001	1.0	
	LS	N3	13.8	8	150.0	100.	0.0	40	8.0
例5	LS	N3	13.8	8	550.0	40	0.8	40	30.
	LS	N3	13.8	10	750.0	5		6.5	
例6	LS	N3	13.8	10	0.0	3	.001	.006	
	LS	N3	13.8	4	200.				900000

说明：

例1——发电机N3在零周时发生励磁回路直接短路失磁

例2——发电机N3在零周时发生励磁回路经灭磁电阻短路失磁

例3——发电机N3在零周时发生励磁回路开路失磁

例4——发电机N3在零周时发生部分失磁，失去70%，剩下30%

发电机失磁后一般采取两种措施：

(1)由失磁保护发出信息，快速压原动机出力，使失磁机安全地进入稳态异步运行，然后再恢复励磁，实现再同步。

(2)对于不适宜异步运行再同步的失磁机组，采取切机措施。

例5和例6即为这两种措施的实例。

例5——发电机N3 在零周发生励磁回路经灭磁电阻短路失磁；

在150周(3秒)时，接到失磁信息开始压出力经8秒（即在550周时）将出力压至40%，这时调速器退出运行。发电机按40%出力异步运行；在750周(15秒)时，发电机恢复励磁，以争取实现再同步。

例6——发电机N3 在零周时发生励磁回路开路失磁；

在220周(4秒)时，采取切机措施。

注意：对于失磁机组用以MF卡表示，并应计及调压系统的励磁卡，否则不能计算。

1.3.11 短路电流计算

本程序可以采用短路故障形式计算不同形式的短路电流，计算短路电流可以两种方法：

- 采用LS卡设置短路故障，计算故障瞬间的短路电流，一个故障只能计算一个点的短路电流，计算多个短路电流，需要在不同时刻设置多个故障；
- 采用FLT卡计算指定节点、分区、区域的单相短路电流和三相短路电流，FLT卡只需要指定计算的节点、分区或区域，程序能够自动进行短路电流的批量计算。

实例：

1) 采用LS卡计算指定节点的短路电流

LS	S11	525	S12	525	9	0.0	1	1	1
LS	S12	525	S11	525	-9	1.0	1	1	1
LS	N12	525	N12	525	9	2.0	2	1	1
LS	S11	525	S12	525	-9	3.0	2	1	1
LS	S11	525	N11	525	9	4.0	3	1	1
LS	S12	525	S12	525	-9	5.0	3	1	1
LS	N12	525	S12	525	9	6.0	4	1	1
LS	S11	525	S12	525	-9	7.0	4	1	1
.....									
FF		1.0		10.				1	

采用LS卡计算短路电流时，需要填写对应节点相连线路的短路故障卡，然后根据故障点相连所有线路的故障瞬间电流计算。

计算时，如果进行多个短路电流计算，需要在FF卡中的第70列必须填1，将所有发电机的惯性常数都改为无穷大，使得计算过程中，所有发电机的功角都不变。从而保证每个故障时刻都是处于初始状态。因此，输出的每个故障时刻的电流都是同一潮流方式下的短路电流。

2) 采用FLT卡计算指定节点的短路电流

如果计算节点“BUS1 230.”的三相短路电流和单相短路电流，可以填写FLT卡如下：

FLT BUS1	230.	31	3
FLT BUS1	230.	31	1

计算短路电流，还可以考虑短路阻抗，例如计算三相短路电流，考虑短路电抗0.01pu，则可以填写FLT卡如下：

FLT BUS1	230.	31	3	0.01
----------	------	----	---	------

3) 采用FLT卡计算指定分区和区域所有节点的短路电流

如果计算分区“Z1”和区域“AREA”中所有节点的三相短路电流和单相短路电流，采用FLT卡填写数据卡如下：

FLT Z1	32	3
FLT AREA	33	3
FLT Z1	32	1
FLT AREA	33	1

如果仅对上述分区和区域中230kV及其以上电压等级的节点进行短路电流计算，则可以在FLT卡中设置最小电压等级，填写的FLT卡如下：

FLT Z1	32	3	230.
FLT AREA	33	3	230.
FLT Z1	32	1	230.
FLT AREA	33	1	230.

同样也可以考虑接地阻抗，例如分区Z1计算230kV以上、525kV以下节点三相短路电流时考虑接地电抗0.01pu，则填写如下：

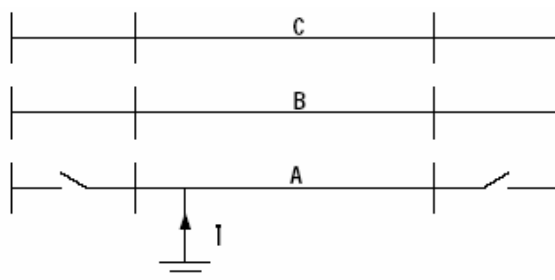
FLT Z1	32	3	0.01	230.525.
--------	----	---	------	----------

注意：

本程序的短路电流计算实际上是利用稳定数据中的数学模型和故障卡计算故障瞬间的短路电流；专用的短路电流计算程序采用的模型和考虑的问题与机电暂态程序稍有差别，因此计算结果通常会稍有差别。通常计算短路电流应采用短路电程序计算，本程序的短路电流计算仅对短路电流进行粗略计算。

1.3.12 计算潜供电流

潜供电流是指线路中某一相接地短路同时该相两侧断路器跳开时该相中的电流。基本示意图如下：



计算潜供电流可以采用两种方法：

- 采用LS卡设置故障，即单相接地和两侧单相断线故障，计算故障瞬间接地电流，即潜供电流；
- 采用FLT卡，FLT卡是一种简化的填写方法，可以计算指定线路的潜供电流，也可以计算指定分区、区域中所有线路的潜供电流，对任何一条线路进行计算时，同时计算出线路两侧分别接地的潜供电流。

实例：

1) 采用LS卡填写故障卡计算

在线路两侧增加两个小开关支路，代表两侧断路器。

. 故障卡，包括单相接地、两侧单相断线

LS	S11	525.	S12	525.	9	0.0				1	1	1
LS	N11	525.	S11	525.	9	0.0				7	1	1
LS	N12	525.	S12	525.	9	0.0				7	1	1

.....

. 线路电流输出卡

LC	S11	525.	N11	525.	1	1	1	1	11
LC	S11	525.	S12	525.	1	1	1	1	11

计算时输出接地点两侧所有支路的短路瞬间电流，它们的和就是潜供电流。

2) 采用FLT卡计算潜供电流

如果计算线路“N11 230.~S11 230.”的潜供电流，则填写FLT卡如下：

FLT N11 230. S11 230. 35

如果计算分区“Z1”和区域“AREA”中所有线路的潜供电流，填写FLT卡如下：

FLT Z1 36

FLT AREA 37

如果计算分区和区域中230kV以上525kV以下的线路的潜供电流，可以在FLT卡指定电压等级范围，例如：

FLT Z1 36 230. 525.

计算分区和区域中的潜供电流时，程序会自动计算该分区或区域中所有线路的潜供电流；对于每一条线路，计算两侧分别短路时的潜供电流，即计算结果有2个电流值。

注意：

计算潜供电流，需要特别注意线路高抗的处理方法：

1) 采用LS卡计算时，可以增加两个小开关支路，将高抗连接在小开关支路和线路之间的节点上，这样计算潜供电流时能够正确考虑高抗的影响。（原程序的处理方法）

2) 采用LS卡计算时，如果不增加小开关支路，而是直接填写线路的单相短路和两侧单相断线故障，此时高抗与母线相连时，计算过程中由于无法正确处理高抗，计算结果会出错；采用FLT卡填写时存在同样的问题。为了正确处理高抗，潮流数据中线路高抗必须填写在线路高抗数据卡L+卡（详细见潮流说明书）中，而不是节点数据中；同时稳定数据中线路高抗零序参数必须采用LO+卡（详细参见10.3节）填写，而不是采用XR卡填写。

1.3.13* 计算工频过电压

计算工频过电压通常有三种形式，

- 线路一侧A相接地短路、故障侧开关三相断开，计算B、C相电压；
- 线路一侧A相接地短路、故障侧A、C相开关断开，计算C相电压；
- 线路一侧三相断开，计算A、B、C相电压。

计算工频过电压可采用两种基本的计算方法：

1) 采用LS卡填写故障卡，即单相短路同时断线故障，输出故障后瞬间非故障的断开相的电压，即工频过电压；采用LS卡一次只能填写一组故障卡，计算一条线路一种情况的工频过电压；

2) 采用FLT卡填写，FLT卡是简化的填写方法，填写比较简单，程序自动计算上述两种情况的工频过电压，并且对每种情况，分别对线路两侧都进行计算，因此一条线路计算一次会输出6个电压值；同时还可以对指定分区和区域中所有线路进行批量计算。

实例：

1) 采用LS卡

在短路侧增加小开关支路，代表断路器。如果线路为“N12 525. ~ S13 525.”，线路S13侧小开关支路为“S13 525. ~ N13 525.”，填写如下：

第一种情况

LS	S13	525.	N12	525.	9	0.0	1	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	---	---	---

LS	S13	525.	N13	525.	9	0.0	6	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	---	---	---

第二种情况

LS	S13	525.	N12	525.	9	0.0	1	1	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	---	---	---

LS	S13	525.	N13	525.	9	0.0	8	2	1
----	-----	------	-----	------	---	-----	---	---	---

稳定计算时，对于第一种情况，输出节点S13的B、C相电压就是工频过电压；第一种情况，输出节点S13的C相电压就是工频过电压。

2) 采用FLT卡

如果计算线路“N11 230.~S11 230.”的工频过电压，则填写FLT卡如下：

FLT	N11	230.	S11	230.	41
-----	-----	------	-----	------	----

如果计算分区“Z1”和区域“AREA”中所有线路的工频过电压，填写FLT卡如下：

FLT	Z1	42
-----	----	----

FLT	AREA	43
-----	------	----

如果计算分区和区域中230kV以上525kV以下的线路的工频过电压，可以在FLT卡指定电压等级范围，例如：

FLT	Z1	42	230. 525.
-----	----	----	-----------

FLT	AREA	43	230. 525.
-----	------	----	-----------

计算分区和区域中的工频过电压时，程序会自动计算该分区或区域中所有线路的工频过电压；对于每条线路，都分别计算线路两侧分别对应上述两种形式的工频过电压，输出6个电压值。

注意：

计算工频过电压时，需要特别注意线路高抗的处理方法：

1) 采用LS卡计算时，可以增加小开关支路，将高抗连接在小开关支路和线路之间的节点上，这样计算工频过电压时能够正确考虑高抗的影响。（原程序的处理方法）

2) 采用LS卡计算时，如果不增加小开关支路，而是直接填写线路的单相短路和两相或三相断线故障，此时高抗与母线相连时，计算过程中由于无法正确处理高抗，计算结果会出错；采用FLT卡填写时存在同样的问题。为了正确处理高抗，潮流数据中线路高抗必须填写在线路高抗数据卡L+卡（详细见潮流说明书）中，而不是节点数据中；同时稳定数据中线路高抗零序参数必须采用LO+卡（详细参见10.3节）填写，而不是采用XR卡填写。

1.3.14 线路高抗处理方式对计算的影响

线路高抗的处理方式对故障计算可能会有较大的影响，因此计算过程中线路故障和操作时，应特别注意线路高抗的影响。

目前程序中高抗的处理方式可以采用如下三种：

1) 将线路高抗合并到线路的对地支路中：在潮流数据中的线路参数对地支路增加线路高抗对应的电抗，同时在稳定数据中线路零序参数中的对地参数中增加高抗的零序等值电抗；

2) 将线路高抗连接到母线上：潮流数据中以有名值的方式将高抗容量填写在线路两侧母线的并联无功负荷位置，在稳定数据中用对地支路零序数据卡XR卡填写高抗对应的等值零序参数；

3) 将线路高抗参数填写在线路高抗参数数据卡中：潮流数据中用线路高抗数据卡L+卡填写线路高抗的额定容量，稳定数据中用线路高抗零序参数数据卡LO+卡填写线路高抗等值零序参数。

上述三种方法中，第一种方法需要将高抗合并到线路中，计算量较大，并且可读性较差，数据不易检查，因此数据较多时容易出错；第二种方法，比较直观，但是无法区分线路高抗与哪一条线路相连，处理线路时无法自动处理高抗，需要人工干预；第三种方法，相对比较直观，能够自动处理高抗，数据比较容易检查。

线路高抗对计算有一定的影响，影响大小与具体情况有关，在进行故障计算时，可以采用人工干预的处理方式，但是对于新增加的部分故障，即使人工干预也无法正确处理，因此如果仍然采用以前的处理方式，可能会出现错误。如果高抗的处理方式采用上述的第三种，程序能够完全自动处理高抗的影响。

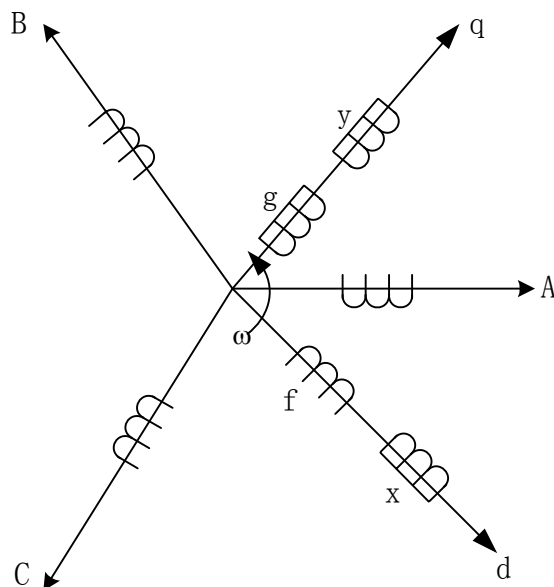
因此，建议采用上述第三种处理方式，即：

- 潮流数据中用线路高抗数据卡L+卡填写线路高抗的额定容量；
- 稳定数据中用线路高抗零序参数数据卡LO+卡填写线路高抗等值零序参数。

2 发电机模型

2.1 总的说明

本程序的通用发电机模型是六绕组模型（d、q轴）。其示意图如下：



其中x、y为阻尼绕组，f为励磁绕组，g为由于q轴铁芯内部构成的短路阻尼线圈。其方程为：

$$v_q = -R_a i_q + e_q'' - X_d'' i_d$$

$$v_d = -R_a i_d + e_d'' + X_q'' i_q$$

$$T_{do}'' \frac{de_q''}{dt} = [e_q' - e_q'' - (X_d' - X_d'') i_d]$$

$$T_{do}' \frac{de_q'}{dt} = [V_f - e_q' - \frac{(X_d' - X_d'')}{X_d' - X_d''} (e_q' - e_q'')]$$

$$T_{qo}'' \frac{de_d''}{dt} = [e_d' - e_d'' + (X_q' - X_q'') i_q]$$

$$T_{qo}' \frac{de_d'}{dt} = [-e_d' - \frac{(X_q' - X_q'')}{X_q' - X_q''} (e_d' - e_d'')]$$

$$T = e_d'' i_d + e_q'' i_q + (X_q'' - X_d'') i_d i_q$$

其转子运行方程为：

$$M \frac{d^2 \delta}{dt^2} + D \frac{d\delta}{dt} = T_M - T_E$$

显见其引入“速度项”，即角度的一次微分项，其电机阻尼特性较好，可近似考虑机械风阻，发电机近处负荷随速度变化而具有的阻尼等。

本程序中该模型可供选择的发电机模型有：

1) 双轴（d、q）模型：

- a. 考虑阻尼绕组的双轴模型（次暂态模型）；
- b. 考虑通用阻尼绕组的双轴模型（所有发电机的阻尼绕组参数相同），用CASE卡和MF卡；

- c. 不考虑阻尼绕组的双轴模型（暂态模型），用MF卡，而且CASE卡不能填缺省的次暂态参数，如有M卡其中的 T_{d0}'' 应为0（否则考虑了x和y绕组）。

对于上述模型：

若 $T_{d0}'=999$ ，则发电机的磁链为恒定，即 $E_q'=C$ ；

若 $0.0 < T_{d0}' < 999$ ，且没有给出励磁模型，则发电机励磁电压为恒定。

2) 经典模型 $E'=C$ ，用MC卡，

此模型可用阻尼因子D考虑阻尼因素。

此模型不能与励磁模型连用。

3) 等值负荷，用LN卡，

此模型把发电机用负的负荷表示。

4) 无穷大母线用MC卡中EMWS=999999表示。

5) 无惯性发电机用MS卡中EMWS=0.0表示。

此外，新增一种国内常用的发电机模型（对应2.3节MG），其方程为：

$$\begin{aligned} E_q'' &= U_q + R_a I_q + X_d'' I_d \\ E_d'' &= U_d + R_a I_d - X_q'' I_q \\ T_{q0}'' \frac{dE_d''}{dt} &= (E_d' - E_d'') + (X_q' - X_q'') I_q + T_{q0}'' \frac{dE_d'}{dt} \\ T_{d0}'' \frac{dE_q''}{dt} &= (E_q' - E_q'') - (X_d' - X_d'') I_d + T_{d0}'' \frac{dE_q'}{dt} \\ T_{q0}' \frac{dE_d'}{dt} &= -E_d' + (X_q - X_q') I_q \\ T_{d0}' \frac{dE_q'}{dt} &= E_{fd} - E_q' - (X_d - X_d') I_d - (K_G - 1) E_q' \end{aligned}$$

其中 $K_G = 1 + \frac{b}{a} \cdot E_q'^{(n-1)}$ 。

转子运动方程为

$$\begin{aligned} T_J \frac{d\omega}{dt} &= \frac{P_m}{\omega} - \frac{P_e}{\omega} - D(\omega - \omega_0) \\ \frac{d\delta}{dt} &= (\omega - 1)\omega_0 \end{aligned}$$

该发电机模型的电压电流方程和转子运动方程与原有的发电机模型完全相同。微分方程的差别主要在于：

- 1) 该模型的次暂态微分方程中含有暂态电势的微分项，而原发电机模型无此项；
- 2) 原模型的暂态电势方程式中使用 $\frac{E_d' - E_d''}{X_q' - X_q''}$ 和 $\frac{E_q' - E_q''}{X_d' - X_d''}$ ，而该模型使用 I_q 和 I_d ；
- 3) 考虑饱和时，原模型程序要修正 E_d' 、 E_q' 、 E_d'' 和 E_q'' ，而该模型只修正 E_q' 。

该模型的数据卡采用M卡和MG卡，M卡与原来模型的相同。该模型可控选择的发电机模型包含原发电机模型中所有的双轴模型，具体如下：

- 1) 含有暂态参数和次暂态参数， T'_{d0} 不为0并且 x'_q 不等于 x_q ，为考虑4个绕组的模拟隐极机的详细发电机模型；
- 2) 含有暂态参数和次暂态参数， $T'_{d0} = 0$ 或者 $x_q = x'_q$ ，不考虑Q轴的组尼绕组g，是模拟凸极发电机的详细模型；
- 3) 不含有暂态参数和次暂态参数， T'_{d0} 不为0并且 x'_q 不等于 x_q ，为不考虑组尼绕组的模型；
- 4) 不含有暂态参数和次暂态参数， $T'_{d0} = 0$ 或者 $x_q = x'_q$ ，只考虑励磁绕组；
- 5) $T'_{d0} = 999.$ ，为 E'_q 恒定的2阶模型。

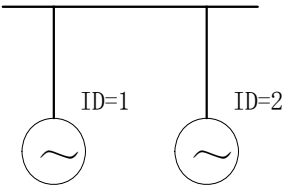
对该模型的几点说明如下：

- 1) 忽略阻尼绕组并不考虑饱和的情况下该模型与原模型完全一致；
- 2) 经典发电机模型仍然采用原有的MC卡填写；
- 3) FF卡第64列的MFDEP不适用于此模型。

2.2 发电机模型（MC、MF）

1										2										3										4										5										6										7										8																																																																																																																																																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																																																																																																																																		
M	S	C	H	G	C	O	D	E	P	NAME												KV												ID												E _{MWS}												P(pu)												Q(pu)												MVA BASE												R _A												X' _d												X' _q												X _d												X _q												T' _{d0}														T' _{q0}												X _L 或X _P														S _{G1.0}														S _{G1.2}														D															
										A8												F4.0												A1												F6.0												F3.2												F3.2												F4.0												F4.4												F5.4												F5.4												F5.4												F5.4												F4.2												F3.2												F5.4												F5.4												F4.3												F3.2																							
A1	A1	A8								F4.0				A1	F6.0				F3.2				F3.2				F4.0				F4.4				F5.4				F5.4				F5.4				F5.4				F4.2				F3.2				F5.4				F5.4				F4.3				F3.2																																																																																																																																																																						

- | 列 | 说明 |
|-------|---|
| 1 | M，卡片类型 |
| 2 | 卡片子型，C或F |
| 4—11 | NAME，发电机母线名 |
| 12—15 | KV，发电机基准电压（kV） |
| 16 | ID，发电机识别码，一般不需填，如在潮流中为一母线，而稳定计算时该母线又并着几台机组，则可用识别码区别之。 |



- 17—22 EMWS, 发电机动能 (MW · 秒), 与国内用的惯性常数相当, 其关系为:

$$E_{MWS} = \frac{T_J}{2} S_{N_GEN}$$

T_J 为机组 (包括发电机及水轮机或汽轮机) 的惯性常数, 单位为秒。

S_{N_GEN} 为发电机组的额定容量。

- 23—28 P(pu)、Q(pu), 该发电机初始功率占该母线潮流功率比例, 一般不填, 缺省值为 1.0, 即只有一台发电机联于该母线, 如有多台电机联于一潮流母线则 ID 须填,

$$P(pu) = \frac{P_{\text{电机初始功率}}}{P_{\text{该点潮流总功率}}}, Q(pu) = \frac{Q_{\text{电机初始无功}}}{Q_{\text{该点潮流总无功}}}$$

当然这时有 $\sum P(pu) = 1.0, \sum Q(pu) = 1.0$

- 29—32 MVABASE, 电机标么参数的基准容量 (MVA)

如参数是对电机基准容量计算出的, 则填电机基准容量。优点是制造厂参数不需折算了。另一种情况是已把参数算成潮流中系统基准值。则此时不填, 缺省值为潮流系统基准。 R_a 、 X_d' 、 X_q' 、 X_d 、 X_q 、 X_L 均为基于基准容量的标么值电机参数。

对于其它与发电机相关的数据卡, 如 M 卡、励磁、调速器、PSS 卡等, 采用的基准容量也是 MF 卡中的基准容量 MVABASE。如果此值为空, 则为系统基准容量。

- 33—36 R_a , 定子电阻 (pu)
 37—41 X_d' , 直轴暂态电抗 (pu)
 42—46 X_q' , 交流暂态电抗 (pu)
 47—51 X_d , 直轴不饱和同步电抗 (pu)
 52—56 X_q , 交轴不饱和同步电抗 (pu)
 57—60 T_{do}' , 直轴暂态开路时间常数 (秒)
 61—63 T_{qo}' , 交轴暂态开路时间常数 (秒)
 64—68 X_L , 定子漏抗 (pu)

对隐极机有 $X_d' < X_q' < X_q$, 对凸极机有 $X_d' < X_q' = X_q$, 应予以注意

典型数据: $X_q' = 1.5 \sim 3.0 X_d'$ (汽轮机)

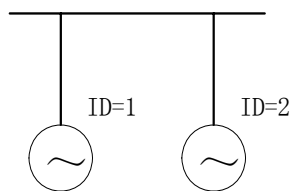
$X_q' = X_q$ (水轮机)

$$T_{qo}' = \frac{1}{2} \frac{X_d'}{X_d} \frac{X_q}{X_q'} T_{do}' \quad (\text{汽轮机})$$

$T_{qo}' = 0$ (水轮机)

- 69—73 SG1.0, 额定电压时的电机饱和系数。

- 16 ID, 发电机识别码, 一般不需填, 如在潮流中为一母线, 而稳定计算时该母线又并着几台机组, 则可用识别码区别之。



- 17—22 EMWS, 发电机动能 (MW·秒), 与国内用的惯性常数相当, 其关系为:

$$E_{MWS} = \frac{T_J}{2} S_{N_GEN}$$

T_J 为机组 (包括发电机及水轮机或汽轮机) 的惯性常数, 单位为秒。

S_{N_GEN} 为发电机组的额定容量。

- 23—28 P(pu)、Q(pu), 该发电机初始功率占该母线潮流功率比例, 一般不填, 缺省值为1.0, 即只有一台发电机联于该母线, 如有多台电机联于一潮流母线则ID须填,

$$P(pu) = \frac{P_{\text{电机初始功率}}}{P_{\text{该点潮流总功率}}}, Q(pu) = \frac{Q_{\text{电机初始无功}}}{Q_{\text{该点潮流总无功}}}$$

当然这时有 $\sum P(pu) = 1.0, \sum Q(pu) = 1.0$

- 29—32 MVABASE, 电机标么参数的基准容量 (MVA)

如参数是对电机基准容量计算出的, 则填电机基准容量。优点是制造厂参数不需折算了。另一种情况是已把参数算成潮流中系统基准值。

则此时不填, 缺省值为潮流系统基准。 R_a 、 X_d' 、 X_q' 、 X_d 、 X_q 、 X_L 均为基于基准容量的标么值电机参数。

对于其它与发电机相关的数据卡, 如M卡、励磁、调速器、PSS卡等, 采用的基准容量也是MF卡中的基准容量MVABASE。如果此值为空, 则为系统基准容量。

- 33—36 R_a , 定子电阻 (pu)
 37—41 X_d' , 直轴暂态电抗 (pu)
 42—46 X_q' , 交流暂态电抗 (pu)
 47—51 X_d , 直轴不饱和同步电抗 (pu)
 52—56 X_q , 交轴不饱和同步电抗 (pu)
 57—60 T_{do}' , 直轴暂态开路时间常数 (秒)
 61—63 T_{qo}' , 交轴暂态开路时间常数 (秒)
 64—68 N, 饱和相关的指数
 69—73 A, 饱和相关系数

- 74—77

B，饱和相关系数

程序中根据上述3个系数N、A、B近似修正Eq'。
- 78—80

D，电机阻尼转距系数，为一标么值。

D=（电机阻尼功率MW）/电机初始功率/(电机的 $\Delta f/50$)

推荐数值为2.0，表现为在转子运动方程中考虑了角度的一次微分

项，其系数即为D。

注：

1)

此数据卡适用于新加入的发电机模型；

2)

此卡中填写的内容除了64—77列的饱和相关参数不同外，其它完全一致；

3)

其它说明参考MF卡。

2.4 发电机次暂态参数模型（M）

			1								2								3								4								5								6								7								8																				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																														
M	S	C	U	H	B	G	T	C	Y	O	P	D	E	NAME								KV	ID	MVA RATING								PF	NO. UNITS THIS CARD								TYPE	OWNER	X_d^*								X_q^*								T_{d0}^*								T_{q0}^*												
A1			A8								F4.0								A1	F5.1								F3.2										A2	A3	F5.4								F5.4								F4.4								F4.4															

- 列

说明
- 1

M，卡片类型，该卡为发电机阻尼绕组参数卡
- 4—11

NAME，电机母线名
- 12—15

KV，电机基准电压（kV）
- 16

ID，电机识别码
- 17—21

MVA RATING，电机额定容量
- 23—25

PF，电机功率因数
- 31—32

TYPE，电机类型
- H—水轮机

S—汽轮机
- 34—36

OWNER，所有者
- 38—42

X_d'' ，d轴次暂态电抗（pu）
- 43—47

X_q'' ，q轴次暂态电抗（pu）
- 48—51

T_{d0}'' ，d轴次暂态时间常数（秒）
- 52—55

T_{q0}'' ，q轴次暂态时间常数（秒）
- 说明性参量，不参加计算

注：

1)

本卡主要用于填写发电机阻尼绕组参数，适用于原有发电机模型和新加入的模型。

										1										2										3										4										5										6										7										8																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																														
C A S E										C A S E C A R D D A T A																																																		X F A C T										T D O D P S										T Q O D P S										T D O D P H										T Q O D P H																			
A 4																																																												E S <										E S <										E S <										E S <										E S <																			

1) 次暂态电抗 X''_d 和 X''_q 根据各自发电机的暂态电抗 X'_d 计算, 公式如下:

$$X''_q = X'_d * X_{FACT}$$

T"qo=TOODPS

$$T''_{q0} = T_{QODPH}$$

1) 填写该卡可以近似模拟发电机的阻尼绕组。

2) 该卡中的次暂态参数只有XFACT大于0, 才有效。如果XFACT大于0, 其它的4个参数TDODPS、TQODPS、TDODPH、TQODPH都必须大于0。

中国电力科学研究院系统所

6) 本卡中的发电机通用阻尼绕组参数的典型值为:

$$T''_{d0}=0.04, \quad T''_{q0}=0.06 \quad (\text{水轮发电机})$$

[illegible]

列	说明
1	卡片类型L
2	子型N
	} 指定母线之发电出力以负的负荷表示
4—15	母线1名及电压基准值
19—30	母线2名及电压基准值
34—45	母线3名及电压基准值
49—60	母线4名及电压基准值
64—75	母线5名及电压基准值

4) 另外, 对于缺乏电机参数或电机容量很小, 且与扰动点电气距离很远, 电机之详细模拟已非必须者, 亦可用LN卡表示。

2.7 发电机模型使用说明

(1) 发电机模型的填写方法说明

对于任何一台发电机，稳定程序中都必须填写发电机模型数据卡；填写的发电机模型数据卡与发电机采用的模型有关，具体如下：

- 1) 对于一台发电机，应该填写发电机模型数据卡MF、MC或MG卡

MF卡是发电机模型基本参数数据卡，其中需要填写大部分发电机的相关变量，如动能、直轴和交轴的电抗和暂态电抗、时间常数、饱和等，当采用双轴模型时，都应该填写MF卡；MG卡和MF卡基本相同，只是与另一个发电机模型对应。

如果发电机采用经典模型，即E'恒定的模型，则应该填写MC卡，而不是MF卡和MG卡。

- 2) 如果考虑次暂态的详细模型，应填写M卡或CASE卡中的次暂态参数

M卡主要用来填写发电机次暂态参数，对于一台发电机，如果考虑次暂态参数，应该填写M卡，M卡必须和MF卡或MG卡联合使用，即填写M卡必须同时填写MF卡或MG卡。M卡中的时间常数 T_{d0}'' 必须大于0，否则该卡无效。

如果发电机中没有填写M卡，而在CASE卡中填写了次暂态参数，则发电机采用CASE卡中的参数作为发电机的次暂态参数；对于填写了M卡的发电机，CASE卡中的次暂态参数无效。

如果在CASE卡中填写了发电机的缺省次暂态参数，同时在计算控制继续卡F1卡中的26列填写了非零整数，则所有发电机将采用CASE卡中的次暂态参数，填写的M卡都无效。

- 3) 如果发电机模型采用无穷大母线模型，则应该填写MC卡，同时在动能位置填写999999；如果采用Eq'恒定的模型，应该令 $T_{d0}'=999$ 。

- 4) 如果发电机仅作为负荷处理，则应填写LN卡，此时该发电机不能再有励磁、调速器、PSS等模型。

通常情况下，发电机都填写MF卡，考虑阻尼绕组，填写M卡，即一台发电机的模型为MF卡或者MF卡和M卡的组合。

(2) 调相机的填写方法说明

在程序中没有专门的调相机模型，可用电机模型MC、MF卡即可。但要注意：

- 1) 在潮流计算中调相机有功出力不应为0，应为负的很小值，以考虑定子上的有功损耗。例如填 $P+jQ=-0.001+j100$
- 2) 在稳定计算中，由于调相机一般无原动机，故其动能（惯性常数）比普通发电机为小。调相机的角度摇摆亦能象发电机一样显示出来。

(3) 发电机阻抗参数的基准容量问题

发电机模型数据卡MF卡和M卡中所有电阻和电抗参数的基本容量都是MF卡中29-32列填写的容量值，同时该容量也是部分PSS、励磁模型中部分参数的基准容量，因此该参数是一个比较重要的参数。该参数如果没有填写，则为系统基准容量。

对于实际的发电机模型，电阻电抗参数的基本容量一般都是以发电机额定容量为基准的，如果MF卡中29-32列填写的容量值不等于发电机额定容量，必须根据基准容量对参数进行折算；如果MF卡中的29-32列的基准容量填写发电机的基准容量，则可以避免折算问题，减少出错。

因此，建议填写新的发电机数据时，在MF卡中29-32列填写发电机的额定容量。

MG卡与MF卡相同。

(4) 发电机参数应该满足的基本要求

1) 一般参数

$$E_{MWS} > 0$$

$$0 \leq P \leq 1.0$$

$$0 \leq Q \leq 1.0$$

$$\text{母线上} \sum P = 1.0$$

$$\text{母线上} \sum Q = 1.0$$

2) 电抗参数

$$X'd > 0$$

$$X_d > X'd > X''_d$$

$$X_q = X'q > X''q \text{ (凸极机, } T'_{q0} = 0 \text{)}$$

$$X_q > X'q > X''q \text{ (隐极机, } T'_{q0} > 0 \text{)}$$

$$X_L \leq X''_d$$

3 励磁系统模型

3.1 1968 年 IEEE 励磁系统模型命名法则（E）

符号	定义
E_{FD}	励磁机输出电压（用于发电机励磁）
E_{FDMAX}	最大励磁电压
E_{FDMIN}	最小励磁电压
I_{FD}	发电机励磁电流
I_T	发电机机端电流
K_A	调压器增益
K'_A	调压器增益（E型励磁系统）
K_E	自激式励磁机常数
K_F	调压器稳定回路增益
K_I	电流回路增益（D型励磁系统）
K_P	电势回路增益（D型励磁系统）
K_V	快速上升/下降触点基值（E型励磁系统）
S_E	励磁机饱和函数
S_{EMAX}	最大励磁电压时的励磁饱和系数
$S_{E.75MAX}$	75%最大励磁电压时的励磁饱和系数
T_A	调压器放大器时间常数
T_{A1}	调压器放大器时间常数
T_E	励磁机时间常数
T_F	调压器稳定回路时间常数
T_{F1}	调压器稳定回路时间常数
T_{RH}	变阻器时间常数
V_B	励磁机输入（D型励磁系统）
V_{BMAX}	V_B 的最大值
V_R	调压器输出电压
V_{RMAX}	V_R 的最大值
V_{RMIN}	V_R 的最小值
$V_{RMIN MULT}$	V_{RMAX} 的乘子，以求得 V_{RMIN}
V_{REF}	调压器参考电压基值
V_{RH}	励磁电阻位置
V_T	发电机机端电压
V_{THEV}	由电势和电流信号得来的电压（D型励磁系统）

ΔV_T	发电机机端电压误差信号
V_{SO}	PSS输出
V_{TO}	初始发电机机端电压
X_L	SCPT系统的联系电抗（D型励磁系统）
V'_T	无分叉组合调速器机组的发电机机端电压。此处 $V'_T = V_T - 0.05I_T \sin\varphi$ ，其中 φ 为初始功率角，对滞后电流为正数。
V'_{TO}	V'_T 的初始值
T_R	调压器滤波器的时间常数。

3.2 1968 年 IEEE 励磁系统模型（E）

	1										2										3										4										5										6										7										8																																																																																																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																																																																																		
SCU BGT CODE PDE	NAME										KV										ID										T _R										K _A K _V (E)*										T _{BH} (E)*										T _{A1}										V _B MIN MULT V _B MIN (D)*										K _E										T _E										S _E MAX K _I (D)*										S _E MAX K _P (D)*										E _{FD} MIN										E _{FD} MAX V _B MAX (D)*										K _F										T _F										K _{F1} X _L (D)*										T _{F1}									
A2	A8										F4.0										A1										F4.3										F5.2										F4.2										F4.3										F4.2										F4.3										F4.3										F4.3										F5.3										F4.3										F4.3										F5.4																																							

列	说明
1	卡片类型 — E
2	子型（A, B, C, D, E, F, G, J, K）
3	空格
4—15	母线名和基准电压
16	电机识别码
17—20	T_R ，调压器输入的滤波器时间常数
21—25	K_A ，调压器增益 K_V ，快速上升/下降触点基值（E型励磁系统）
26—29	T_A ，调压器放大器时间常数 T_{RH} ，变阻器时间常数（E型励磁系统）
30—33	T_{A1} ，调压器放大器时间常数
34—37	$V_{RMIN\ MULT}$ ， V_{RMAX} 乘子，以确定 V_{RMIN} ；若为D型或J型，则为 V_{RMIN}
38—41	K_E ，与自励有关的励磁常数。它励时 $K_E=1.0$ ，自励时 $K_E=0.0$
42—45	T_E ，励磁机时间常数
46—49	$S_{E.75MAX}$ ，75%最大励磁电压时励磁机饱和系数 K_I ，电流回路增益（D型励磁系统）
50-53	S_{EMAX} ，最大励磁电压时励磁机饱和系数 K_P ，电势回路增益（D型励磁系统）
54—58	E_{FDMIN} ，最小励磁电压
59—62	E_{FDMAX} ，最大励磁电压 V_{BMAX} ，励磁机输入最大电压（D型励磁系统）

63—66	K_F , 调压器稳定回路增益
67—70	T_F , 调压器稳定回路时间常数
71—75	X_L , 整流电抗（D型励磁系统）
76—80	T_{F1} , 调压器稳定回路时间常数（D型励磁系统）

* 这些参数仅用于D、E型励磁系统

ϕ 用于D或J型励磁系统

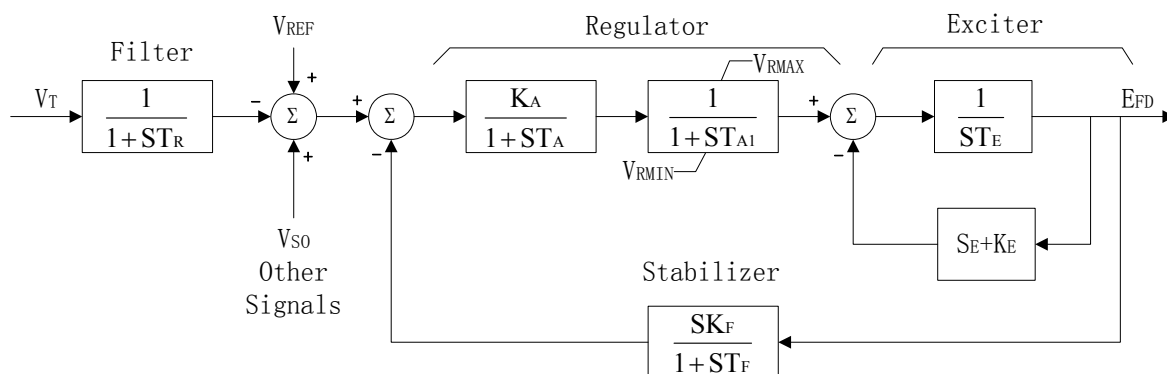
它励时 $K_E=1.0$

自励时 $K_E=0.0$

注：

- 1) 此卡适用于所有E型励磁系统。
- 2) 对于ED卡，50-53列的KP的基准容量为MF卡29-32列填写的容量值。

3.2.1 连续、旋转直流励磁系统（EA）



输入数据

- 1) 指定: $T_R, K_A, T_A, T_{A1}, V_{RMIN\ MULT} = -1.0, S_{E.75MAX}, S_{EMAX}, E_{FDMAX}, K_F, T_F, K_E, T_E$
- 2) $V_{RMAX} = (S_{EMAX} + K_E) E_{FDMAX}$
- 3) $V_{RMIN} = V_{RMAX} V_{RMIN\ MULT}$
- 4) 对它励系统 $K_E=1$, 自励系统 $K_E=0$ (程序指定为 $K_E=0$)

说明：

EA卡为连续、旋转直流式励磁系统，较常见，国内使用EA卡的参数范围大致如下：

T_R	滤波器时间常数，0~0.06
K_A	调压器增益，25~400，大机组的 K_A 较大一些。
T_A	调压器放大器时间常数，0.02~0.2，此系 $(T_A + T_{A1})$ 之值

T_{A1}	调压器放大器时间常数，见TA
$V_{RMIN\ MULT}$	用以确定VRMIN 的因子， $V_{RMIN} = V_{RMAX} \times V_{RMIN\ MULT}$ ， 而 $V_{RMAX} = (S_{EMAX} + K_E) E_{FDMAX}$ ，这里 $V_{RMIN\ MULT}$ 一般都取为-1.0
K_E	与励磁方式有关的常数，它励： $K_E=1.0$ ；自励： $K_E=0.0$
T_E	励磁机时间常数，0.5~0.95
$S_{E.75MAX}$	75%最大励磁电压时励磁机饱和系数
S_{EMAX}	最大励磁电压时励磁机饱和系数
$S_{E.75MAX}$ 和 S_{EMAX} 的典型参数如下：	

（励磁系统电压响应比为0.5，3600转/分的汽轮发电机组）^[11]

	有放大机电压调节器的 自励式励磁机，整流子 或硅二极管	有 M_{ag} -A- S_{tat} 电压调节器 的自励式整流子励磁机	有静止电压调节器的 旋转整流器励磁机
S_{EMAX}	0.267	0.95	0.86
$S_{E.75MAX}$	0.074	0.22	0.50

E_{FDMIN} 最小励磁电压，约为-3.5，经整流后励磁（如交流励磁机）则为 0

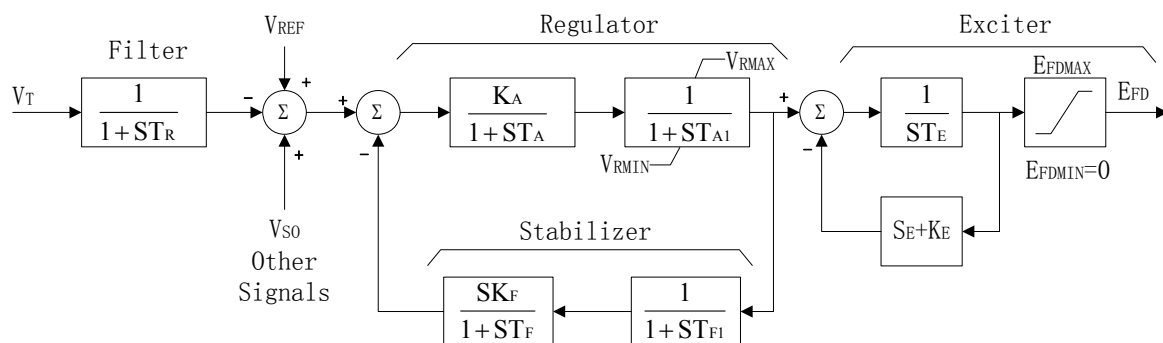
E_{FDMAX} 最大励磁电压，约为3.5

K_F 调压器稳定回路增益，0.03~0.08

T_F 调压器稳定回路时间常数，0.35~1.1

EA卡的参数范围对其它类型励磁系统参数的选择也有一定的参考价值。

3.2.2 无刷旋转交流式励磁系统（EB）

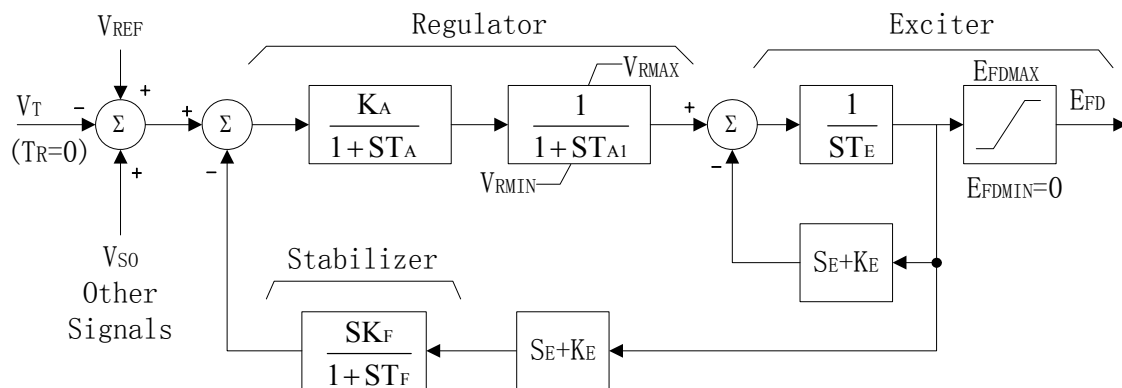


输入数据

- 1) 指定： T_R ， K_A ， T_A ， T_{A1} ， $V_{RMIN\ MULT}$ ， $K_E=1.0$ ， T_E ， $S_{E.75MAX}$ ， S_{EMAX} ， $E_{FDMIN}=0$ ， E_{FDMAX} ， K_F ， T_F ， T_{F1}
- 2) $V_{RMAX} = (S_{EMAX} + K_E) E_{FDMAX}$ ， $V_{RMIN} = V_{RMAX} \times V_{RMIN\ MULT}$

3.2.3 改进型无刷旋转交流式励磁系统（EC）

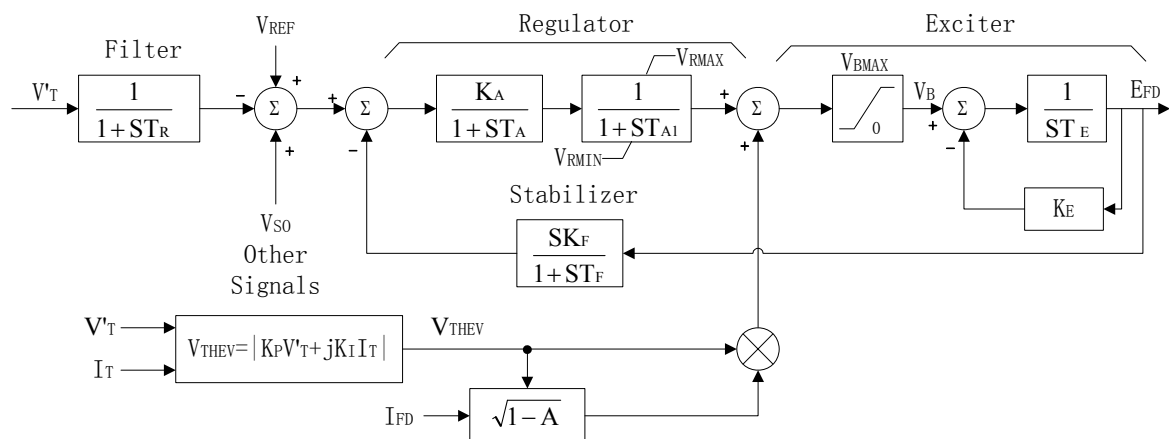
其信号反馈与EB型不同。



输入数据

- 1) 指定: K_A , T_A , T_{A1} , V_{RMIN} MULT, $K_E = 1.0$, T_E , $S E_{.75MAX}$, $S E_{MAX}$, E_{FDMAX} , $E_{FDMIN} = 0$, K_F , T_F
- 2) $V_{RMAX} = (S E_{MAX} + K_E) E_{FDMAX}$, $V_{RMIN} = V_{RMAX} \times V_{RMIN} \text{ MULT}$

3.2.4 复式励磁系统（ED）



输入数据

- 1) 指定: T_R , K_A , T_A , T_{A1} , V_{RMIN} , $K_E = 1.0$, T_E , K_P , K_I , V_{BMAX} , K_F , T_F , X_L , K_E
- 2) $V_{RMAX} = -V_{RMIN}$

端电压和电流的向量值（以系统容量为基准的标么值）用于计算 V_{THEV}

$$A = (0.78 X_L I_{FD} / V_{THEV})^2$$

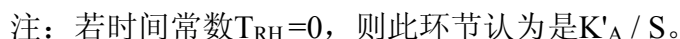
若 $A > 1, V_B = 0$

当机端母线基准电压等于电机额定电压时, K_i 计为:

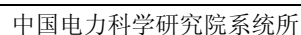
$$(1.19)(-Q + \sqrt{E^2 - PF})(S_B / S_N)$$

$$S_N = \text{电机额定容量 MVA}$$

有死区，用于老式机组和小机组。



与EC相比，调节器环节不一样，为比例积分环节。

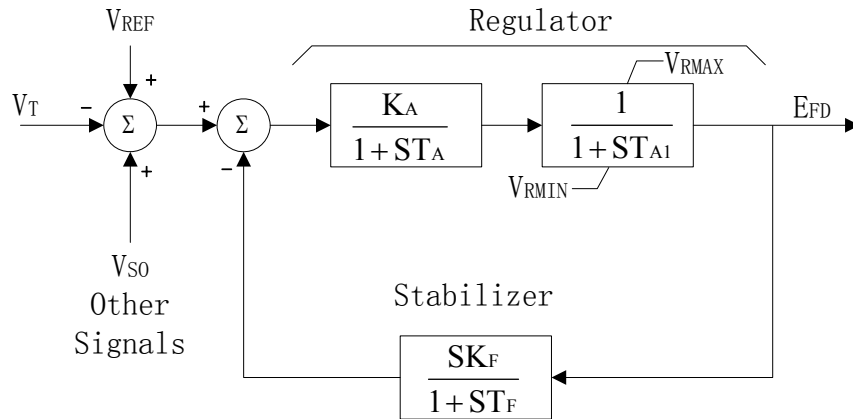


输入数据

1) 指定: K_A , T_A , $V_{RMIN MULT}$, $K_E = 1.0$, T_E , $S_{E.75MAX}$, S_{EMAX} , $E_{FDMIN} = 0$, E_{FDMAX} , K_F , T_F

2) $V_{RMAX} = (S_{EMAX} + K_E) E_{FDMAX}$, $V_{RMIN} = V_{RMAX} V_{RMIN MULT}$

3.2.7 可控硅励磁系统（EG）



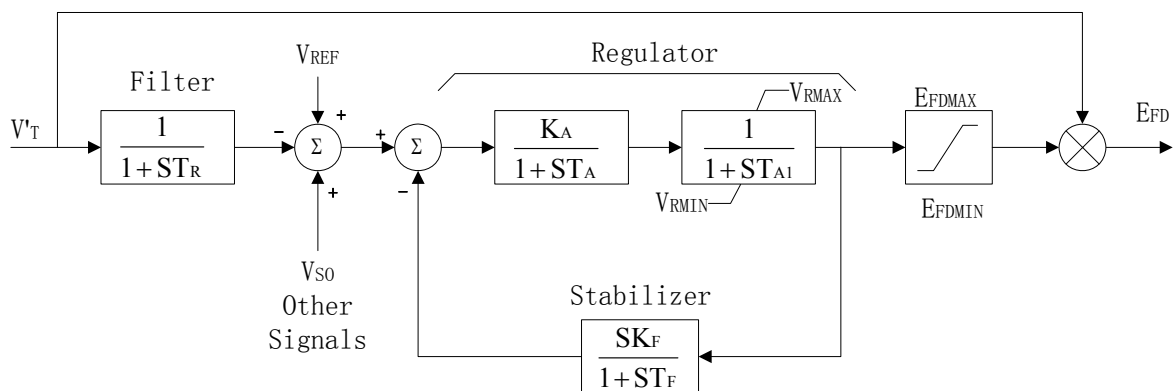
输入数据

1) 指定: K_A , T_A , T_{A1} , K_F , T_F , E_{FDMIN} , E_{FDMAX}

2) $V_{RMAX} = E_{FDMAX}$, $V_{RMIN} = E_{FDMIN}$

3.2.8 大古力电站 3# 机型的励磁系统（EJ）

可控硅整流，除最后 $V_T \cdot E_{FD}$ 外，与 EG 型相同。

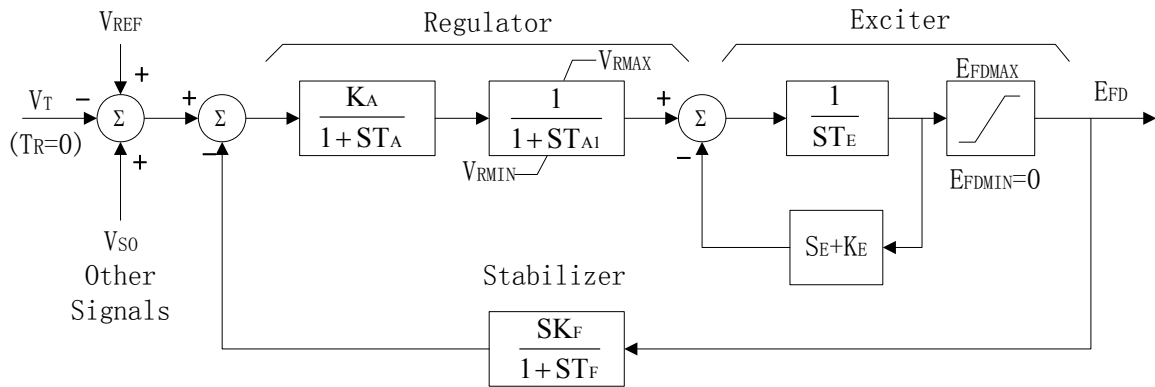


输入数据

1) 指定: T_R , K_A , T_A , T_{A1} , V_{RMIN} , E_{FDMIN} , E_{FDMAX} , K_F , T_F

2) $V_{RMAX} = -V_{RMIN}$

3.2.9 交流励磁系统（EK）



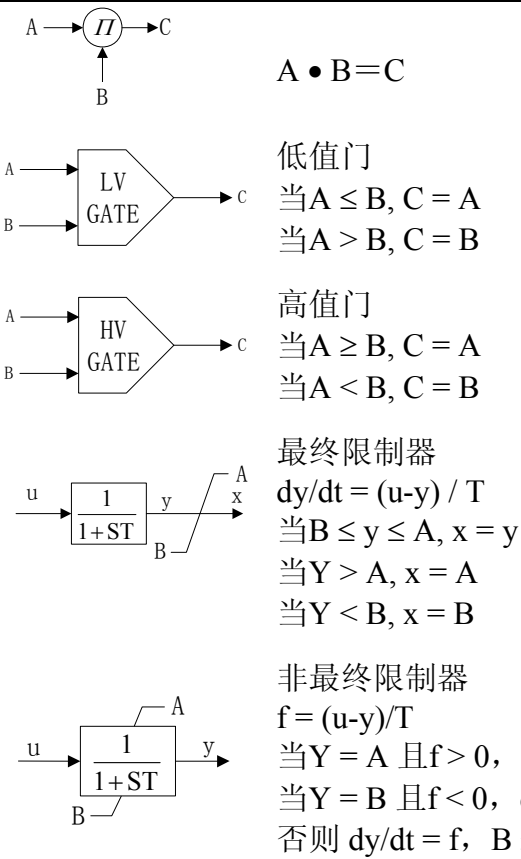
输入数据

- 1) 指定 K_A , T_A , T_{A1} , $V_{RMIN MULT}$, $K_E = 1.0$, T_E , $S_{E.75MAX}$, S_{EMAX} , $E_{FDMIN} = 0$, E_{FDMAX} , K_F , T_F
- 2) $V_{RMAX} = (S_{EMAX} + K_E) E_{FDMAX}$, $V_{RMIN} = V_{RMAX} V_{RMIN MULT}$

3.3 1981 年 IEEE 励磁系统模型命名法则（F）

符号	定义
E_{FD}	励磁机输出电压（发电机励磁电压）
E_{FDN}	反馈增益改变处的 E_{FD} 值
F_{EX}	整流器负载因子
I_{FD}	发电机励磁电流
I_N	规格化的励磁机负载电流
K_A	电压调节器增益
K_B	第二级调节器增益
K_C	换相电抗的整流器负载因子
K_D	去磁因子，励磁机变换器电抗的函数
K_E	自励磁励磁机常数
K_F, K_N	励磁控制系统稳定器增益
K_G	内反馈回路常数
K_H	励磁机励磁电流反馈增益
K_L	励磁机励磁电流限制增益
K_I	电流回路增益系数
K_J	第一级调节器增益
K_{LV}	励磁机低电压限制信号增益
K_P	电势回路增益系数

K_S	电力系统稳定器增益
K_V	快速上升/下降触点基值
R_C	负载补偿的电阻分量
S_E	励磁机饱和函数
S_{E1}	在 V_{E1} 或 E_{FD1} 处的励磁机饱和系数
S_{E2}	在 $0.75 V_{E1}$ 或 $0.75 E_{FD1}$ 处的励磁机饱和系数
T_A, T_B, T_C	电压调节器时间常数
T_E	励磁机时间常数
T_F	励磁机控制系统稳定器时间常数
T_R	调节器输入滤波器时间常数
T_{RH}	变阻器时间常数
V_A	调节器内部电压
V_B	可用励磁机电压
V_C	补偿电压输出
V_E	换相电抗后励磁电压
V_{ERR}	电压误差信号
V_F	励磁系统稳定器输出
V_{FE}	正比于励磁机励磁电流的信号
V_G	内反馈回路电压
$V_H \bullet V_L$	励磁电流反馈信号
V_I	电压调节器内部信号
V_{LR}	励磁电流限制参考值
V_{LV}	励磁电压最低限制参考值
V_N	比例反馈输入变量
V_R	电压调节器输出
V_{REF}	电压调节器参考电压（由初始条件决定）
V_{RH}	磁场变阻器位置
V_S	电力系统稳定器输出
V_T, I_T	发电机机端电压和电流
X_C	负载补偿的电抗分量
X_L	电势源电抗
θ_P	电势回路相角



3.4 1981 年 IEEE 励磁系统模型（F）

需要两张卡来填写参数，即F卡及继续卡FZ卡。

3.4.1 励磁系统模型（F）

	1										2										3										4										5										6										7										8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
F T Y P E	NAME										KV										ID										R _C										X _C										T _R										V ₁ MAX V _A MAX(F)										V ₁ MIN V _{MIN} (F)										T _B										T _C										K _A K _V (E)*										T _A T _{RH} (E)										V _R MAX V _A MAX(H)										V _R MIN V _{AMIN} (H)										K _E K _J (L)										T _E																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

- 列
- 说明
- 1
- 卡片类型F
- 2
- 励磁子型（A—H，J—L）
- 4—15
- 母线名及基准电压
- 16
- 发电机识别码
- 17—21
- R_C，负载补偿之有功分量（标么值*）
- 22—26
- X_C，负载补偿之无功分量（标么值*）
- 27—31
- T_R，调节器输入滤波器时间常数（秒）
- 32—36
- V_{IMAX}，电压调节器的最大内部信号，标么值（G、K、L型）

- 37—41 V_{AMAX} , 调节器最大内部电压, 标么值 (F型)
- V_{IMIN} , 电压调节器的最小内部信号, 标么值 (G、K、L型)
- V_{AMIN} , 调节器最小内部电压, 标么值 (F型)
- 42—46 T_B , 电压调节器滞后时间常数 (秒)
- 47—51 T_C , 电压调节器超前时间常数 (秒)
- 52—56 K_A , 电压调节器增益, 标么值
- K_V , 快速上升/下降触点基值, 标么值 (E型)
- 57—61 T_A , 电压调节器滞后时间常数 (秒)
- T_{RH} , 变阻器时间常数 (秒) (E型)
- 62—66 V_{RMAX} , 电压调节器最大输出, 标么值
- V_{AMAX} , 调节器最大内部电压 (H型)
- 67—71 V_{RMIN} , 电压调节器最小输出, 标么值
- V_{AMIN} , 调节器最小内部电压 (H型)
- 72—76 K_E , 励磁机自励磁时间常数, 标么值。对于A、B、E型, 若 $K_E=0$, 程序将计算 K_E , 使调节器初始输出为零。
- K_J , 第一级调节器增益, 标么值 (L型)
- 77—80 T_E , 励磁机时间常数 (秒)

* 励磁参数的功率基准值由发电机数据卡MF卡29-32列的值给出。

注: 此卡适用于子型为A—H、J—L的F型励磁系统。

3.4.2 励磁系统模型继续卡 (FZ)

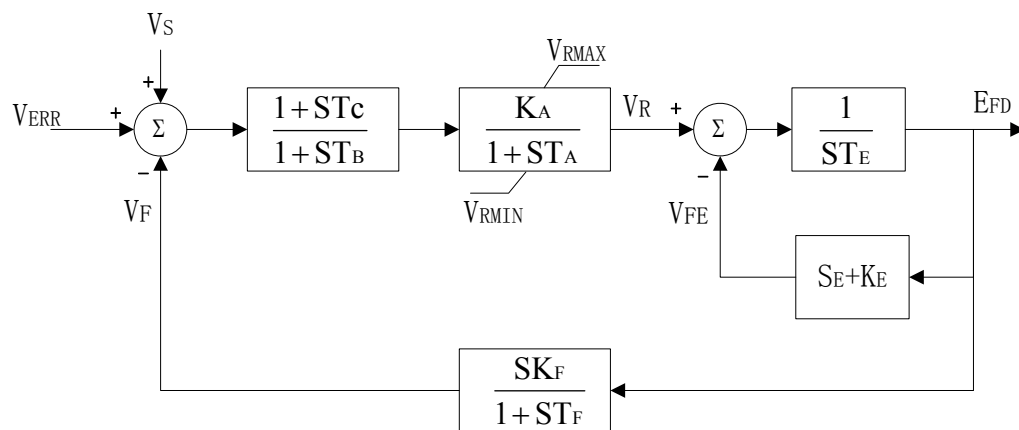
		1								2								3								4								5								6								7								8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
F	Z	NAME								KV								ID	S_{E1} $K_I(D,L)$								S_{E2} $K_P(D,L)$								$E_{FDMIN}(J)$ $E_{FDN}(H)$ $\theta_p(L)$								E_{FDI} V_{E1} E_{FDMAX}								K_F $K_G(L)$								T_F $V_{GMAX}(L)$								K_C								K_D $X_{LI}(L)$								$K_B(F)$ $V_{LV}(H)$								$K_L(F)$ $K_{LV}(H)$								$K_H(F)$ $K_H(H)$								$V_{LB}(F)$ $K_B(H)$																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
F	Z	A8								F4.0								A1	F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3															

- 列 说明
- 1 卡片类型 (F)
- 2 卡片子型 (Z)
- 4—15 母线名及基准电压
- 16 发电机识别码
- 17—21 S_{E1} , 对应32—36列指定的励磁电压处的励磁机饱和系数
- K_I , 电流回路增益系数, 标么值 (D、L型)
- 22—26 S_{E2} , 对应32—36列指定的励磁电压75%处的励磁机饱和系数
- K_P , 电势回路增益系数, 标么值 (D、L型)
- 27—31 E_{FDMIN} , 励磁机最小输出电压, 标么值 (J型)

- E_{FDN} , 稳定反馈增益改变处的励磁电压
- θ_p , 电势回路相角 (度) (L型)
- 32—36 E_{FD1} , 对应 S_{E1} 的励磁电压(等于或接近最大励磁电压), 标么值 (A、B、E型)
- V_{E1} , 对应 S_{E1} 的换相电抗后的励磁电压 (等于或接近励磁电压), 标么值 (C、F、H型)
- E_{FDMAX} , 最大励磁电压 (D、L型)
- 37—41 K_F , 励磁控制系统稳定器增益, 标么值
- K_G , 内反馈回路常数, 标么值 (L型)
- 42—46 T_F , 励磁控制系统时间常数 (秒)
- V_{GMAX} , 内反馈回路最大电压 (L型)
- 47—51 K_C , 换相电抗的整流器负载因子
- 52—56 K_D , 去磁因子, 标么值 (C、F、H型)
- X_L , 电势源电抗, 标么值* (L型)
- 57—61 K_B , 第二极调节器增益, 标么值 (F型)
- V_{LV} , 励磁机低电压限制, 标么值 (H型)
- 62—66 K_L , 励磁机励磁电流限制增益, 标么值 (F型)
- K_{LV} , 励磁机低电压限制信号增益, 标么值 (H型)
- 67—71 K_H , 励磁机励磁电流反馈增益, 标么值 (F型)
- K_N , 励磁控制系统稳定器增益 (上段), 标么值 (H型)
- 72—76 V_{LR} , 励磁机励磁电流限制, 标么值 (F型)
- K_R , 联接调节器和变换器励磁功率的常数, 标么值 (H型)

* 励磁参数的功率基准值由发电机数据卡MF卡29-32列的值给出。

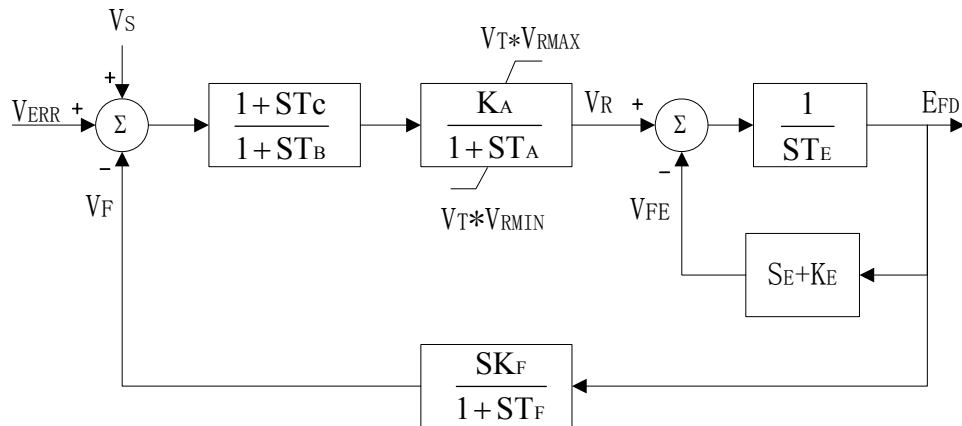
3.4.3 直流整流子励磁机励磁系统 (FA)



输入数据

- 1) 必须: K_A , T_A , V_{RMAX} , V_{RMIN} , T_E , S_{E1} , S_{E2} , E_{FD1} , K_F , T_F
- 2) 可选: T_B , T_C , K_E
- 3) 若 $T_C > 0$, 必须 $T_B > 0$
- 4) 若 $K_E = 0$, 程序将求出 K_E 使 $V_{RO} = 0.0$

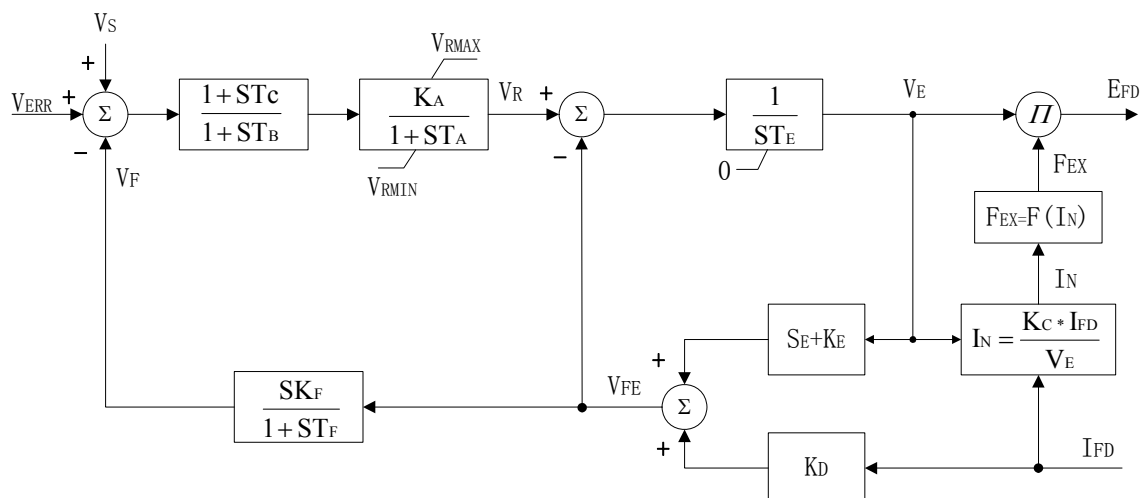
3.4.4 直流整流子励磁机励磁系统（FB）



输入数据

- 1) 必须: K_A , T_A , V_{RMAX} , V_{RMIN} , T_E , S_{E1} , S_{E2} , E_{FD1} , K_F , T_F
- 2) 可选: T_B , T_C , K_E
- 3) 若 $T_C > 0$, 必须 $T_B > 0$
- 4) 若 $K_E = 0$, 程序将求出 K_E 使 $V_{RO} = 0.0$

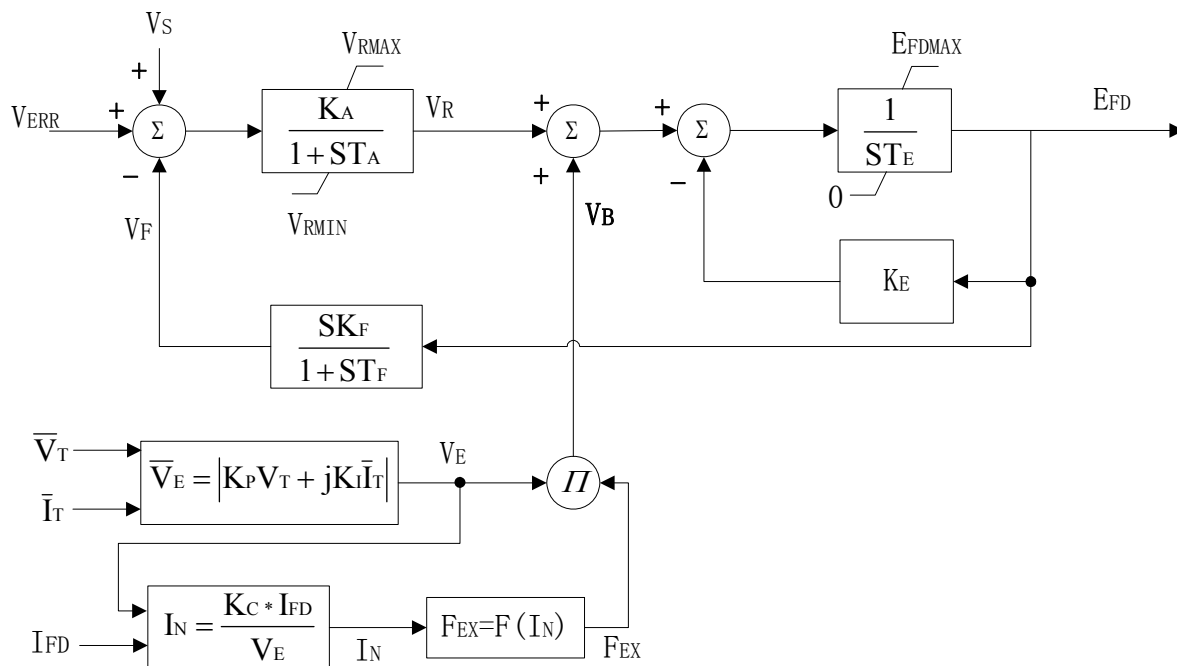
3.4.5 具有不可控整流器的交流发电机—整流励磁系统（FC）



输入数据

- 1) 必须: K_A , T_A , V_{RMAX} , V_{RMIN} , K_E , T_E , S_{E1} , S_{E2} , V_{E1} , K_F , T_F
- 2) 可选: T_B , T_C , K_C , K_D
- 3) 若 $T_C > 0$, 必须 $T_B > 0$

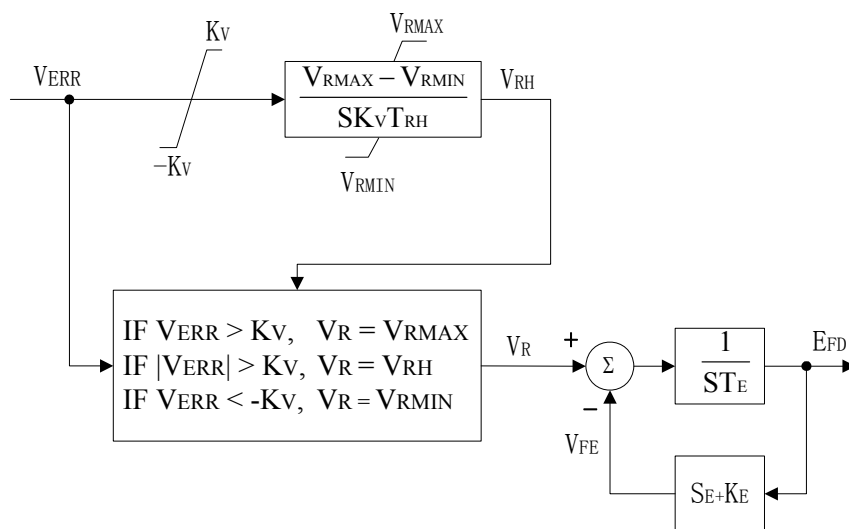
3.4.6 复合源整流励磁系统（FD）



输入数据

- 1) 必须: K_A , T_A , V_{RMAX} , V_{RMIN} , K_E , T_E , E_{FDMAX} , K_F , T_F , K_I , K_P , K_C

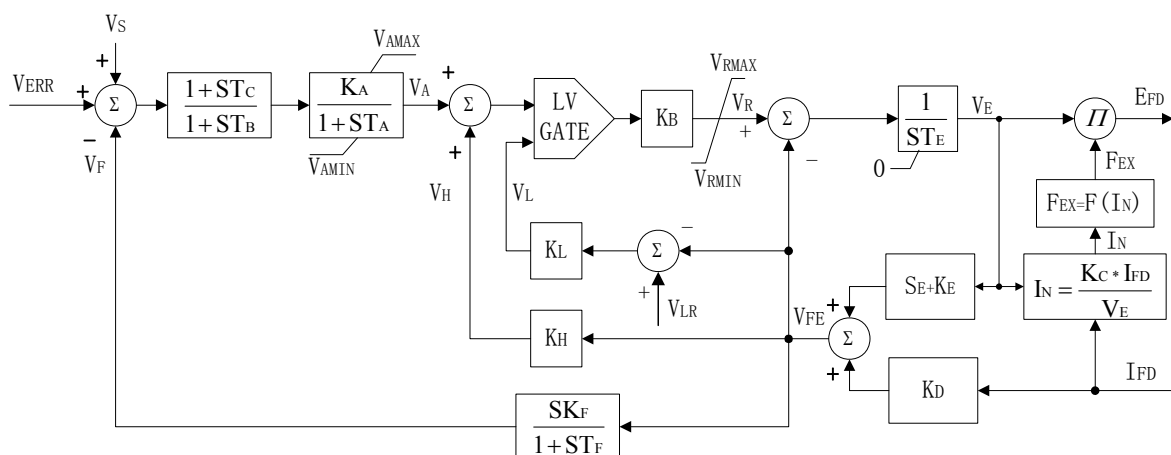
3.4.7 具有非连续作用调节器的直流整流子励磁机系统（FE）



输入数据

- 1) 必须: K_V , T_{RH} , V_{RMAX} , V_{RMIN} , T_E , S_{E1} , S_{E2} , E_{FD1}
- 2) 可选: K_E
- 3) 若 $K_E = 0$, 程序将求出 K_E 使 $V_{RO} = 0.0$

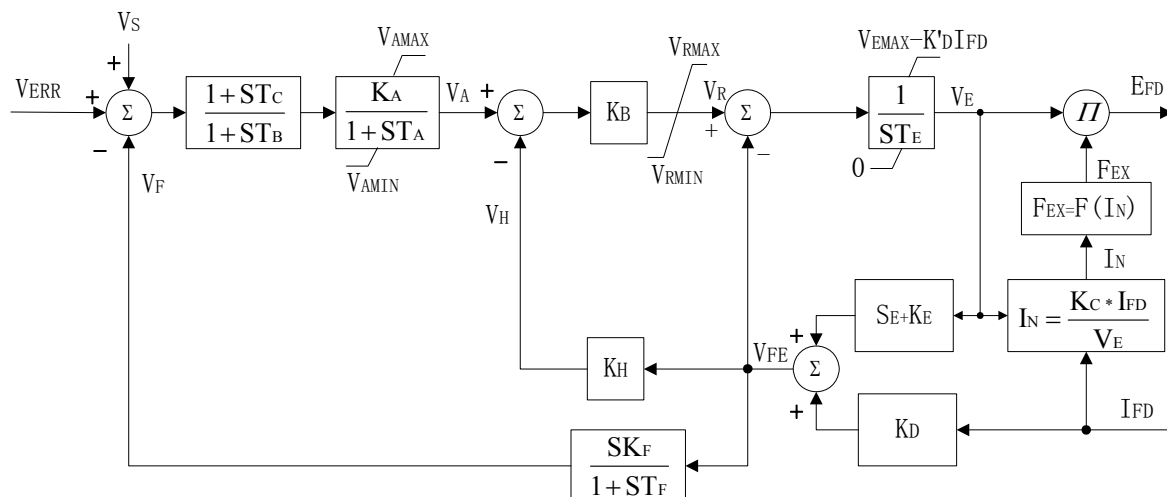
3.4.8 具有不可控整流器的交流发电机—整流励磁系统（FF）



输入数据

- 1) 必须: V_{AMAX} , V_{AMIN} , K_A , T_A , V_{RMAX} , V_{RMIN} , K_E , T_E
- 2) S_{E1} , S_{E2} , V_{E1} , K_F , T_F , K_B , K_L , V_{LR}
- 3) 可选: T_B , T_C , K_C , K_D , K_H
- 4) 若 $T_C > 0$, 必须 $T_B > 0$

程序内部模型



$$V_{FEMAX} = (V_{LR} K_L K_B) / (1 + K_L K_B)$$

$$V_{EMAX} = V_{FEMAX} / (K_E + S_E)$$

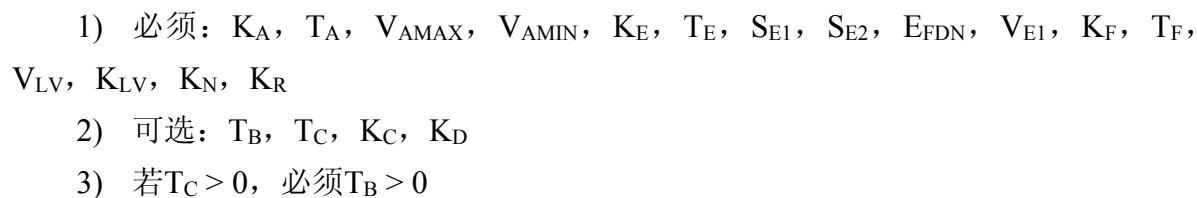
$$K'_D = K_D / (K_E + S_E)$$

$$S_E = F(V_E)$$

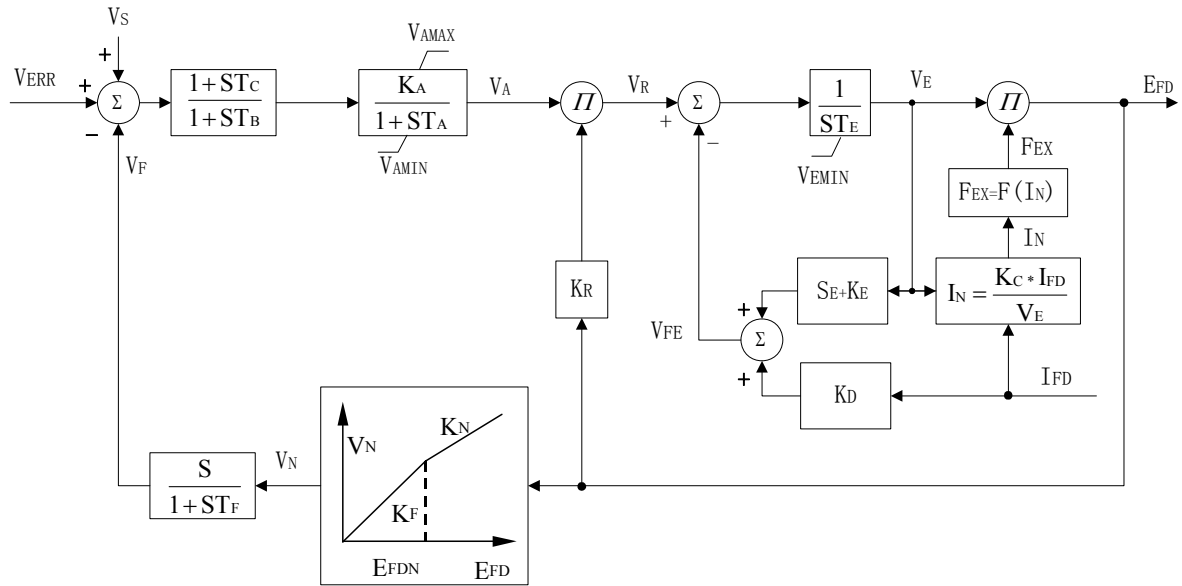


- 1) 必须: $V_{\text{IMAX}}, V_{\text{IMIN}}, K_A, T_A, V_{\text{RMAX}}, V_{\text{RMIN}}$
- 2) 可选: T_B, T_C, K_C
- 3) 若 $T_C > 0$, 必须 $T_B > 0$

3.4.10 交流发电机整流励磁系统 (FH)

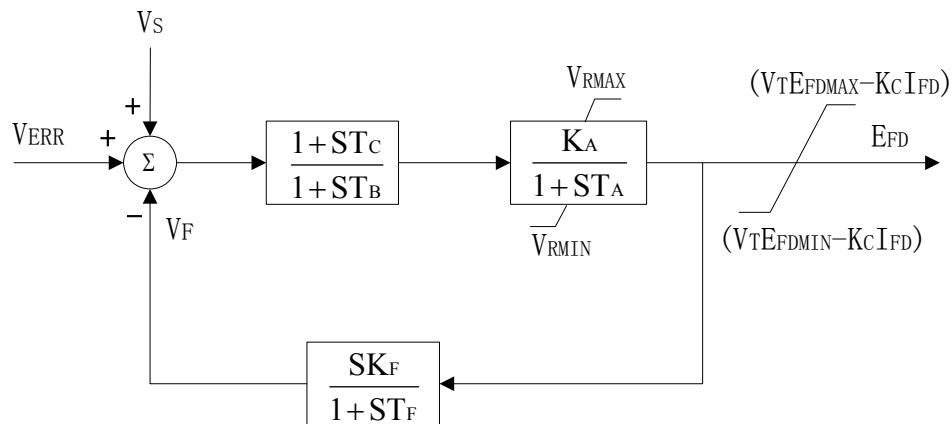


FH型励磁系统内部模型



$$V_{EMIN} = V_{LV} / F_{EX}$$

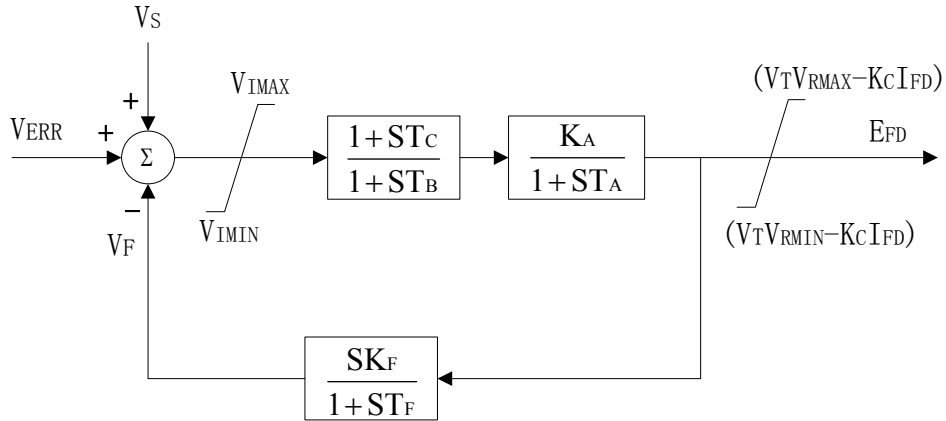
3.4.11 电势源—可控整流励磁系统（FJ）



输入数据

- 1) 必须: K_A , T_A , V_{RMAX} , V_{RMIN} , E_{FDMAX} , E_{FDMIN} , K_F , T_F
- 2) 可选: T_B , T_C , K_C
- 3) 若 $T_C > 0$, 必须 $T_B > 0$

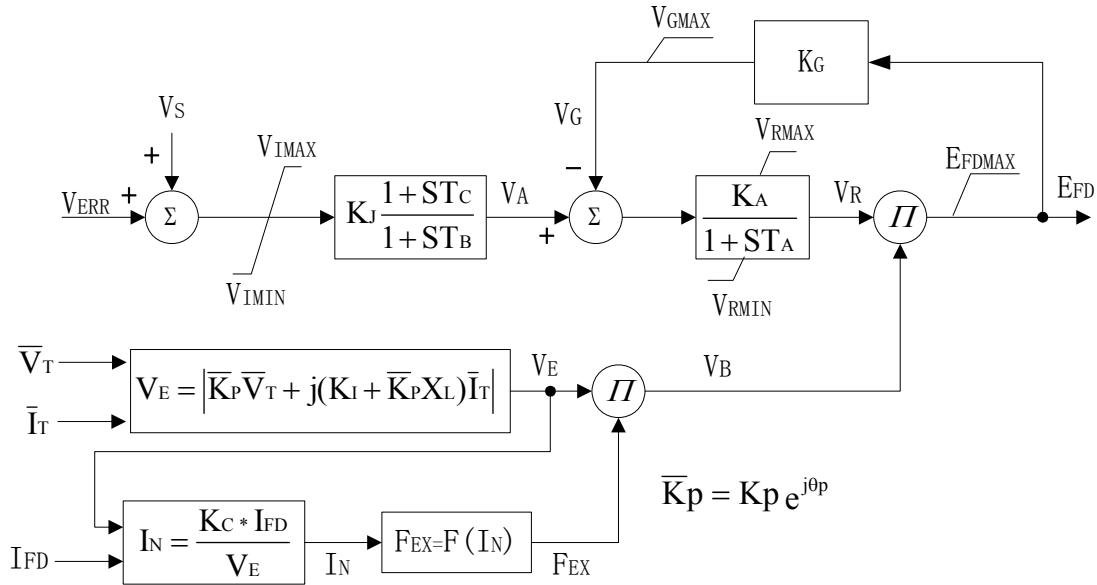
3.4.12 电势源—可控整流励磁系统（FK）



输入数据

- 1) 必须: V_{IMAX} , V_{IMIN} , K_A , T_A , V_{RMAX} , V_{RMIN}
- 2) 可选: T_B , T_C , K_F , T_F , K_C
- 3) 若 $T_C > 0$, 必须 $T_B > 0$
- 4) 若 $K_F > 0$, 必须 $T_F > 0$

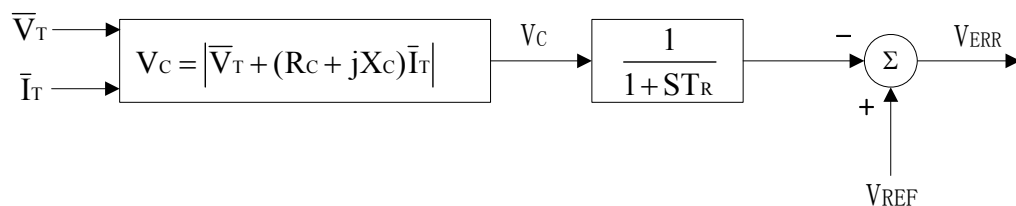
3.4.13 复合源可控整流励磁系统（FL）



输入数据

- 1) 必须: V_{IMAX} , V_{IMIN} , K_A , T_A , V_{RMAX} , V_{RMIN} , K_J , K_I , K_P , E_{FDMAX} , K_C , X_L , K_G , V_{GMAX}
- 2) 可选: T_B , T_C , θ_p
- 3) 若 $T_C > 0$, 必须 $T_B > 0$

3.4.14 发电机机端电压变送器和负载补偿器单元



此单元模型适用于所有A—L各种励磁模型，与之联合使用。

输入数据

可选： R_C ， X_C ， T_R

3.4.15 励磁机饱和特性

此特性曲线适用于A、B、C、E、F、H型励磁系统。

用户给出饱和曲线上的两点，程序用下列函数定义饱和曲线 S_E

$$S_E = M \bullet e^{N \bullet E_{FD1}} \quad (\text{A、B、F型})$$

$$(\text{C、F、H型, } K_c=0)$$

$$S_E = M \bullet e^{N \bullet V_{E1}} \quad (\text{C、F、H型, } K_c > 0)$$

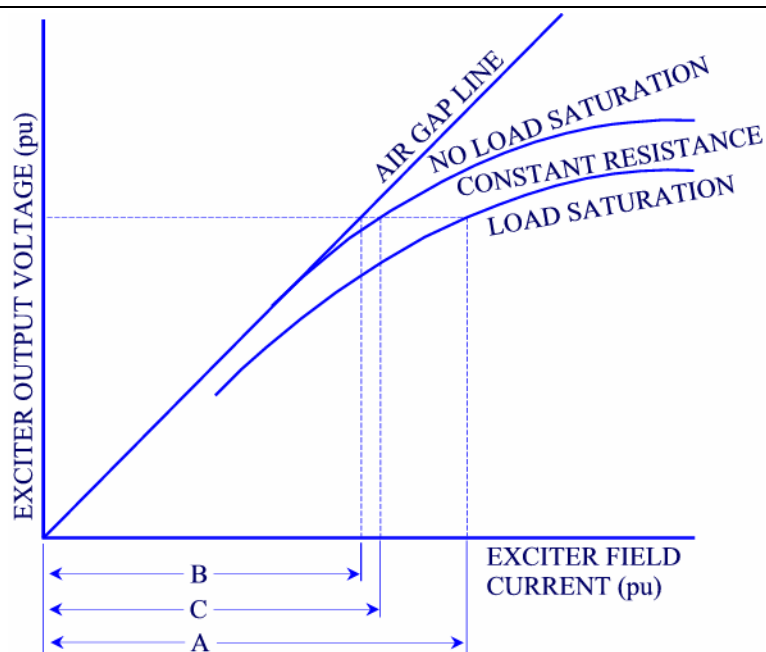
其中M、N由用户指定的两个饱和点求得

$$S_E = M \bullet e^{N \bullet E_{FD1}} \quad (\text{A、B、E型})$$

$$S_{E2} = M \bullet e^{0.75N \bullet E_{FD1}} \quad (\text{C、F、H型, } K_c=0)$$

$$S_{E1} = M \bullet e^{N \bullet V_{E1}} \quad (\text{C、F、H型, } K_c > 0)$$

$$S_{E2} = M \bullet e^{0.75N \bullet V_{E1}} \quad (\text{C、F、H型, } K_c > 0)$$



$$S_E = (A-B) / B \quad (\text{A、B、E型, C、F、H型, } K_c = 0)$$

$$S_E = (C-B) / B \quad (\text{C、F、H型, } K_c > 0)$$

3.4.16 励磁系统整流器调节特性

此特性曲线适用于C、D、F、H、L型励磁系统。

$$\text{当 } I_N \leq 0.51, F_{EX} = 1 - 0.58 I_N$$

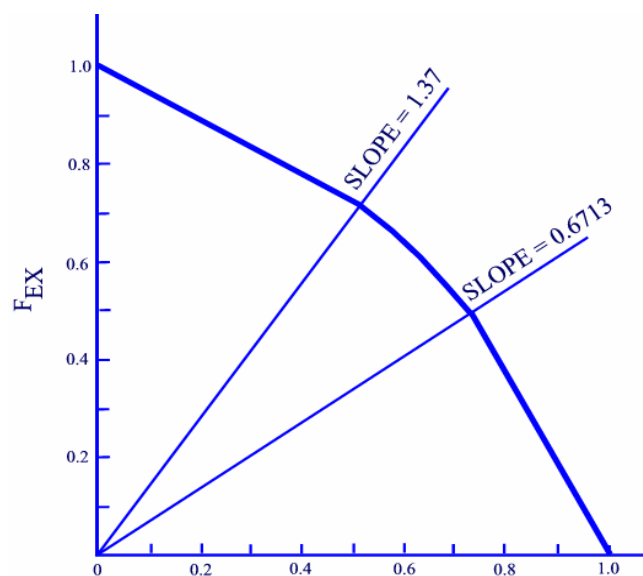
$$\text{当 } 0.51 < I_N < 0.715, F_{EX} = -0.865 (I_N + 0.00826)^2 + 0.93233$$

$$\text{当 } I_N \geq 0.715, F_{EX} = 1.68 - 1.714 I_N$$

$$\text{当 } F_{EX} < 0, F_{EX} = 0$$

$$\text{对于C、F、H型励磁系统, } E_{FD} = V_E F_{EX}$$

$$\text{对于D、L型励磁系统, } V_B = V_E F_{EX}$$



$$I_N = \left| \frac{K_{CI} I_{FD}}{V_E} \right|$$

3.5 中国电机工程学会励磁工作组模型（F 型、子型 M—V）

该系列模型是1994年提出的，吸取了IEEE模型的精华，在模型表达上采用高阶的传递函数配合可变的类型选择变量，使同一个模型可以模拟更多的励磁系统，并增加了过励限制、过励保护和低励磁限制功能，以适应中长过程计算的需要。

在实际工作中发现，该模型有需要改进的方面：

1) FM-FV模型中，都采用串联PID控制。现场部分设备采用并联PID控制，在将并联的传递函数转换为转换串联方式时，无法考虑支路限幅等小环节，也存在部分并联PID不能等效转化为串联PID的问题；

2) 原FM-FV模型中，当KV=0时，第一环节可表述为比例-积分环节，此环节应设置限幅；

3) 励磁模型的过励限制、低励限制环节模型过于单一，且限制的实现方式单一，实际过励限制与低励限制的有多种不同实现形式，并且与AVR主环的配合方式有多种。

为此，提出了一组新的包含并联PID控制环节的励磁系统模型，并且对原有FM-FV模型进行了完善。对欠励磁限制功能进行了完善。主要的改动如下：

- 1) 在原有励磁模型的串联PID环节中增加了限幅环节VA1MAX和VA1MIN；
- 2) 对FV及FU模型的可控硅整流器模型进行了补充修正；
- 3) 增加了并联的PID环节（代替原来的串联PID环节）；
- 4) 对低励限制环节的限制曲线设定进行修改。

第3.5.1、3.5.2、3.5.3、3.5.4节，对原有模型进行了说明，同时在原有模型基础上增加了串联PID的限幅环节和FV、FU模型的修正，具体可参见3.5.4节中的框图，相关参数和设置在新增的3.5.3节中的F#卡填写。

第3.5.5和3.5.6节，对含有并联PID环节的模型的数据卡和框图进行了说明，其中含有对FV、FU模型的修正。

第3.5.7、3.5.8、3.5.9节，对过励限制和低励限制模型进行了说明，其中包含了对低励限制环节的限制曲线的修正及其说明，增加了EL+卡。

一个完整的模型一般需要两张或三张卡来填写参数，即F卡（子型 M—V）、继续卡F+和F#卡。

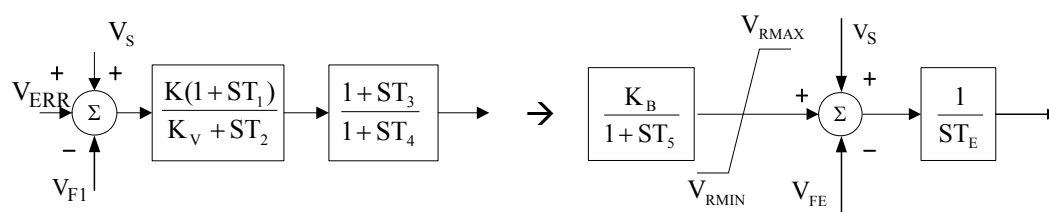
[illegible]

注：

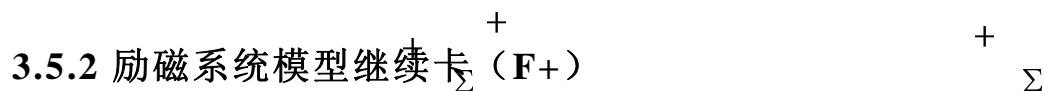
- 1) 17-20列的 R_C 和21-24列的 X_C 的功率基准值为发电机卡MF卡中29-32列的值。
- 2) 本卡第三列可以输入PSS信号接入点选择代码，要求填写整数。如果非零，对于FM、FN、FO、FP、FQ、FR、FS、FT型，接入点为VR限幅后；对于FU、FV型，接入点为VA限幅的前面。

例如：

对于FM型励磁系统模型，第三列非零时，PSS信号的输入位置变为



对于FU型励磁系统模型,第三列非零时,PSS信号接入位置为



		1								2								3								4								5								6								7							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
F	+	NAME								KV	ID	V _{AMAX}	V _{AMIN}	K _B	T ₅	K _E	T _E	S _{E1}	S _{E2}	V _{RMAX}	V _{RMIN}	K _C	K _D	K _{L1}	V _{L1R}	E _{FDMAX}																															
A2		A8								F4.0	A1	F5.3	F5.3	F4.2	F4.2	F4.2	F4.2	F5.4	F5.4	F4.2	F4.2	F4.2	F4.2	F4.2	F4.2	F4.2																															

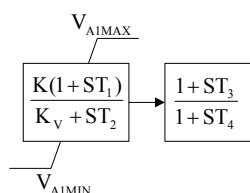
列	说明
1—2	卡片类型 F+
4—15	母线名及基准电压
16	电机识别码
17—21	V_{AMAX} , 调节器最大内部电压 (pu)
22—26	V_{AMIN} , 调节器最小内部电压 (pu)
27—30	K_B , 第二级调节器增益 (pu)
31—34	T_5 , 第二级调节器时间常数 (秒)
35—38	K_E , 励磁机自励磁系数 (pu)
39—42	T_E , 励磁机时间常数 (秒)
43—47	S_{E1} , 最大励磁电压处的励磁机饱和系数
48—52	S_{E2} , 75%最大励磁电压处的励磁机饱和系数
53—56	V_{RMAX} , 电压调节器最大输出 (pu)
57—60	V_{RMIN} , 电压调节器最小输出 (pu)
61—64	K_C , 换相电抗的整流器负载因子
65—68	K_D , 去磁因子 (pu)
69—72	K_{L1} , 励磁机励磁电流限制增益 (pu)
73—76	V_{L1R} , 励磁机电流限制 (pu)
77—80	E_{FDMAX} , 最大励磁电压 (pu)

1) 对于第57~60列的 V_{RMIN} ，如果填写的为正值，程序读入后自动转换成负值。因此在填写该值时，即可以填写负号，也可以不填写负号。

1									2									3									4									5									6									7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
F #	NAME								KV	ID																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

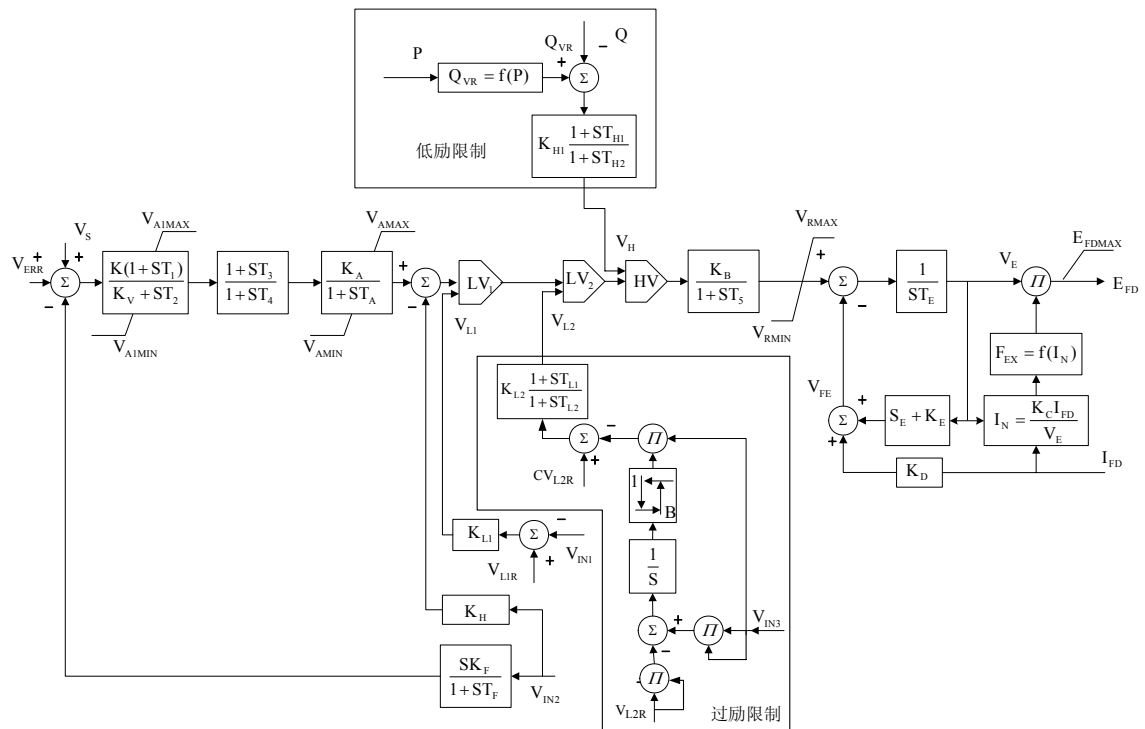
注:

- 1) 励磁模型FM-FV做了两个方面的改进，分别为
 - 励磁模型FM-FV的串联PID环节增加限幅环节，即

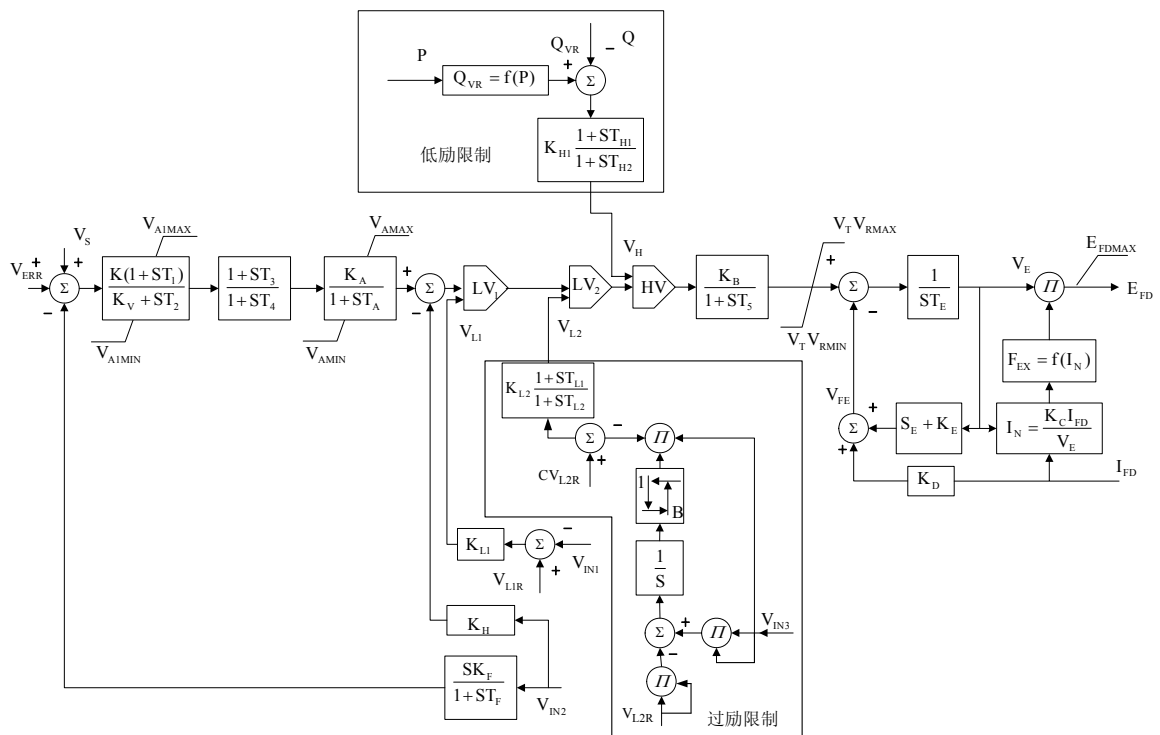


- 对励磁模型FV-FU的输出进行了修正，即当励磁电流小于或等于0时，输出电压为零。
- 2) 如果考虑限幅环节，需要填写本卡中的59-68列的限幅值；需要考虑FV和FU卡中的输出修正，需要在本卡中的80列填写非零整数；如果两者都不考虑，则不需要填写F#卡。

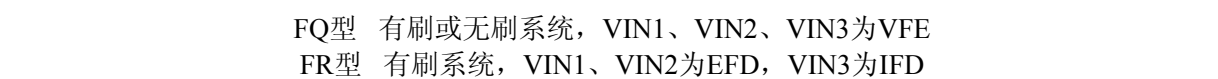
3.5.4 励磁系统模型框图（FM~FV）

FM型 有刷或无刷系统， V_{IN1} 、 V_{IN2} 、 V_{IN3} 为 V_{FE} FN型 有刷系统， V_{IN1} 、 V_{IN2} 为 E_{FD} ， V_{IN3} 为 I_{FD}

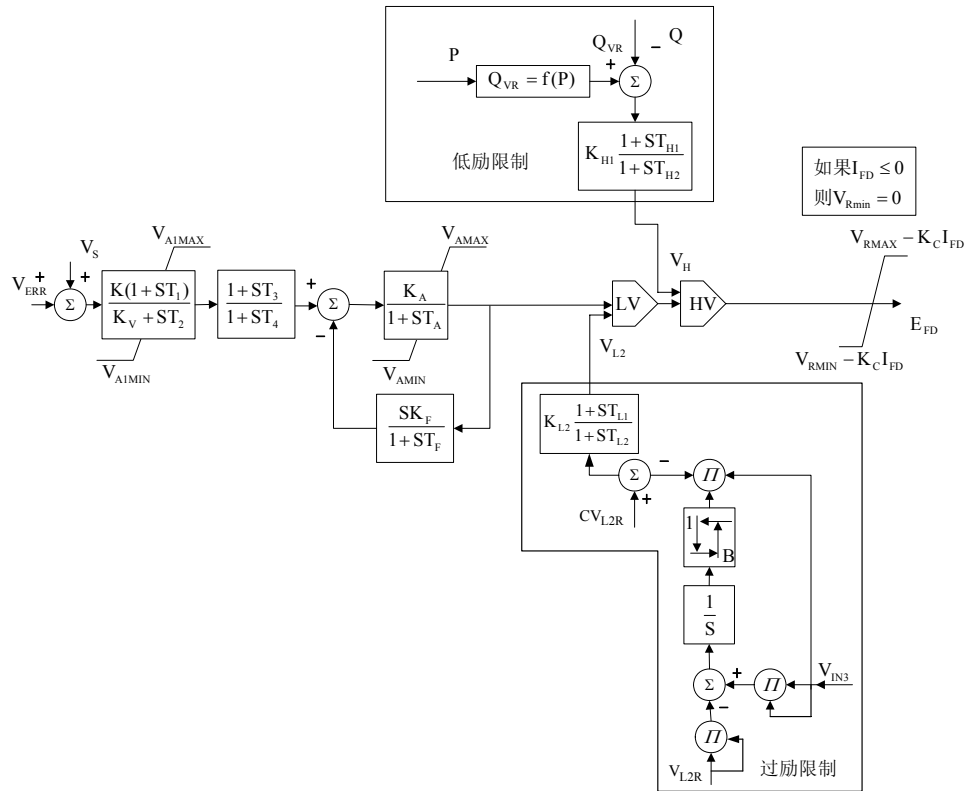
旋转励磁系统模型（一）

FO型 有刷或无刷系统， V_{IN1} 、 V_{IN2} 、 V_{IN3} 为 V_{FE} FP型 有刷系统， V_{IN1} 、 V_{IN2} 为 E_{FD} ， V_{IN3} 为 I_{FD}

旋转励磁系统模型（二）

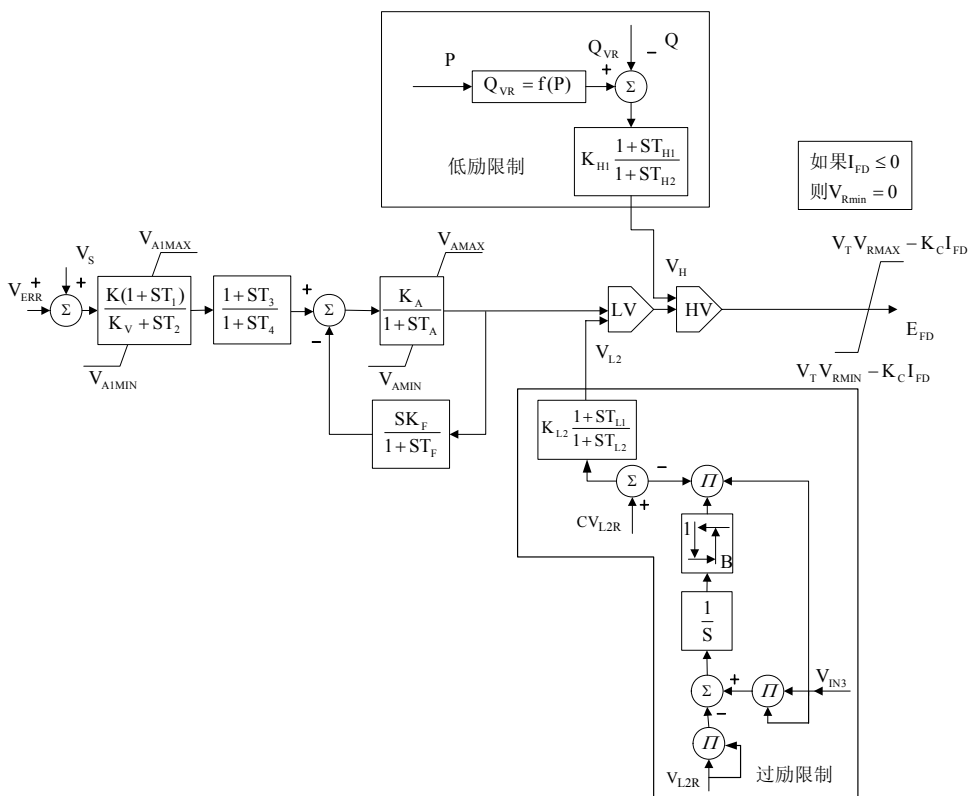
[illegible]

旋转励磁系统模型 (四)



FU型

旋转励磁系统模型（五）



FV型

自并励静止励磁系统模型

3.5.5 改进的励磁系统模型数据卡（FM-FV、F+、F#）

本模型增加了并联的PID环节，代替了原来的串联PID环节。需要填写三张数据卡，即FM-FV、F+、F#卡。F+卡的格式没有任何变化，在此不再说明，参考3.5.2节。

FM-FV卡的格式如下：

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
SUBTYPE	NAME										KV		ID	R _C		X _C		T _R																																K _A		T _A		K _F		T _F		K _H																					
A2	A8										F4.0		A1	F4.3		F4.3		F5.3																																F5.3		F5.3		F5.3		F4.3		F4.2																					

- 列
- 说明
- 1
- 卡片类型 F
- 2
- 励磁子型 M—V
- 3
- PSS信号接入点选择，非零，接入点为VR后
- 4—15
- 母线名及基准电压
- 16
- 电机识别码
- 17—20
- R_C，负载补偿之有功分量（pu）
- 21—24
- X_C，负载补偿之无功分量（pu）
- 25—29
- T_R，调节器输入滤波器时间常数（秒）
- 58—62
- K_A，调压器增益（pu）
- 63—67
- T_A，调压器放大器的时间常数（秒）
- 68—72
- K_F，调压器稳定回路增益（pu）
- 73—76
- T_F，调压器稳定回路时间常数（秒）
- 77—80
- K_H，励磁机电流反馈增益（pu）

本卡相关说明参考3.5.1节。

F#卡的格式如下：

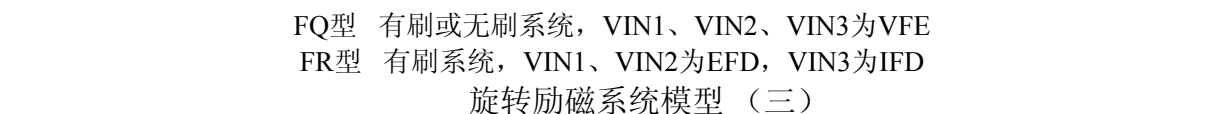
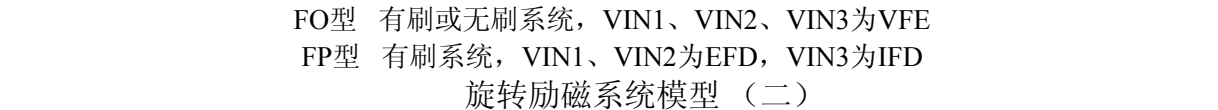
1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
F #	NAME										KV		ID	IPID		KP		KI		KD		TD		INTMAX		INTMIN		DEVMAX		DEVMIN																																																	
A2	A8										F4.0		A1	I1		F5.0		F5.0		F5.0		F5.0		F5.0		F5.0		F5.0		F5.0																																																	

- 列
- 说明
- 1—2
- 卡片类型 F#
- 4—15
- 母线名及基准电压
- 16
- 电机识别码
- 18
- IPID，必须等于1
- 19-23
- KP，并联PID环节的比例环节系数

- 1) F#卡18列必须填写1;
- 2) 如果考虑FV和FU卡中的输出修正, 必须在本卡中的80列填写非零整数。

[illegible]

中国电力科学研究院系统所





自并励静止励磁系统模型

该模型需要一张或两张卡，为EL卡和EL+卡。当采用3.5.9节第3种低励限制形式时需要填写EL+卡。

		1								2								3								4								5								6								7								8											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
E	L	NAME								KV	ID	I_{FD}^{min} V_{FE}^{min}	B_R								C	K_{L2}	T_{L1}								T_{L2}	T	P_1	Q_1								P_2	Q_2								K_{H1}	T_{H1}								T_{H2}	TYPE								
A2		A8								F4.0	A1	F5.4	F4.1								F4.3	F5.2	F4.2								F4.2	F4.1	F5.2	F5.2								F5.2	F5.2								F5.2	F4.3								F4.3	11								

1										2										3										4										5										6										7																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
E	L	NAME					KV	ID	I_{FD}^{min} V_{FE}^{min}		B _R		C		K_{L2}		T_{L1}		T_{L2}		T		P ₁		Q_1		P ₂		Q_2		K_{H1}		T_{H1}		T_{H2}																																												
A2	A8					F4.0	A1	F5.4		F4.1		F4.3		F5.2		F4.2		F4.2		F4.1		F5.2		F5.2		F5.2		F5.2		F5.2		F5.2		F4.3		F4.3																																											

列	说明
1—2	卡片类型 EL
4—15	母线名及基准电压
16	电机识别码
17—21	$I_{FD\infty}$ 、 $V_{FE\infty}$ ，发电机磁场长期允许电流 (pu)
22—25	B_R ，过励发热允许值
26—29	C，过励恢复系数
30—34	K_{L2} ，过励限制回路增益 (pu)
35—38	T_{L1} ，过励限制回路时间常数 (秒)
39—42	T_{L2} ，过励限制回路时间常数 (秒)

3.5.8 发电机过励限制和保护说明

• 保护对象

发电机转子

• 过励起因

- 1) 系统电压长期过低，AVR作用于增励。
- 2) AVR故障引起过励磁。

• 判别用电量

- 1) 发电机转子电流——只用于有刷励磁系统。
- 2) 交流励磁机励磁电流——无刷励磁系统必须用，有刷励磁系统也可以用。

• 限制量

限制调节器输出电压，从而达到限制发电机转子电流。在实际装置中，不能直接限制转子电流或电压；在程序中也可以直接限制转子电流和电压。

• 判据

原则是等效发热反时限特性，由两点确定限制曲线。

- 1) 长期允许电流

$$t = \infty, I_{FD} = I_{FD\infty}$$

- 2) 2倍 IFDN 时的允许电流

$$t = t_{2.0}, I_{FD} = I_{FD\infty}$$

$$t (I_{FD}^2 - A) = B$$

$$A = I_{FD\infty}^2$$

$$B = (4 - I_{FD\infty}^2) t_{2.0}$$

例如：

$$I_{FD\infty} = 1.05$$

$$t_{2.0} = 10 \text{ 秒}$$

则有，

$$A = 1.05^2 = 1.1025$$

$$B = (4 - 1.05) \times 10 = 28.975$$

$$t = B / (I_{FD}^2 - 1.1025) = 28.975 / (I_{FD}^2 - 1.1025)$$

限制特性曲线

IFD	1.05	1.06	1.07	1.1	1.2	1.4	1.6	2.0	2.2	2.5	3.0
t (秒)	∞	1228	646	263.6	85.3	33.7	19.9	10	7.75	5.6	3.7

• 判定过励过程

过励过程可能是一种近视恒定过励过程，例如调节器故障引起过励，有可能是这种过程，过渡过程结束后， I_{FD} （或 I_{FDD} ）为固定值。

过励也可能是一种逐步发生、逐步增大过励值的慢过程。如，系统电压逐步下降，可以引发电机的 I_{FD} 从小于 $I_{FD\infty}$ 到等于 $I_{FD\infty}$ ，再大于 $I_{FD\infty}$ 。过励值也在不断变化。

因此，一般不用计算过励时间的方法来判别过励是否还允许，而是计算 $B = \int (I_{FD}^2 - A)dt$ 是否达到允许值的方法来确定是否应该进行限制。即， $B = B_0$ 时限制器动作。

限制器动作后，应保持发电机转子电流小于 $I_{FD\infty}$ ，以便把过励过程中产生的过多的热量释放出去。一般取 $0.90 \sim 0.95 I_{FD\infty}$ 。

当限制器不能有效地限制 I_{FD} 时，则应由过励保护动作，把发电机切除，以保证机组安全。因此，在 $B > B_0$ 后，要进行计时，经 T 秒后， I_{FD} 应小于 $I_{FD\infty}$ ， B 应小于 B_0 。且不断减少，否则应切机。

有四种状态：

1) $B=0$, $I_{FD} \leq I_{FD\infty}$ ，过去未发生过励，无过热积累，当前也不过励。
 2) $B=0$, $I_{FD} > I_{FD\infty}$ ，过去未发生过励，无过热积累，当前发生过励，应进行过热积累计算 $B = \int (I_{FD}^2 - A)dt$ 。

3) $B > 0$, $I_{FD} > I_{FD\infty}$ ，过去发生过励，有过热积累，当前也在过励，应进行过热积累计算 $B = \int (I_{FD}^2 - A)dt$ 。

4) $B > 0$, $I_{FD} \leq I_{FD\infty}$ ，过去发生过励，有过热积累，当前不再过励（限制器动作后或系统电压水平恢复后），也应进行积累计算 $B = \int (I_{FD}^2 - A)dt$ 。此时向反方向积累，是释放过程，这一计算直到 $B \leq 0$ 为止。当 $B \leq 0$ 时，令 $B=0$ 。

过励的判别与动作过程如下：

- 1) 第一次发生过励，就进行发热积累计算。
- 2) 当发热积累超过给定值， $B \geq B_0$ 时，发出限制信号，并使调节器输出电压限制在与 $(0.90 \sim 0.95) I_{FD\infty}$ 相对应的水平上。同时进行计时， $T = T + \Delta t$ 。
- 3) 限制器动作正常，经过一定时间（1~2秒）， I_{FD} 将小于 $I_{FD\infty}$ 。此时 B 仍有 $B > 0$ ，还需进行反向（释放）发热积累计算，直到 $B \leq 0$ 为止。
- 4) 限制器动作不正常， $T > T_0$ 后，仍不能使 $B < B_0$ 、 $I_{FD} < I_{FD\infty}$ ，则切机。
- 5) 限制器动作正常时，虽然可有 $I_{FD} < I_{FD\infty}$ ，但是，若由系统电压过低引起过励，有可能导致定子过流或发电机失步，也可能因此而切机。

• 瞬时强励限制

在高起始励磁系统中，设有瞬时过励限制，或者称为强励顶值限制。其作用是防止在调节过程中发电机转子电流瞬时超过容许的强励顶值。其与前述过励限制有两点不同：

- 1) 其定值是强励容许值，不是长期允许值。
- 2) 动作是瞬时的，不是按发热积累考虑的延时。

• 过励限制与瞬时强励限制的关系

两者定值不同，动作特性不同，但作用点相同，都是通过限制调节器输出达到各自的目的。两者是“或”的关系。哪一个动作都要起作用。可用两种办法解决：

- 1) 主环的前向通道用一个低通门串联。
- 2) 主环前向通道保持一个低通门，限制回路另设一个低通门。两个限制低者通过。

3.5.9 发电机低励限制和保护说明

．起因

- 1) 系统电压升高
- 2) AVR故障

．低励限制型式

- 1) 直线型

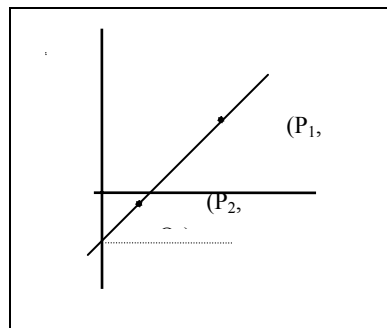
$$Q = K \cdot P + C$$

$$K = \tan \alpha$$

一般给定 K 和 C 或二点法确定 K 和 C 。

$$K = \frac{Q_1 - Q_2}{P_1 - P_2}$$

$$C = Q_2 - \frac{Q_1 - Q_2}{P_1 - P_2} P_2$$



- 2) 圆周型

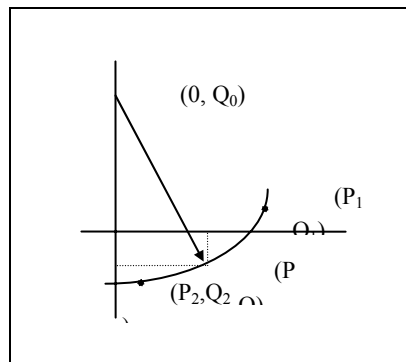
圆心在 Q 轴上，方程式为，

$$P^2 + (Q_0 - Q)^2 = r^2$$

$$Q = Q_0 - \sqrt{r^2 - P^2}$$

一般给定 r 、 Q_0 ，或

用两点 (P_1, Q_1) 、 (P_2, Q_2) 求得



$$Q_0 = \frac{1}{2} \left[\frac{P_1^2 - P_2^2}{Q_1 - Q_2} + Q_1 + Q_2 \right]$$

$$r^2 = P_1^2 + (Q_0 - Q_1)^2$$

or

$$r^2 = P_2^2 + (Q_0 - Q_2)^2$$

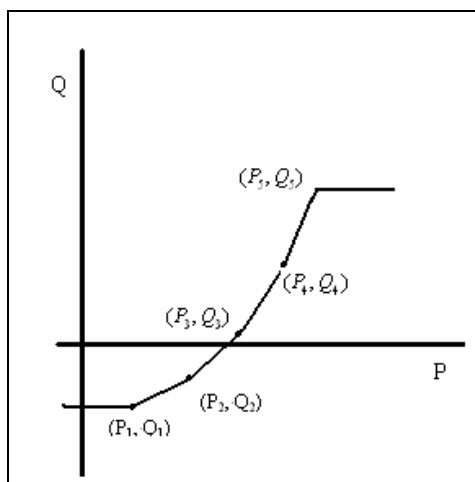
由于不同电压水平下容许进相能力是不同的（相同有功），所以应根据电压水平进行修正，

直线型 $Q = K \cdot P + C \cdot V_t^2$

圆周型 $P^2 + (Q_0 \cdot V_t^2 - Q^2) = (r \cdot V_t^2)^2$

3) 折线型

低励限制曲线用五个无功功率值对应五个有功功率值来设定。



限制曲线与发电机定子电压有关，定子电压变化时，限制曲线随之偏移，偏移的深度与定子电压标么值的平方成正比，公式为：

$$Q_{lim} = Ug(\text{标么值})^2 \times Q_{lim_set}$$

其中， Q_{lim} 是低励限制实际动作值， Q_{lim_set} 是低励限制预先设置值。

各分段函数描述如下：

- $P \leq P_1$ 时， $Q_{lim_set} = Q_1$
- $P_1 < P \leq P_2$ 时， $Q_{lim_set} = K \cdot P + C$ ，其中 $K = \frac{Q_2 - Q_1}{P_2 - P_1}$ 、 $C = Q_2 - \frac{Q_2 - Q_1}{P_2 - P_1} P_1$
- $P_2 < P \leq P_3$ 时， $Q_{lim_set} = K \cdot P + C$ ，其中 $K = \frac{Q_3 - Q_2}{P_3 - P_2}$ 、 $C = Q_3 - \frac{Q_3 - Q_2}{P_3 - P_2} P_2$
- $P_3 < P \leq P_4$ 时， $Q_{lim_set} = K \cdot P + C$ ，其中 $K = \frac{Q_4 - Q_3}{P_4 - P_3}$ 、 $C = Q_4 - \frac{Q_4 - Q_3}{P_4 - P_3} P_3$

- $P_4 < P \leq P_5$ 时, $Q_{\lim_set} = K \cdot P + C$, 其中 $K = \frac{Q_5 - Q_4}{P_5 - P_4}$ 、 $C = Q_5 - \frac{Q_5 - Q_4}{P_5 - P_4} P_4$
- $P > P_5$ 时, $Q_{\lim_set} = Q_5$

3.6 励磁系统模型（FX、FX+）

该模型需要两张数据卡，即FX卡和FX+卡。

FX卡的格式如下：

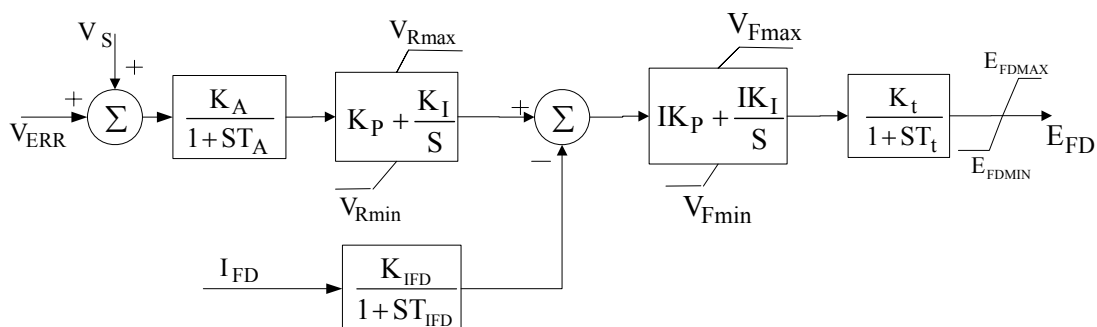
1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																														
F	X	NAME								KV	ID	RC	XC	TR	KA	TA	KP	KI	Vrmax	Vrmin	IKP	IKI	Vfmax	Vfmin	KT	TT																																																					
A2		A8								F4.0	A1	F4.3	F4.3	F4.4	F4.3	F4.4	F4.3	F4.3	F5.3	F5.3	F4.3	F4.3	F5.3	F5.3	F4.3	F4.4																																																					

列	说明
1—2	FX
4—11	节点名
12—15	基准电压（kV）
16	识别码
17—20	RC，负载补偿之有功分量（pu）
21—24	XC，负载补偿之无功分量（pu）
25—28	TR，调节器输入滤波器时间常数（秒）
29—32	KA，调节器增益（pu）
33—36	TA，调节器时间常数（秒）
37—40	KP，比例增益（pu）
41—44	KI，积分系数（pu）
45—49	VRMAX，电压调节器最大输出（pu）
50—54	VRMIN，电压调节器最小输出（pu）
55—58	IKP，电流环比例增益（pu）
59—62	IKI，电流环积分系数（pu）
63—67	VFMAX，电流环的最大限幅（pu）
68—72	VFMIN，电流环的最小限幅（pu）
73—76	KT，可控硅整流器增益（pu）
77—80	TT，可控硅整流器时间常数（秒）

FX+卡的格式如下：

列	说明
1—3	FX+
4—11	节点名
12—15	基准电压 (kV)
16	识别码
27—30	K_{IFD} — 励磁电流反馈环节放大倍数
31—34	T_{IFD} — 励磁电流反馈环节时间常数
73—76	EFDMIN — 最小励磁电压 (pu)
77—80	EFDMAX — 最大励磁电压 (pu)

模型如下:



注：

- 1) FX卡中17-24列的 R_C 和 X_C 的基准功率为MF卡中29-32列指定的功率值。如果MF卡29-32列为空，则为系统基准功率。
- 2) 该励磁模型需要两张数据卡，即FX卡和FX+卡。如果不填写FX+卡，缺省 $K_{IFD}=1$ 、 $T_{IFD}=0$ 、EFD的输出没有 E_{FDMAX} 的限制。

3.7* 励磁系统模型 (E*)

本励磁模型与传统励磁模型不同的是，本励磁模没有任何框图，励磁电压作为一个曲线数据输入。

列	说明
1-2	E*, 数据卡标识
4-11	NAME, 发电机名称
12-15	BASE, 发电机基准电压 (kV)
16	ID, 发电机识别码
18-80	励磁电压曲线所在的文件名称

- 1) 励磁电压作为曲线，存储在 18-80 列中的数据文件中；
- 2) 数据文件必须填写完整的文件名称（带后缀），路径如果不填写，缺省与稳定文件相同；文件名称内部不能带有空格；
- 3) 数据文件中的格式要求如下：
 - 第一列为小数点 “.”，表示是注释行；
 - 励磁电压曲线数据可以有多个数据行组成，每个数据为一个点的数据，最多不能超过 1000 行数据；
 - 每个数据行包括两列，中间用空格分开；第一列为时间（秒），第二列为励磁电压（p.u.）；
 - 数据文件中的所有数据行应该按照时间递增的顺序排列，否则可能会出错；
 - 第一个数据点时间应该为 0 秒时刻，一般应该与稳定计算初始化对应的励磁电压一致；如果不一致，程序自动按照比例对所有的励磁电压进行修改，是初始时刻的数值保持一致。如果第一个时间不等于 0 秒，则程序自动将计算的初始励磁电压作为第一个数值。

列	说明
1—3	标识字母FEX
5—12	NAME, 发电机名称
13—16	BASE, 发电机基准电压 (kV)
17	ID, 发电机识别码
19—23	AMP1, 第一个波动的幅值, 百分数或标么值
24—28	FREQ1, 第一个波动的频率 (弧度/秒)
29—33	ANGL01, 第一个波动的初始相位 (弧度)
34—38	TBEGIN1, 第一个波动的起始时间 (周波)
39—43	TEND1, 第一个波动的结束时间 (周波)
45—49	AMP2, 第二个波动的幅值, 百分数或标么值
50—54	FREQ2, 第二个波动的频率 (弧度/秒)
55—59	ANGL02, 第二个波动的初始相位 (弧度)
60—64	TBEGIN2, 第二个波动的起始时间 (周波)
65—69	TEND2, 第二个波动的结束时间 (周波)
80	IPER, =0表示前两个波动的幅值都是励磁参考电压初值的百分数, 否则, 为标么值。

1) 该功能在励磁参考信号的基础上叠加一个周期振荡的正弦值，在一张FEX卡中最多可以同时填写2个正弦信号，每台发电机可以填写多个FEX数据卡，所有的波动分量自动累加；

3) 波动的幅值可以填写百分数或者标么值，在80列填写0或者不填写，则表示填写的波动幅值为励磁参考电压初值的百分数；在80列填写一个非零值，表示填写的是标么值；

$$V_{\text{REF}} = V_{\text{REF0}} + A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_{01}) + A_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_{02})$$

1-3	OEX
5-12	发电机节点名
13-16	基准电压
17	识别码
19	ALL, 输出下面所有的变量
21	VC, 考虑RC、XC后的励磁输入电压信号
23	VF, 并联校正环节 $\frac{SK_F}{1+ST_F}$ 的输出信号
25	VS, PSS信号
27	VAI2, 串联校正环节 $\frac{K(1+ST_1)}{K_V+ST_2} \rightarrow \frac{1+ST_3}{1+ST_4}$ 的输出信号
29	VA
31	VL2, 过励限制部分的输出信号
33	VH, 低励限制部分的输出信号
35	VRA, 模拟综合放大器环节 $\frac{K_B}{1+ST_5}$ 的输入信号
37	VR, 调压器输出信号
39	VFE
41	VE
43	FEX
45	EFD, 励磁系统输出信号
47	VINP, $1/(1+sTr)$ 环节的输出
49	VERR
51	DVINP, $\frac{K(1+ST_1)}{K_V+ST_2}$ 的输入信号
53	V12, $\frac{K(1+ST_1)}{K_V+ST_2}$ 的输出信号
55	LV1_INP
57	LV2_INP

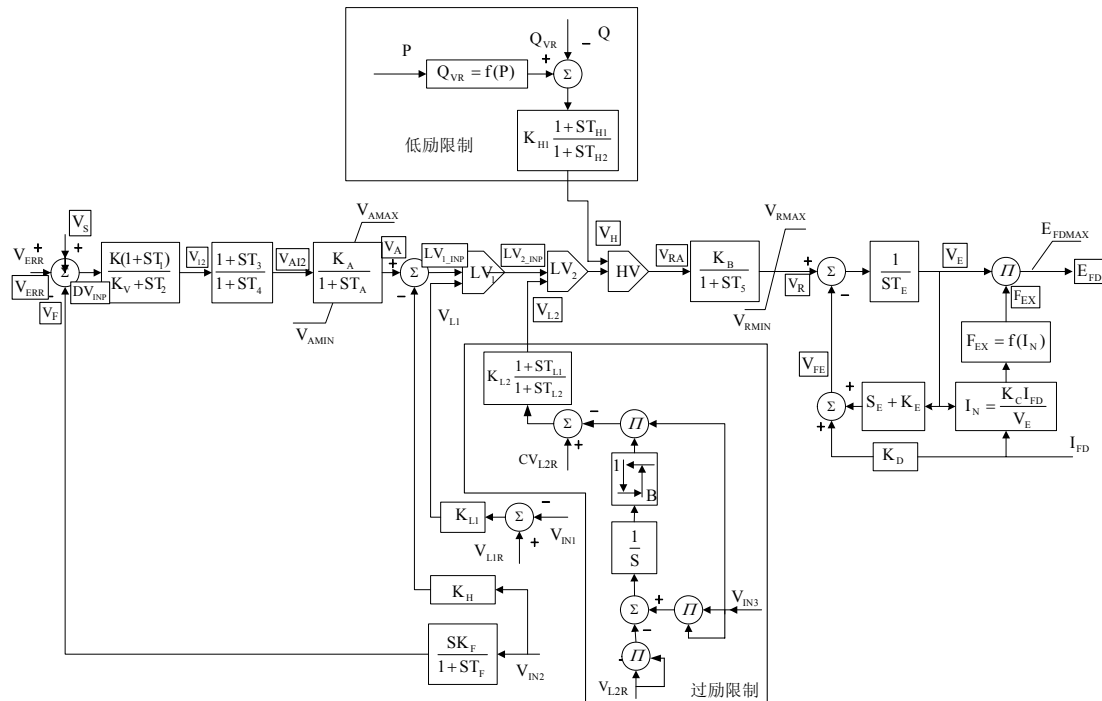
中国电力科学研究院系统所

1) 本功能目前只能输出FM/FN/FO/FP/FQ/FR/FS/FT/FU/FV型励磁模型计算过程中的部分内部变量;

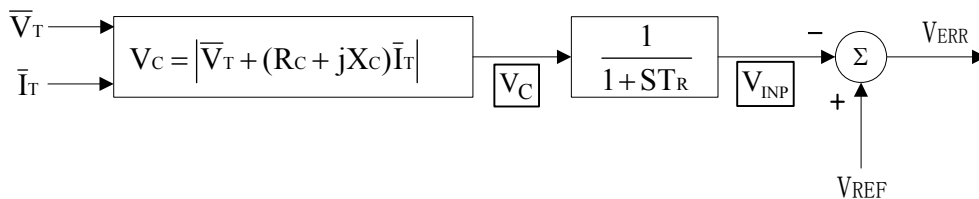
2) 在上述的21~45列填写非零整数时, 可以输出励磁模型中对应的变量。在第19列填写非零整数可以输出21~45列所有的变量。

3) 结果可以输出到文本文件和曲线文件, 填写1只输出到文本文件, 填写2只输出到曲线文件, 填写3同时输出到文本文件和曲线文件。文本文件的名称为“稳定文件名+_AVR.OUT”, 曲线文件的名称为“稳定文件名+_AVR.CUR”, 与稳定数据文件在同一个目录下。

4) 各个变量在模型框图中的位置如下图所示。(以FM型模型为例, 其它类似)



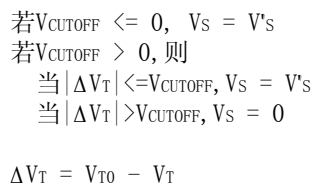
VC信号位置为



			1								2								3								4								5								6								7								8										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
S	T	Y	P	E	NAME								KV		ID	K _{QV}		T _{QV}		K _{QS}		T _{QS}		T _Q		T _{Q1}		T' _{Q1}		T _{Q2}		T' _{Q2}		T _{Q3}		T' _{Q3}		V _{S MAX}		V _{CUTOFF}		V _{SLIP}		REMOTE SIGNAL BUS NAME AND BASE KV																									
A2					A8								E4.0		A1	E4.3		F3.3		E4.3		F3.3		E4.2		E4.3		E4.3		E4.3		E4.3		E4.3		E4.3		E4.3		E4.3		F2.2		A8				E4.0																					

电力系统稳定器模型有四种:

- 其传递函数框图如下:



- 1) 必须: $K_{QV}, T_{QS}, K_{QS}, T_{QV}, T_Q, T_{Q1}, T'_{Q1}, T_{Q2}, T'_{Q2}, T_{Q3}, T'_{Q3}, V_{SMAX}, V_{CUTOFF}, V_{SLOW}$
- 2) 若 $V_{SLOW} \leq 0$, $V_{SMIN} = -V_{SMAX}$
- 3) 若 $V_{SLOW} > 0$, $V_{SMIN} = -V_{SLOW}$
- 4) e_{ts} 为暂态稳定器的输出

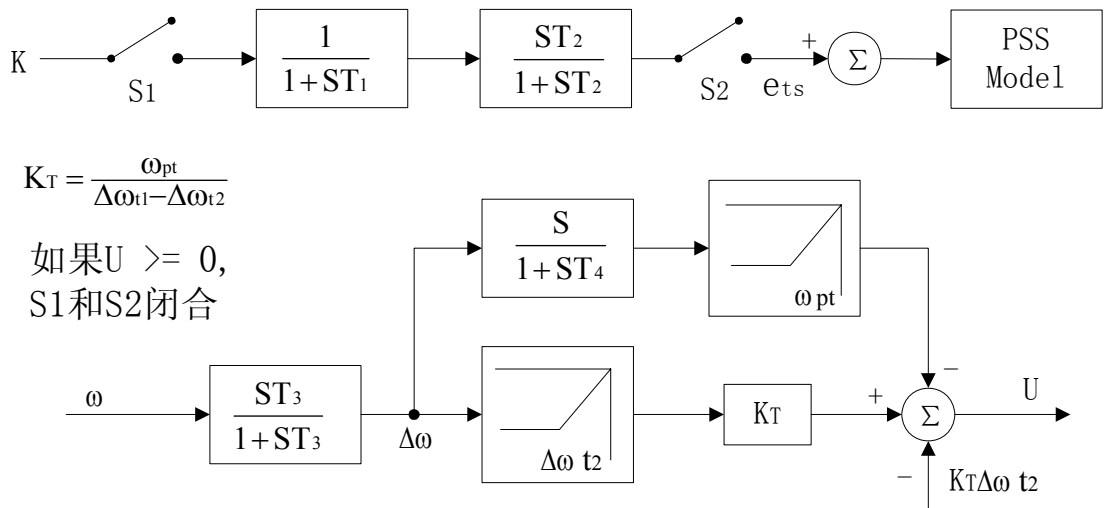
1) 对于SP卡和SG卡, 24-27列的控制增益 K_{QS} 的基准容量是77-80列填写的基准容量值; 如果没有填写, 则为发电机卡MF卡中29-32列的值。

[illegible]

列	说明
1-2	ST, 卡类型
4-11	NAME, 母线名
12-15	kV, 基准电压 (kV)
16	ID, 发电机识别码
17-31	T ₁ , T ₂ , T ₃ , 时间常数 (秒)
32-37	K, 频率标么值常数
38-52	ω _{pt} , Δω _{t1} , Δω _{t2} , 频率偏差 (Hz), 以正数输入, 程序自动进行转换
53-57	T _{DELAY} , 触发延时时间常数 (周)
58-62	T ₄ , 时间常数

注：ST卡只能和PSS中的SS卡或SF卡一起使用。

模型如下：



4.3 PSS 模型（SH、SH+、模型 1）

对于本模型，需要两张数据卡，即SH卡和SH+卡。

SH卡：

1										2										3										4										5										6										7										8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																					
SH		GEN NAME								BASE	ID	TD	T1	T2	T3	K0	K1	K2	K3	K	VSMAX	VSMIN	KP	KMVA																																														
A2		A8								F4.0		A1	F5.4	F5.3	F5.3	F5.3	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.3	F5.3	F5.3	F5.4	F4.0																																													

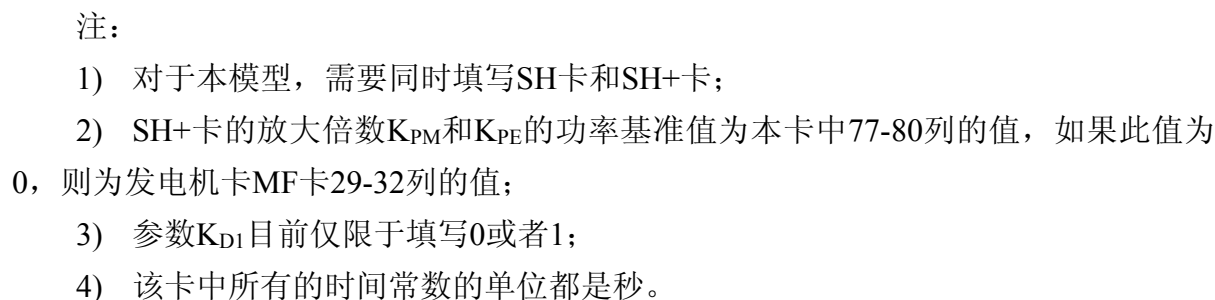
列	说明
1-2	PSS卡名称SH

1) 该模型最多需要两张数据卡，即SH和SH+卡。SH卡必须填写；如果需要填写T4和K4，才需要填写SH+卡；否则，不需要填写SH+卡。填写时，如果K4大于0，T4也必须大于0。

4.4 PSS 模型 (SH、SH₊、模型 2)

1										2										3										4										5										6										7										8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																					
SH		GEN NAME						BASE		I D							T1		T2		T3		K0		K1		K2		K3		K		VSMAX		VSMIN																																			
A2		A8						F4.0		A1							F5.3		F5.3		F5.3		F5.4		F5.4		F5.4		F5.4		F5.3		F5.3		F5.3																																			

列	说明
1—2	PSS卡名称SH
4—11	节点名
12—15	基准电压
16	电机识别码
22—26	T ₁
27—31	T ₂
32—36	T ₃
37—41	K ₀
42—46	K ₁
47—51	K ₂
52—56	K ₃



该模型需要两张数据卡，即SI和SI+卡。

1										2										3										4										5										6										7										8																										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0							
SH	+	GEN NAME							BASE	ID	Trw	T5							T6							T7							Kr							Trp							TW							TW1							TW2							KS							T9							T10							T12							INP
A2		A8							F4.0	A1	F4.4	F5.3							F5.3							F5.3							F6.4							F4.4							F5.3							F5.3							F5.3							F4.2							F5.3							F5.3							F5.3							IL

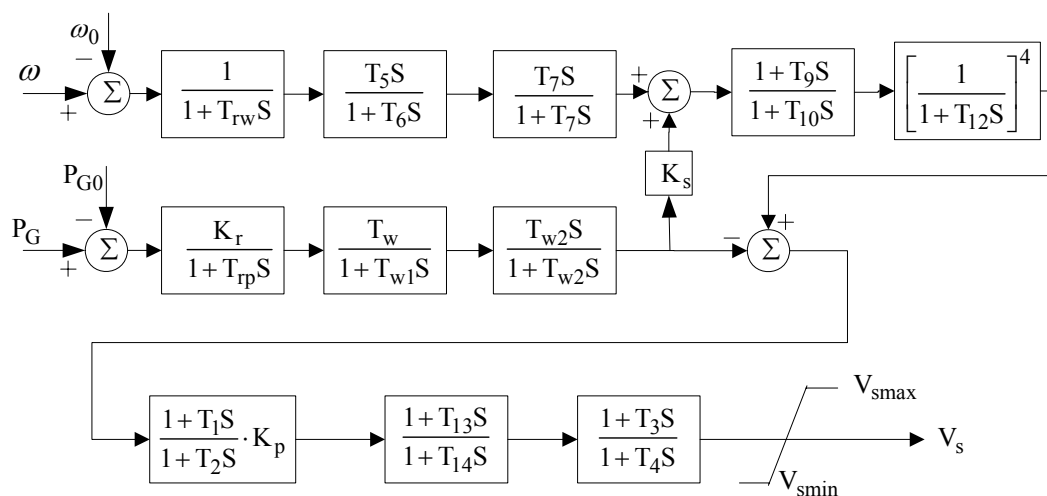
2010 年 06 月 —136— 中国电力科学研究院系统所

[illegible]

2010年06月 —137— 中国电力科学研究院系统所

- 64 IB, 零或空格, 输入信号为发电机速度偏差;
 =1, 输入信号为母线频率偏差;
 =2, 输入信号为虚拟电势EQ的频率偏差;
 65-72 BUS_NAME, 输入母线频率信号对应的母线名称
 73-76 BUS_BSE, 64例为1, 输入频率信号对应的母线基准电压 (kV)
 XQ, 64列为2, 输入计算EQ的电抗值 (pu)
 77-80 KMVA, SI卡中Kr的基准容量 (MVA)

该模型如下:



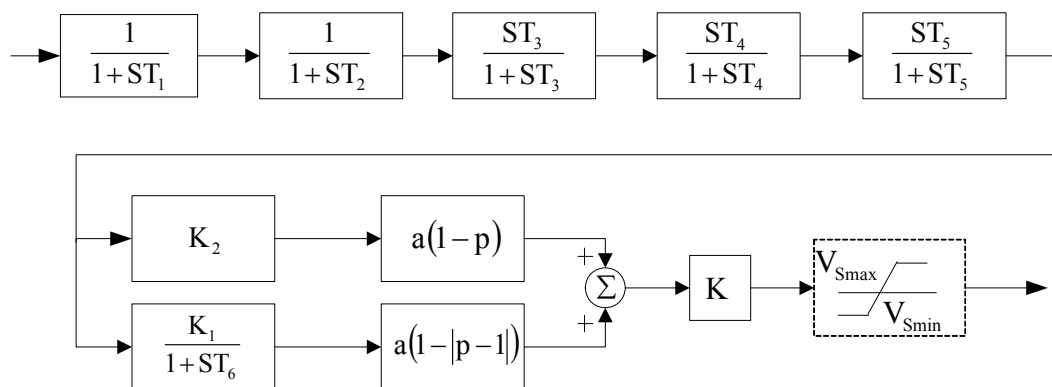
注:

- 1) 本模型需要两张卡, 即SI和SI+卡。
- 2) SI卡中的36-41列的Kr的基准容量SI+卡中77-80列的值; 如果该值为0, 则为MF卡29-32列填写的数值。
- 3) 本模型中时间常数的单位都是秒。
- 4) 频率偏差输入信号可以是发电机本身的速度偏差、某一个母线的频率偏差或者根据发电机虚拟电势EQ计算出的频率偏差。SI+卡64列可以选择:
 - =空格或0, 则输入信号为发电机频率偏差;
 - =1, 表示母线的频率偏差; 此时可以在65-76列指定该母线的名称和基准电压, 如果没有指定, 缺省为发电机机端母线;
 - =2, 表示根据发电机虚拟电势EQ计算出来的频率偏差, 可以在73-76列填写电抗XQ, 不填写缺省采用发电机的等值电抗XQ。

[illegible]

列	说明
1—2	SA
4—11	GEN NAME, 发电机名称
12—15	BASE, 发电机基准电压 (kV)
16	ID, 发电机识别码
17—20	T1, 滤波器时间常数 (秒)
21—24	T2, 滤波器时间常数 (秒)
25—28	T3, 滤波器时间常数 (秒), 必须大于0
29—32	T4, 滤波器时间常数 (秒), 必须大于0
33—36	T5, 滤波器时间常数 (秒), 必须大于0
37—40	T6, 滤波器时间常数 (秒)
41—45	K1, 速度信号放大倍数
46—50	K2, 加速度信号放大倍数
51—55	K*, 基准容量为76-79列的值, 不能为0
56—60	A, 放大倍数, 不能为0
61—65	P, 相位
66—70	LIMIT-MAX, 输出的最大限幅, 必须大于0
71—75	LIMIT-MIN, 输出的最大限幅, 必须小于0
76—79	K的基准容量, 该值为0, 则为MF卡29-32列的容量

模型如下：



SB卡格式如下:

[illegible]

列	说明
1—2	SB, 数据卡标识
4—11	NAME, 发电机名称
12—15	BASE, 发电机基准电压 (kV)
16	ID, 发电机识别码
17	ISIG, 输入信号标志, 0或空格-输入f和Pg; 1-输入f; 2-输入Pg
18—22	TD (秒)
23—27	TW1 (秒)
28—32	TW2 (秒)
33—37	T6 (秒)
38—42	TW3 (秒)
43—47	TW4 (秒)
48—52	T7 (秒)
53—57	KS2
58—62	KS3
63—67	KPG (pu, 基准容量为68-72列的MVA, 如果为空, 则为MF卡29-32 J容量)
68—72	MVA BSE (MVA)

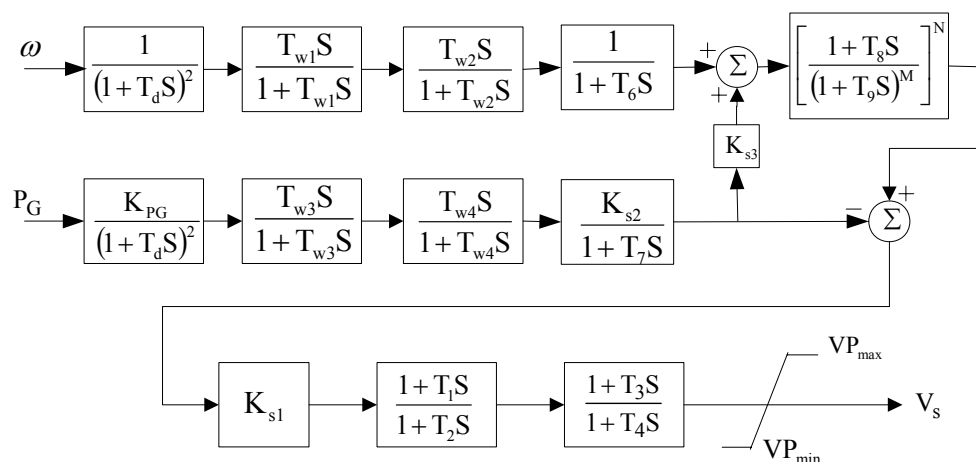
SB+卡格式如下:

[illegible]

列	说明
1—3	SB+, 数据卡标识
4—11	NAME, 发电机名称
12—15	BASE, 发电机基准电压 (kV)
16	ID, 发电机识别码

17—21	T8（秒）
22—26	T9（秒）
27	M
28	N
29—33	KS1
34—38	T1（秒）
39—43	T2（秒）
44—48	T3（秒）
49—53	T4（秒）
54—58	VPMAX
59—63	VPMIN

该模型如下：



注：

1) 该模型必须同时填写SB卡和SB+卡，输入信号可以选择F，也可以选择PG，也可以同时选择F和PG，由SB卡中17列区分；

2) 功率作为输入信号，需要转换为发电机额定容量为基准的输入量，该处理方式有两种：

- SB卡63-67列的KPG填写1，SB卡68-72列的MVA填写发电机的额定容量；（推荐使用该方法）
- SB卡68-72列为空，SB卡63-67列的KPG根据发电机数据卡MF卡29-32列的容量值计算，计算方法为：KPG = MF卡29-32列容量 / 发电机额定容量。（不推荐这种方法）

[illegible]

列	说明
1—2	SD, 数据卡标识
4—11	NAME, 发电机名称
12—15	BASE, 发电机基准电压 (kV)
16	ID, 发电机识别码
17—21	T0, 时间常数 (秒)
22—26	Kq
27—30	Tq, 时间常数 (秒)
31—34	Tp1, 时间常数 (秒)
35—38	Tp2, 时间常数 (秒)
39—42	TP3, 时间常数 (秒)
43—46	Tp4, 时间常数 (秒)
47—50	TP5, 时间常数 (秒)
51—54	Tp6, 时间常数 (秒)
55—59	KSTAB
60—64	T, 时间常数 (秒)
65—69	L1, 限幅 (pu)
70—74	L0, 限幅 (pu)
75—78	MVA, 发电机额定容量 (MVA)

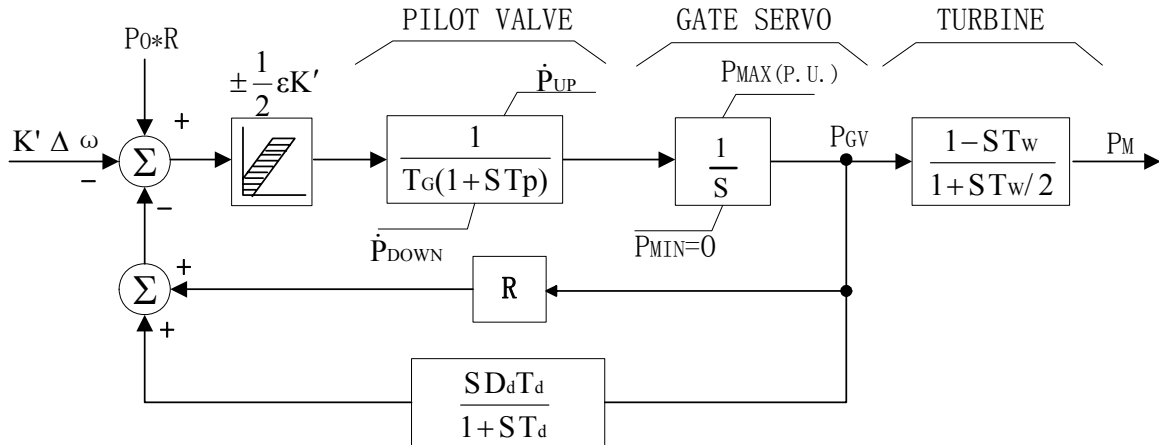
5.1 调速器和原动机组合在一起的模型 (GG、GH)

5.1.1 水轮机和汽轮机通用模型 (GG)

列	说明
1—2	GG, 卡片类型
4—11	NAME, 母线名
12—15	kV, 基准电压 (kV)
16	ID, 电机识别码
17—22	P _{MAX} , 原动机最大输出功率 (MW)
23—27	R, 调差系数, 0.03~0.06
28—32	T ₁ , 控制时间
33—37	T ₂ , 水轮机恢复时间, 汽轮机为零
38—42	T ₃ , 伺服机时间常数
43—47	T ₄ , 汽轮机阀时间常数, 水轮机为零
48—52	T ₅ , 1/2倍水轮机水锤效应时间常数, 或者汽轮机再热器时间常数
53—57	F, 对水轮机 F = -2; 对汽轮机 $F = \frac{\text{再热器前轴容量}}{\text{总的轴容量}}$

5.1.2 水轮机调速器和原动机模型 (GH)

		1								2								3								4								5								6								7								8							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0						
G	H	NAME								kV	I	D	P _{max}								R	T _g	T _p	T _d	T _w /2	VEL CLOSE								VEL OPEN								D ₄	ε	TYPE H HYDRO GOVERNOR																					
A2		A8								F4.0	A1		F6.1								F5.3	F5.3	F5.3	F5.3	F5.3	F5.3								F5.3	F5.3	F5.3	F6.5																												



列	说明
1—2	卡片类型—GH
3	空格
4—15	母线名及基准电压
16	电机识别码
17—22	P_{MAX} , 最大原动机输出功率 (MW)
23—27	R , 调差系数
28—32	T_G , 调速器响应时间
33—37	T_P , 引导阀门时间常数
38—42	T_d , 软反馈时间常数
43—47	$T_{w/2}$, 水锤效应时间常数
48—52	VEL_{CLOSE} , 最大水门关闭速度, 每秒标么。标么值一个单位等于 P_{MAX} , 必为正数
53—57	VEL_{OPEN} , 最大水门开启速度, 每秒标么。
58—62	D_d , 软反馈环节系数
63—68	ε , 死区, 为相对于系统频率的标么值

注:

程序计算:

P_{MAX} 标么值= P_{MAX} /功率基准值

$K'=P_{MAX}$ (标么)

$T_w=2*T_{w/2}$

$\dot{P}_{UP}=(VEL_{OPEN})(P_{MAX}$ 标么值)

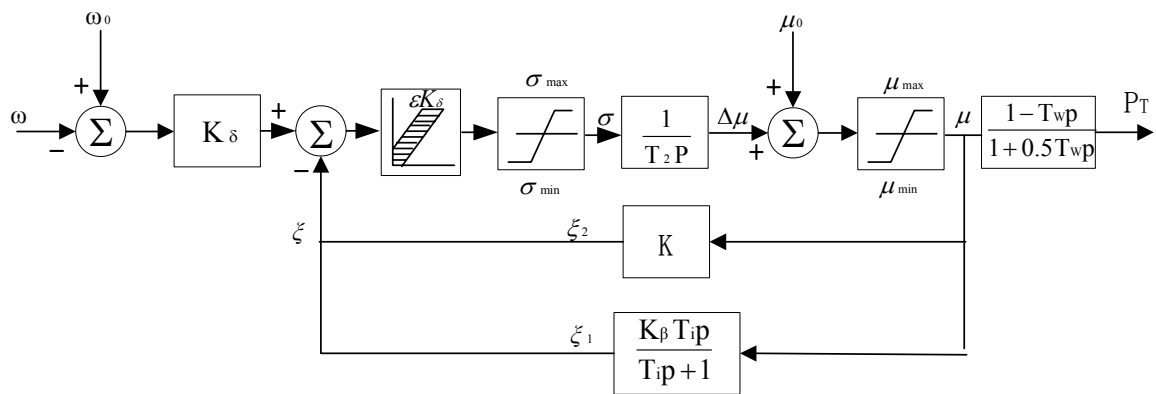
$\dot{P}_{DOWN}=(-VEL_{CLOSE})(P_{MAX}$ 标么值)

典型数据:

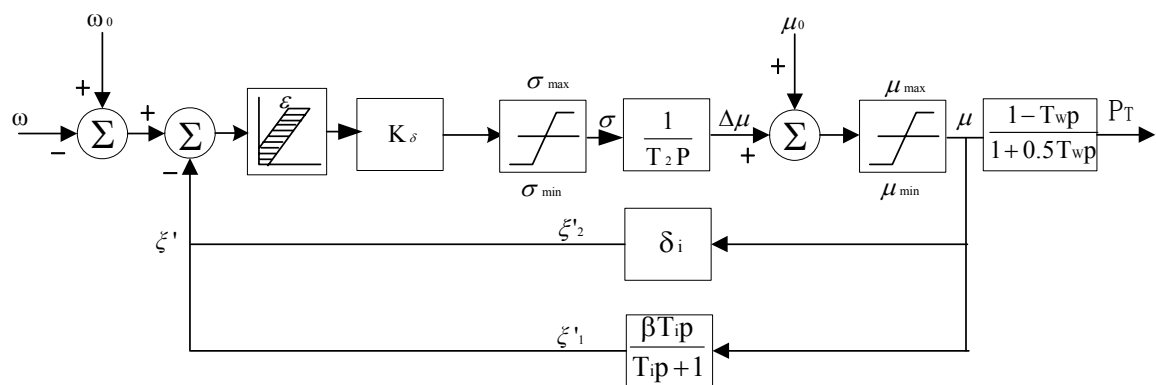
R	0.03~0.06
T_G	典型值为0.2~0.4秒
T_P	典型值为0.03~0.05秒
T_d	$T_d=5T_w$ 典型值为2.5~25.0秒
$T_w/2$	典型值为0.25~2.5秒
VEL_{CLOSE}	典型值为0.1~0.2秒
VEL_{OPEN}	典型值为0.1~0.2秒
	这两项在国内一般称之为错油门行程的限制值
D_d	$D_d=2.5 \frac{T_w}{2H}$ 典型值为0~0.6，H是总的水头。

GH型水轮机调速器框图与国内常用的水轮机调速器框图略有不同，在使用时要加以充分注意，以免搞错，现作简略说明如下：

国内常用的框图有如下两种：[10]



(a)

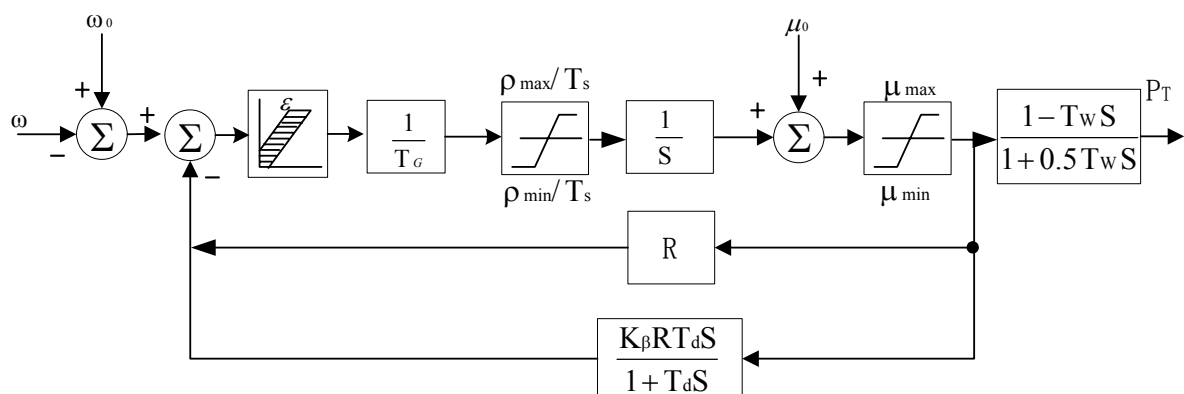


(b)

令： $K_\delta = 1/R$ $K = 1$ $T_i = T_d$
 $\delta_i = R$ $\beta = K_\beta$ $\sigma = \rho$

比较图(a)和图(b)，显然，图(b)是(a)的等价变换，即将放大环节 $\frac{1}{R}$ 移到失灵区之后，相应的硬反馈和软反馈环节均要作变换。

进一步对图(b)再作变换，先将限幅环节 $\int_{\rho_{\min}}^{\rho_{\max}}$ 移到积分环节 $\frac{1}{Ts}$ 后，再将积分环节拆为 $\frac{1}{Ts}$ 和 $\frac{1}{S}$ 两个环节，并且将放大环节 $\frac{1}{R}$ 和 $\frac{1}{Ts}$ 合并记为 $\frac{1}{TG}$ ，则可得到：



(c)

比较图(c)和前面GH型框图，可见两者基本一致。但是在套用国内参数时要注意：

- 1) 时间常数 $TG = R \cdot TS$ ，国内取值 R 一般为 0.05， TS 为 4~8 秒，故 $TG \approx 0.2 \sim 0.4$ 秒。
- 2) 增加了一个惯性环节 $\frac{1}{1+ST_P}$ ，模拟滑阀及其伺服机， $TP \approx 0.03 \sim 0.05$ 秒。
- 3) 水门开闭速度 \dot{P}_{UP} 和 \dot{P}_{DOWN} 对应 ρ_{\max}/Ts 和 ρ_{\min}/Ts ，国内 ρ 的取值一般为 $-1.0 < \rho < 1.0$ ，如 TS 取为 5 秒，则

$$\dot{P}_{UP} = VEL_{OPEN} * P_{MAX}(\text{标么}) = \rho_{MAX}/Ts * P_{MAX}(\text{标么})$$

$$\dot{P}_{DOWN} = (-VEL_{CLOSE}) * P_{MAX}(\text{标么}) = \rho_{MIN}/Ts * P_{MAX}(\text{标么})$$

因此有：

$$VEL_{OPEN} = \frac{\rho_{\max}}{Ts} = \frac{1.0}{4 \sim 8} \approx 0.1 \sim 0.2;$$

$$VEL_{CLOSE} = \frac{-1.0}{4 \sim 8} \approx -0.1 \sim 0.2$$

GH卡中要求输入的量为 VEL_{OPEN} 和 VEL_{CLOSE} ，其与国内参数关系为：

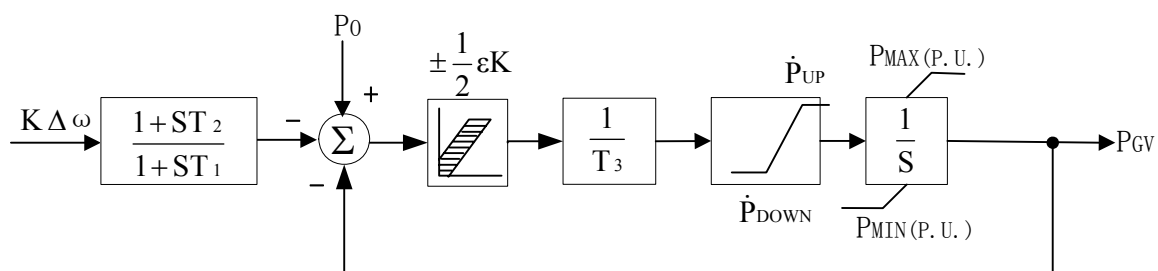
$$VEL_{OPEN} = \frac{\rho_{\max}}{1/R} * \frac{1}{TG} = \frac{\rho_{\max}}{1/R} * \frac{1}{RTs} = \frac{\rho_{\max}}{Ts} = \frac{1.0}{4 \sim 8} = 0.1 \sim 0.2$$

同理 $VEL_{CLOSE} = -0.1 \sim -0.2$ ，但程序中自动加了负号，故 $VEL_{CLOSE} = 0.1 \sim 0.2$

- 1) 硬反馈系数取为调差系数 R
- 2) 软反馈系数 $D_d = K_{\beta} * R$ ，国内取值 $K_{\beta} = \beta / \sigma$ ， $\beta \approx 0 \sim 0.6$ ， $\sigma \approx 0.05 \sim 0.1$ ，因此 $K_{\beta} = 0 \sim 12$ ， $D_d = 0 \sim 0.6$
- 3) 软反馈时间常数 T_d ，国内一般取为 2.5~10 秒

5.2.1 汽轮机调速器模型 1 (GS)

1										2										3										4										5										6										7																																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																			
G	S	NAME								kV	I	D	Pmax								Pmin								R								T1								T2								T3								VEL OPEN								VEL CLOSE								ε								TYPE S STEAM GOVERNOR									
A2	A8								F4.0	A1	F6.1								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F5.3								F6.1								F6.1								F6.5																			



列	说明
1—2	GS, 模型的类型代码
3	空格
4—15	母线名及基准电压
16	发电机识别码
17—22	P_{MAX} , 原动机最大输出功率 (MW)
23—28	P_{MIN} , 原动机最小输出功率 (MW)
29—33	R, 调差系数
34—38	T_1 , 控制时间
39—43	T_2 , 一般为零
44—48	T_3 , 伺服机时间常数
49—54	VEL_{OPEN} , 最大的汽门开启速度 (每秒标么), 必为正数
55—60	VEL_{CLOSE} , 最大的汽门关闭速度 (每秒标么), 必为正数
61—66	ε , 死区, 为相对于系统频率的标么值

1) 程序计算:

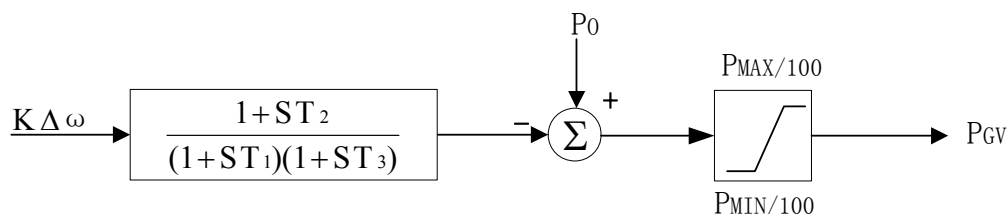
$$K = P_{MAX}(\text{标么值})/R$$

$$\dot{P}_{UP} = (VEL_{OPEN})(P_{MAX}(\text{标么值}))$$

$$\dot{P}_{DOWN} = (-VEL_{CLOSE})(P_{MAX}(\text{标么值}))$$

列	说明
1—2	GL, 模型类型代码
4—11	发电机名
12—15	发电机基准电压 (kV)
16	发电机识别码
17—22	Pe, 原动机额定输出功率 (MW)
23—27	K, 转速放大倍数 (系统速度变动率的倒数)
28—32	ε , 系统迟缓率
33—37	Tr, 调速器滑阀组时间常数 (秒)
38—42	Tb, 中间滑阀组时间常数 (秒)
43—47	To, 油动机开启时间常数 (秒)
48—52	Tc, 油动机关闭时间常数 (秒)
53—57	VELclose, 最大关闭速度 (标么值)
58—62	VELopen, 最大开启速度 (标么值)
63—67	P _{MAX} , 最大原动机输出功率 (标么值, 相对本机额定容量)
68—72	P _{MIN} , 最小原动机输出功率 (标么值, 相对本机额定容量)

		1										2										3										4										5										6										7																																																																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																
T	Y																			I																																																																																																											
P	E	NAME																		kV	D	Pmax																		Pmin										R										T1										T2										T3																																															
G	W																			A	F6.1																		F6.1										F5.3										F5.3										F5.3										F5.3																																																
		A8																		F4.0										A1	F6.1																		F6.1										F5.3										F5.3										F5.3										F5.3																																						



列	说明
1—2	GW, 模型类型代码
4—15	母线名及基准电压
16	发电机识别码

17—22	P_{MAX} ，原动机最大输出功率（MW）
23—28	P_{MIN} ，原动机最小输出功率（MW）
29—33	R—调差系数
34—38	T_1 —控制时间（秒）
39—43	T_2 —水轮机恢复时间（秒）
44—48	T_3 —伺服机时间常数（秒）

说明：

- 1) 程序计算： $K = P_{MAX} / (\text{功率基准值} * R)$
- 2) 用户使用W型调速器时，必须指定原动机数据。原动机W型必须和此型配合。

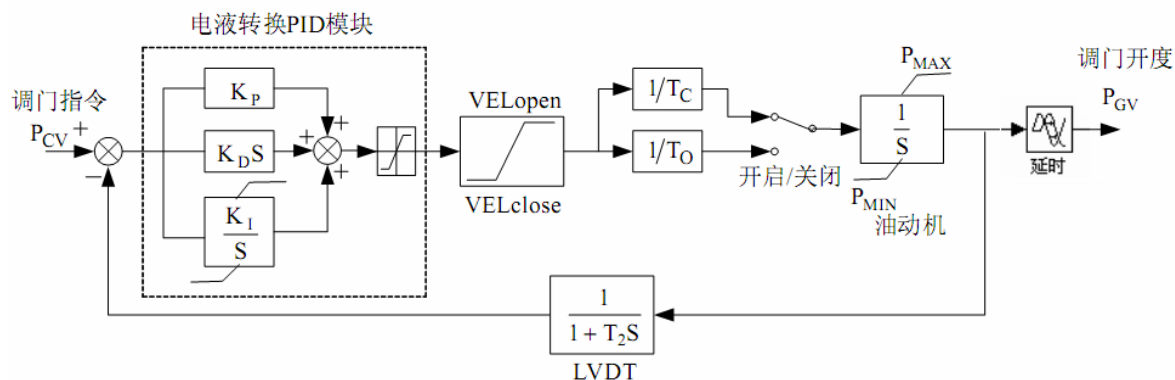
5.3 电调型调速器模型（GA、GI\GI+、GJ、GK、GZ\GD）

电调型调速系统主要由调节系统（控制系统）、电液伺服系统和原动机组成，5.3.1节中的GA为电液伺服系统模型，5.3.2~5.3.5节的GI\GI+、GJ、GK和GM\GM+为调节系统模型，5.4节的TA\TB\TC\TD\TE\TF\TW是原动机模型。如果采用这几个模型组成一个完整的调速器和原动机模型，应同时包含上述三类模型，即应选择GI\GI+、GJ、GK、GM\GM+中的一个模型、GA卡和TA\TB\TC\TD\TE\TF\TW中的一个模型共同组成一个完整的模型。

对于5.3.6节中的GD和GZ卡组成的电调模型，由于其中包含了电液伺服系统模型，因此该卡不需要与GA卡连用，但是必须和5.4.1和5.4.2节的原动机模型TA或TB连用。

5.3.1 电液伺服系统模型（GA\GA+）

该模型需要填写一张或者两张数据卡，即GA卡和GA+卡。



GA卡格式如下：

GA+卡格式如下:

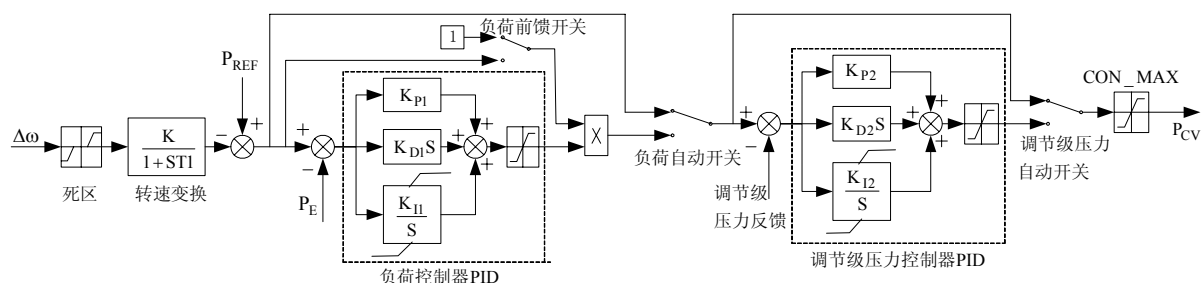
[illegible]

中国电力科学研究院系统所

1) 本卡必须与5.3.2~5.3.4中GI\GI+、GJ、GK模型数据卡、5.4.1~5.4.6节的TA~TF连用，否则无效；

3) GA+卡不需要时可不填写。

本模型需要填写2张数据卡，分别为GI卡和GI+卡。

[illegible]

列	说明
1—2	卡名称GI
4—11	发电机名
12—15	发电机基准电压
16	发电机识别码
17—21	转速变换环节时间常数T1（秒）
22—27	死区 ε （相对系统频率的标么值，死区为 $\pm 0.5 \varepsilon$ ）
28—32	转速偏差放大倍数K
33	负荷自动开关；1-投入，2-切除；无缺省值，必须填写
34—38	负荷控制器PID比例环节倍数K _{P1}
39—43	负荷控制器PID微分环节倍数K _{D1}
44—48	负荷控制器PID积分环节倍数K _{I1}
49—53	负荷控制器PID积分环节限幅上限INTG _{_MAX1}
54—58	负荷控制器PID积分环节限幅下限INTG _{_MIN1}
59—63	负荷控制器PID输出限幅环节的上限PID _{_MAX1}

- GI+卡格式:

[illegible]

列	说明
1—3	卡名称GI+
4—11	发电机名
12—15	发电机基准电压
16	发电机识别码
17	调节级压力自动开关；1-投入，2-切除；无缺省值，必须填写
18—22	调节级压力控制器PID比例环节倍数 K_{P2}
23—27	调节级压力控制器PID微分环节倍数 K_{D2}
28—32	调节级压力控制器PID积分环节倍数 K_{I2}
33—37	调节级压力控制器PID积分环节限幅上限INTG_MAX2
38—42	调节级压力控制器PID积分环节限幅下限INTG_MIN2
43—47	调节级压力控制器PID输出限幅环节的上限PID_MAX2
48—52	调节级压力控制器PID输出限幅环节的下限PID_MIN2
53—57	整个控制环节输出限幅环节的上限CON_MAX
58—62	整个控制环节输出限幅环节的下限CON_MIN

1) 该调速器控制部分模型需要填写两张卡, 即GI/GI+卡;

3) GI卡中17-22列的死区 ε 应填写死区值的两倍, 如死区 ± 0.001 , 则应填写 0.002, 程序将死区限制值处理为 $\pm 0.5 \varepsilon$ 。死区是相对于基准频率的标么值。

4) 负荷自动开关和调节级压力自动开关必须填写1或者2, 不能填写其他值。

5) 对于任何一个限幅环节，上下限幅值都不填或为0时，采用缺省值9999和-9999。

	1								2								3								4								5								6								7								8			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
G J	NAME								KV	I D	T1	ϵ								K1	I	KP	KD	KI	NTGmax	NTGmin	PIDmax	PIDmin	K2	Wmax	Wmin																													
A2	A8								F4.0	A1	F5.3	F6.4								F5.2	H	F5.3	F5.3	F5.3	F4.2	F4.2	F4.2	F4.2	F5.3	F5.3	F5.3																													

列	说明
1—2	GJ, 模型类型代码
4—11	发电机名
12—15	发电机基准电压 (kV)
16	发电机识别码
17—21	转速测量环节时间常数 T_1 (秒)
22—27	转速偏差死区 ε (相对系统频率的标么值, 死区为 $\pm 0.5 \varepsilon$)。
28—32	转速偏差放大倍数 K_1
33	控制方式选择, (各种方式下, 一次调频均能自动投入) =1 — 调节级压力反馈控制; =2 — DEH开环控制; =3 — 负荷反馈控制。 此值必须填写, 无缺省值。
34—38	PID比例环节倍数 K_P
39—43	PID微分环节倍数 K_D
44—48	PID积分环节倍数 K_I
49—52	PID积分环节限幅上限 $INTG_MAX$
53—56	PID积分环节限幅下限 $INTG_MIN$
57—60	PID输出限幅环节的上限 PID_MAX

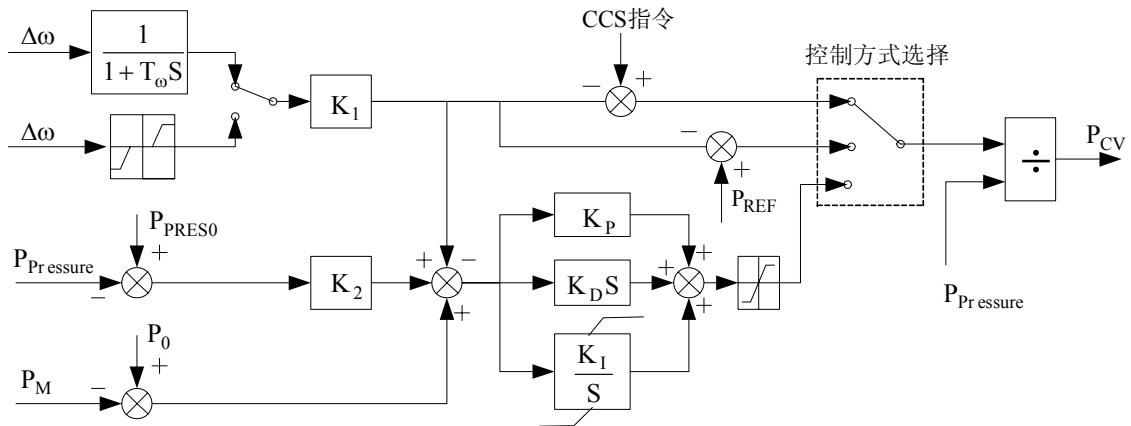
- GJ+卡格式如下:

1								2								3								4								5								6								7											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9											
GJ+	NAME							kV		ID	TWDELAY							TPDELAY							TR																																		
A3	A8							F4.0			A1	F5.0							F5.0							F5.0																																	

注:

- ### 5.3.4 调节系统模型 3 (GK)

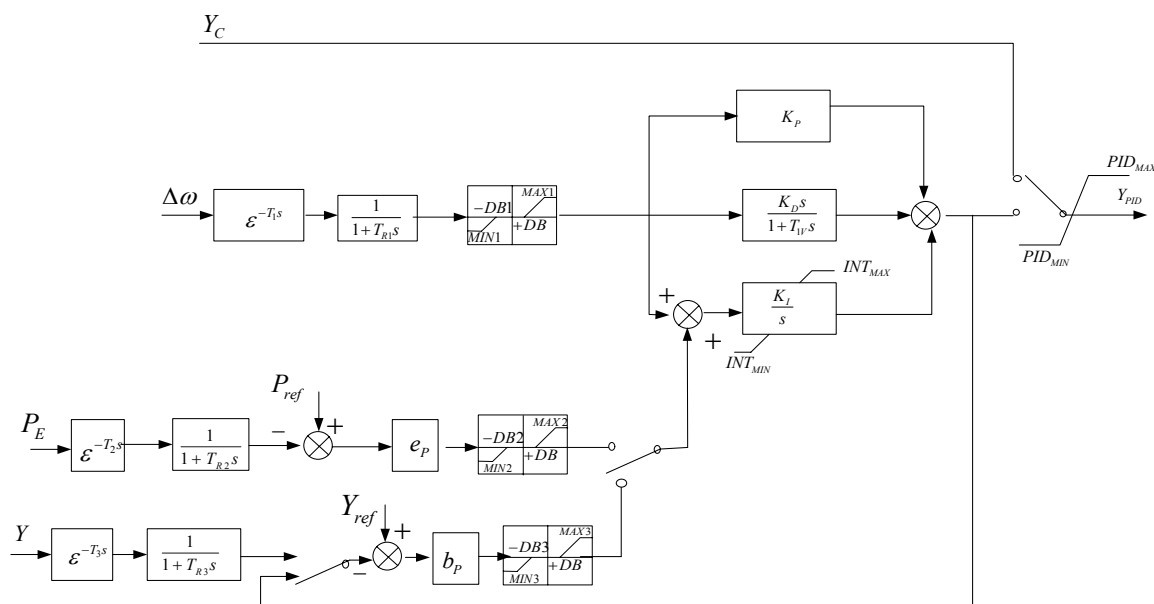
		1								2								3								4								5								6								7												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9														
G	K	NAME								kV	I	D								TW	ε	l	K1								K2	l	KP								KD	KI								NTGmax	NTGmin	PIDmax	PIDmin	Wmax								Wmin
A2		A8								F4.0	A1	F5.3								F6.4	l1	F5.2								F4.2	l1	F5.3								F5.3	F5.3								F4.2	F4.2	P4.2	F4.2	F5.3								F5.3	



列	说明
1—2	GK, 模型类型代码
4—11	发电机名
12—15	发电机基准电压 (kV)
16	发电机识别码
17—21	转速偏差滤波器的时间常数 T_W (秒)
22—27	转速偏差死区 ϵ , 相对于系统额定频率的标么值, 死区为 $\pm 0.5 \epsilon$
28	转速采用滤波器或死区方式选择, =1, 采用滤波器 =0, 采用死区。
29—33	转速偏差放大倍数 K_1
34—37	主汽压力偏差放大倍数 K_2
38	控制方式选择, 无缺省值, 必须填写 =1, CCS自动控制; (正常运行方式1) =2, 负荷开环控制; =3, 带主汽压力修正的负荷反馈控制。
39—43	PID比例环节倍数 K_P
44—48	PID微分环节倍数 K_D
49—53	PID积分环节倍数 K_I
54—57	PID积分环节限幅上限 $INTG_MAX$
58—61	PID积分环节限幅下限 $INTG_MIN$
62—65	PID输出限幅环节的上限 PID_MAX
66—69	PID输出限幅环节的下限 PID_MIN
70—74	一次调频负荷上限
75—79	一次调频负荷下限

注:

该模型需要两张数据卡，即GM和GM+卡，该模型一般用于水电机组。



GM卡主要用于填写频率控制、PID控制部分参数，具体格式如下：

[illegible]

- | | |
|-------|---------------------------------|
| 1—2 | GM, 数据卡标识 |
| 4—11 | NAME, 发电机名称 |
| 12—15 | BASE, 发电机基准电压 (kV) |
| 16 | ID, 发电机识别码 |
| 17—21 | KW, 频率偏差放大倍数 |
| 22—25 | TR, 频率测量环节时间常数 (秒) |
| 26—29 | -DB1, 转速调节死区 (负方向, 相对于额定频率的标么值) |
| 30—33 | DB1, 转速调节死区 (正方向, 相对于额定频率的标么值) |

GM+主要用于填写功率模式和开度模式对应的参数，具体如下：

1-3	GM+, 数据卡标识
4-11	NAME, 发电机名称
12-15	BASE, 发电机基准电压 (kV)
16	ID, 发电机识别码
17-20	DELT2, 测量延迟时间 (秒)
21-24	TR2, 测量环节时间常数 (秒)
25-29	EP, 系数
30-34	-DB2, 负方向死区 (标么值, 本机额定功率为基准)
35-39	DB2, 正方向死区 (标么值, 本机额定功率为基准)
40-44	DBMAX2, 限幅上限
45-49	DBMIN2, 限幅下限
50	ITYP, 模式选择, =1为功率模式, =2为开度模式
51	ITYP2, 开度模式选择, =0输入信号为开度Y, =1输入信号为YPID (仅当50列填写2时有效)

1) 该模型共有两张卡，GM卡必须填写，GM+卡不填写时，程序认为没有功率模式和开度模式；

中国电力科学研究院系统所

- 3) 该模型内部变量可以采用OGV卡输出，对应OGV卡中的前4个变量：
- **FREQ**: 对应本模型频率控制部分的输出，即PID环节的输入；
 - **PIDINP**: 对应功率控制或开度控制模式中延迟环节1/(1+STR2)的输出
 - **PIDOUT**: 对应功率控制或开度控制模式的输出，即PID积分环节加入的信号
 - **PCV**: 对应GM模型的输出

5.3.6 电调型(功率反馈)调速器模型（GD\GZ）

该模型需要两张数据卡，GD卡和GZ卡。

GD卡：

1										2										3										4										5										6										7										8																																										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																					
GD	BNAME									BkV	ID	P _{MAX}									P _{MIN}									DB-speed									R	K _p									K _i									K _D									GOV-MAX									GOV-MIN									DEMAND-MAX									DEMAND-MIN																		
A2	A8									F4.0	A1	F6.1									F6.1									F5.3									F5.3	F5.3									F5.3									F5.3									F5.3									F5.3									F5.3									F5.3																		

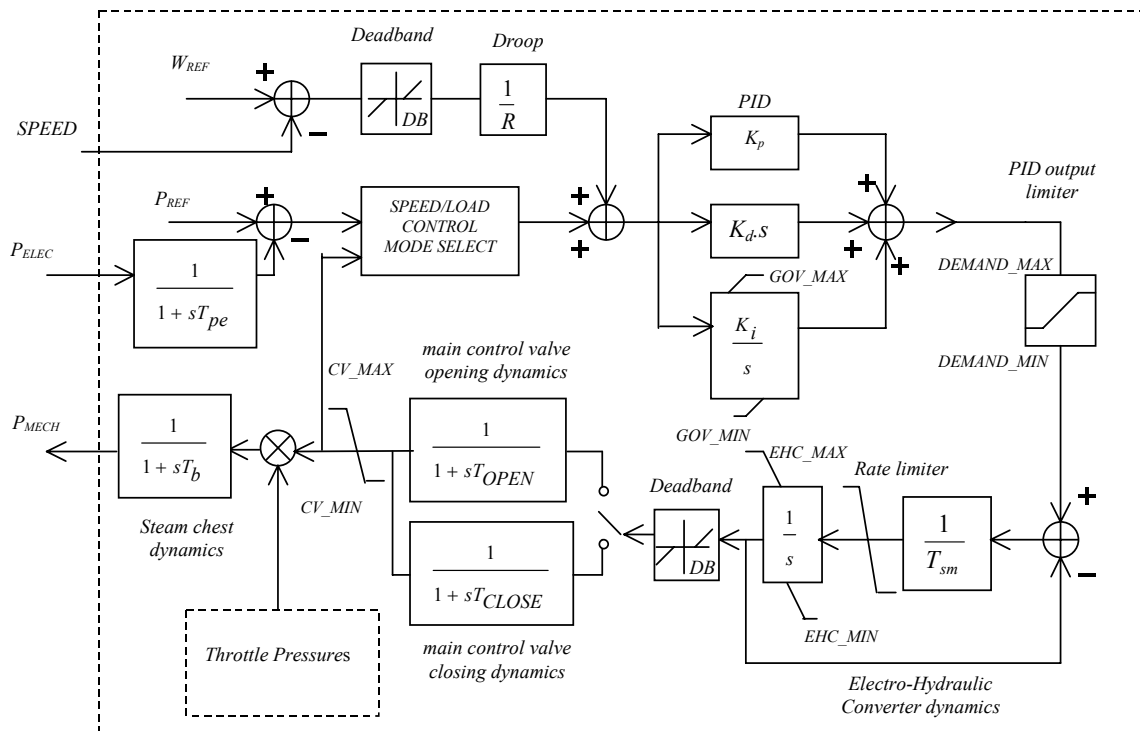
列	说明
1—2	GD，模型类型代码
4—11	BNAME，节点名
12—15	BkV，节点基准电压（kV）
16	ID，识别码
17—22	P _{MAX} ，最大输出机械功率（MW）
23—28	P _{MIN} ，最小输出机械功率（MW）
29—33	DB-speed， $\Delta \omega$ 的死区（Hz）
34—38	R，稳态偏差（pu）
39—43	K _p ，PID比例环节增益（pu/pu）
44—48	K _i ，PID积分环节增益（pu/sec）
49—53	K _D ，PID微分环节增益（pu • sec）
54—58	GOV-MAX，PID积分环节上限（pu）
59—63	GOV-MIN，PID积分环节下限（pu）
64—68	DEMAND-MAX，PID输出上限（pu）
69—73	DEMAND-MIN，PID输出下限（pu）

GZ卡：

0																	1										2										3										4										5										6										7										8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1		2		3		4		5		6		7		8		9		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
GD		BNAME				BkV		ID	T _{SM}		R _{OPEN}		R _{CLOSE}		EHC-MAX		EHC-MIN		T-OPEN		T-CLOSE		DB-Value		CV-MAX		CV-MIN		K _{pe}		T _{pe}				mode																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

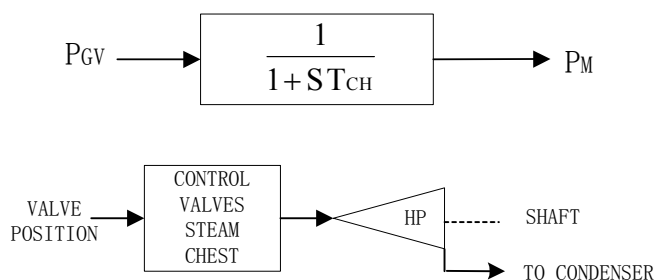
列	说明
---	----

- 1—2 GZ, 模型类型代码
- 4—11 BNAME, 节点名
- 12—15 BkV, 节点基准电压 (kV)
- 16 ID, 识别码
- 17—21 T_{SM} , 伺服系统时间常数 (秒)
- 22—26 R_{OPEN} , 汽门最大开启速度 (p.u. gate/sec)
- 27—31 R_{CLOSE} , 汽门最大关闭速度 (p.u. gate/sec)
- 32—36 EHC-MAX, EHC最大位置限制 (pu)
- 37—41 EHC-MIN, EHC最小位置限制 (pu)
- 42—46 T_{OPEN} , 控制阀开启时间常数 (sec)
- 47—51 T_{CLOSE} , 控制阀关闭时间常数 (sec)
- 52—56 DB-value, 阀的死区 (pu)
- 57—61 CV-MAX, 控制阀上限 (pu)
- 62—66 CV-MIN, 控制阀下限 (pu)
- 67—71 K_{PE} , 电磁功率反馈增益 (pu/ pu)
- 72—76 T_{PE} , 电磁功率反馈时间常数 (sec)
- 78 控制模式代码
- = 0, 速度
- = 1, 速度和电磁功率
- = 2, 速度和机械功率



5.4.1 无再热器汽轮机模型 (TA)

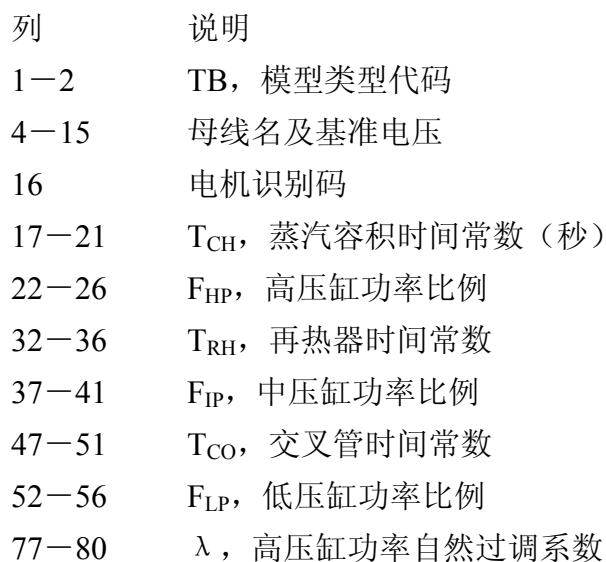
		1								2								3								4								5								6								7								
T	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T	NAME								kV								ID	Tch																																								
TYPE																																																										
TA	A8								F4.0								A1	F5.3																																								



列	说明
1—2	TA, 模型类型代码
4—15	母线名及基准电压
16	电机识别码
17—21	T_{CH} 蒸汽容积时间常数 (秒)

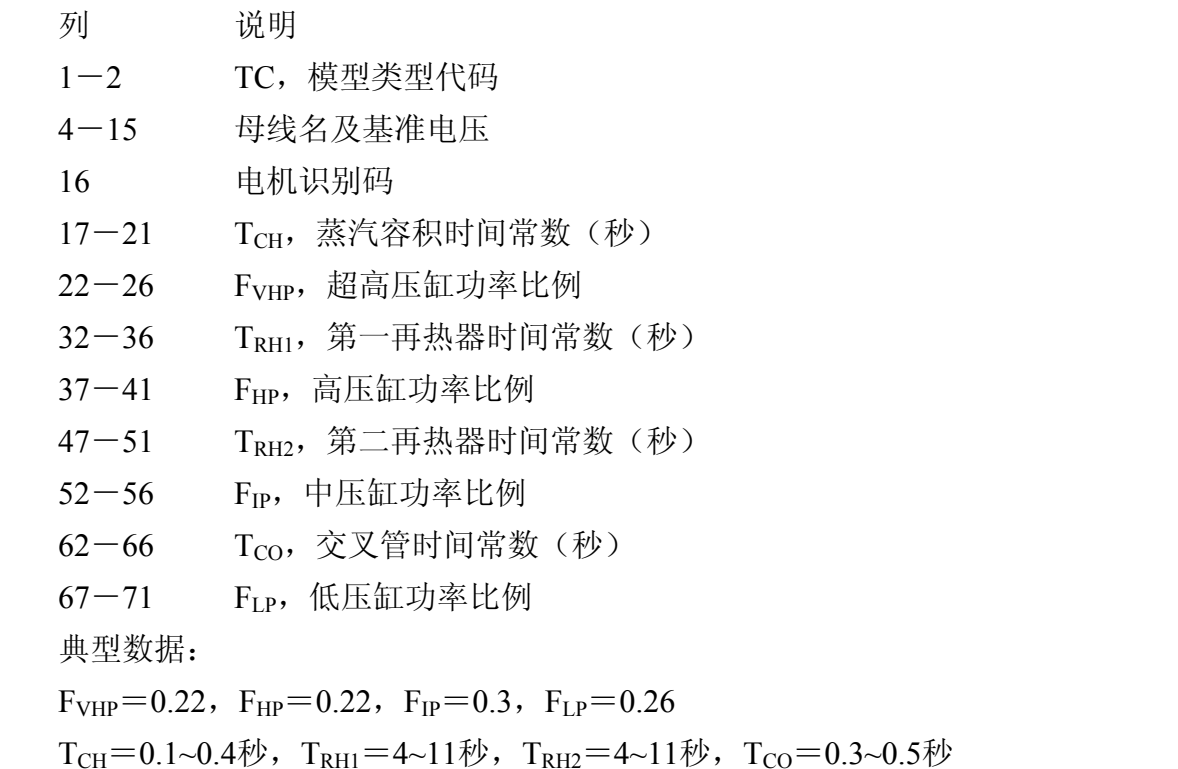
- 1) HP表示高压缸
- 2) TCH一般取0.2~0.5秒

[illegible]

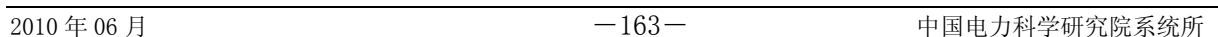

$$F_{\text{HP}}=0.3, \quad F_{\text{IP}}=0.4, \quad F_{\text{LP}}=0.3$$
$$T_{CH}=0.1\sim 0.4\text{秒}, \quad T_{RH}=4\sim 11\text{秒}, \quad T_{CO}=0.3\sim 0.5\text{秒}$$

5.4.3 串联组合、双再热器汽轮机模型 (TC)

		1									2									3									4									5									6									7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	



1										2										3										4										5										6										7										8																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
T																																																																																									
Y																																																																																									
P																																																																																									
E																																																																																									



- 1) 本卡中27-31列和37-41列的值不必填写；
- 2) 42-51列的限幅环节最大最小值，只有都不填或者填写0时，才采用缺省值9999和-9999。

5.6 修改调速器参考信号 (IGV/IGV+)

共有两张卡，分别为IGV卡和IGV+卡，IGV+卡为IGV卡的补充。

IGV卡：

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
IGV	NAME									BASE	ID	TSTART									T1	FREQ1									T2	FREQ2									T3	FREQ3									T4	FREQ4									T5	FREQ5									IFLG								
A3	A8									F4.0	A1	F5.3									F5.3	F5.3									F5.3	F5.3									F5.3	F5.3									F5.3	F5.3									F5.3	F5.3																	

列	说明
1—3	IGV，模型类型代码
5—12	NAME，发电机名称
13—16	BASE，发电机基准电压（kV）
17	ID，发电机识别码
19—23	T _{START} ，频率/功率变化的起始时刻（周波）
29—33	T1，第一个点对应的时刻（周波）
34—38	FREQ1，第一个点对应的频率变化量（Hz）或功率（MW）
39—43	T2，第二个点对应的时刻（周波）
44—48	FREQ2，第二个点对应的频率变化量（Hz）或功率（MW）
49—53	T3，第三个点对应的时刻（周波）
54—58	FREQ3，第三个点对应的频率变化量（Hz）或功率（MW）
59—63	T4，第四个点对应的时刻（周波）
64—68	FREQ4，第四个点对应的频率变化量（Hz）或功率（MW）
69—73	T5，第五个点对应的时刻（周波）
74—78	FREQ5，第五个点对应的频率变化量（Hz）或功率（MW）
80	IFLG，空格或F——修改频率参考值；P——修改功率参考值。

IGV+卡：

列	说明
1—4	IGV+, 模型类型代码
5—12	NAME, 发电机名称
13—16	BASE, 发电机基准电压 (kV)
17	ID, 发电机识别码
19—23	T6, 第六个点对应的时刻 (周波)
24—28	FREQ6, 第六个点对应的频率变化量 (Hz) 或功率 (MW)
29—33	T7, 第七个点对应的时刻 (周波)
34—38	FREQ7, 第七个点对应的频率变化量 (Hz) 或功率 (MW)
39—43	T8, 第八个点对应的时刻 (周波)
44—48	FREQ8, 第八个点对应的频率变化量 (Hz) 或功率 (MW)
49—53	T9, 第九个点对应的时刻 (周波)
54—58	FREQ9, 第九个点对应的频率变化量 (Hz) 或功率 (MW)
59—63	T10, 第十个点对应的时刻 (周波)
64—68	FREQ10, 第十个点对应的频率变化量 (Hz) 或功率 (MW)
69—73	T11, 第十一个点对应的时刻 (周波)
74—78	FREQ11, 第十一个点对应的频率变化量 (Hz) 或功率 (MW)

1) 需要模拟调速器GS、GW、GL、GI/GI+、GJ、GK卡中频率/功率参考信号改变时，需要填写IGV\IGV+卡：

3) IGV+卡是IGV卡的补充，两者一共可以填写11个点，如果小于5个点，就可以只填写IGV卡。一张IGV卡后面最多只能有一张IGV+卡；IGV+卡必须与IGV卡联合使用，否则无效。

5) 数据卡中各个点应该按照发生时间的先后顺序填写, 否则可能会出现错误;

- 6) IGV\IGV+卡中所有点的时刻值都必须大于或者等于IGV卡中19-23列的起始时刻，否则出错；
- 7) 没有调速器，则上述卡无效。

例如：

对于发电机“GEN1 13.8”，调速器的参考频率从10周波开始变化，到20个周波，增加到51Hz，保持50个周波（即到70周波），然后立即恢复到50Hz，则此该曲线除了起始点外共有3个拐点，即（51，20）、（51，70），（50，70）。则可以填写IGV卡

IGV GEN1 13.8 10. 20. 1. 70. 1. 70. 0.

这样，从10周波开始修改调速器的频率参考值，10周波到20周波的斜率为(1-0)/(20-10)，20周波到70周波保持不变，一直为51Hz，70周波立即恢复为50Hz，70周波后不变。

5.7 发电机机械功率周期波动（FGV）

1									2									3									4									5									6									7									8								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0												
FGV	NAME									BASE	ID	AMP1									FREQ1	ANGL01	TBEGIN1	TEND1	AMP2									FREQ2	ANGL02	TBEGIN2	TEND2																C																		
A3	A8									F4.0	A1	F5.0									F5.2	F5.2	F5.0	F5.0	F5.0									F5.2	F5.2	F5.0	F5.0																A1	M	W																

列	说明
1—3	FGV，模型类型代码
5—12	NAME，发电机名称
13—16	BASE，发电机基准电压（kV）
17	ID，发电机识别码
19—23	AMP1，第一个波动的幅值，百分数或有名值
24—28	FREQ1，第一个波动的频率（弧度/秒）
29—33	ANGL01，第一个波动的初始相位（弧度）
34—38	TBEGIN1，第一个波动的起始时间（周波）
39—43	TEND1，第一个波动的结束时间（周波）
45—49	AMP2，第二个波动的幅值，百分数或有名值
50—54	FREQ2，第二个波动的频率（弧度/秒）
55—59	ANGL02，第二个波动的初始相位（弧度）
60—64	TBEGIN2，第二个波动的起始时间（周波）
65—69	TEND2，第二个波动的结束时间（周波）

1) 该功能在发电机机械功率的基础上叠加一个周期振荡的正弦值，在一张FGV卡中最多可以同时填写2个正弦信号，每台发电机可以填写多个FGV数据卡，所有的波动分量自动累加；

3) 波动的幅值可以填写百分数或者有名值，80列为空格，表示填写的波动幅值为发电机机械功率初值的百分数；80列填写字母“W”，表示填写的是有名值，单位MW；

5) 填写该数据卡后, 发电机机械功率的计算方法为

$$P_M = P_M + A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_{01}) + A_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_{02})$$

5.8 输出部分调速器原动机模型内部变量 (OGV)

[illegible]

列	说明
1-3	OGV
5-12	NAME, 发电机名称
13-16	BASE, 发电机基准电压 (kV)
17	ID, 发电机识别码
19	ALL, 输出所有下面的变量
21	FREQ
23	PIDINP
25	PIDOUT
27	PCV
29	PCTO
31	PGV1

33	PGV, 调速器输出
35	PCH
37	PRH
39	PRH2
41	PCO
43	PM, 原动机输出的机械功率
45	PGX, 主汽压力变化模型GX卡的输出

注:

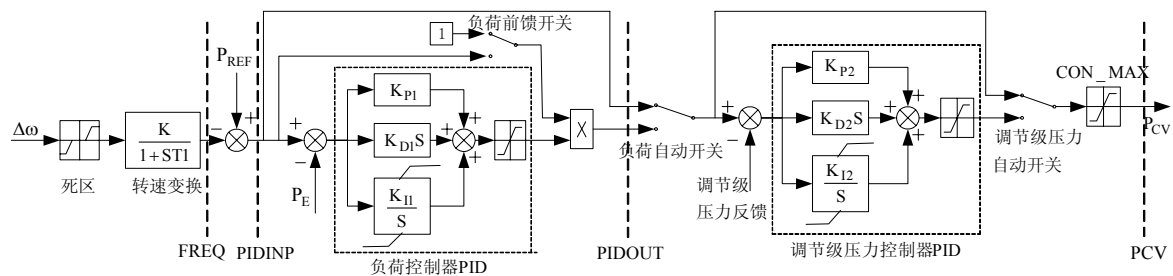
1) 本功能目前只能输出调速器GI\GJ\GK+GA、GL和原动机TA\TB\TC\TD\TE\TF组合的调速器原动机模型内部的部分数据;

2) 最多可以输出13个内部变量, 填写时应该在输出变量对应的位置填写输出代码, 代码可以为1、2、3, 可以输出到文本文件和绘图文件中。填写1, 只输出到文本文件; 填写2, 只输出到绘图文件; 填写3, 表示输出到文本文件和绘图文件; 如果填写的数值大于3, 强制为3。

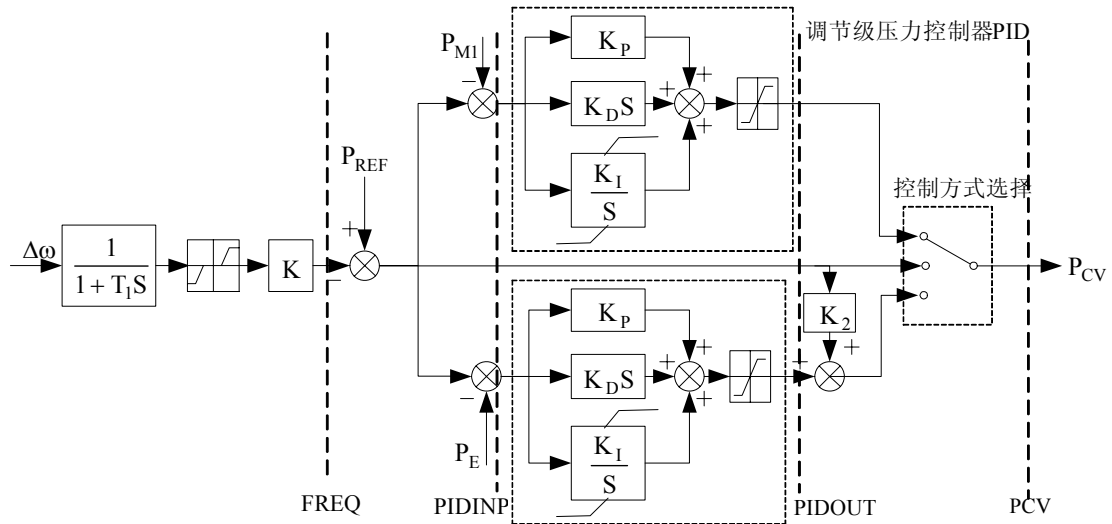
3) 输出结果的文本文件名为“稳定文件名+_GOV.OUT”, 绘图文件名为“稳定文件名+_GOV.CUR”, 与稳定数据文件在同一个目录。

4) 本卡中的各输出变量的名称仅为具体模型中输出变量标识, 部分变量没有明确具体的含义。各个模型的各个变量位置具体如下:

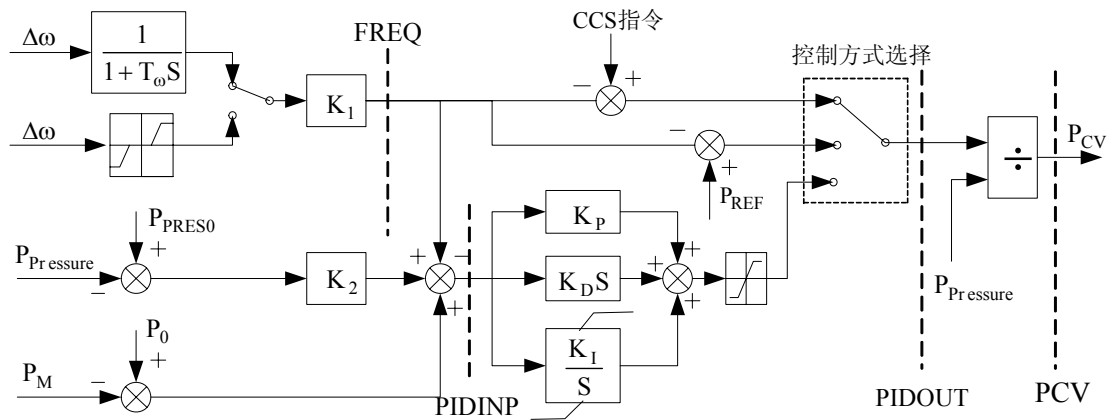
GI\GI+



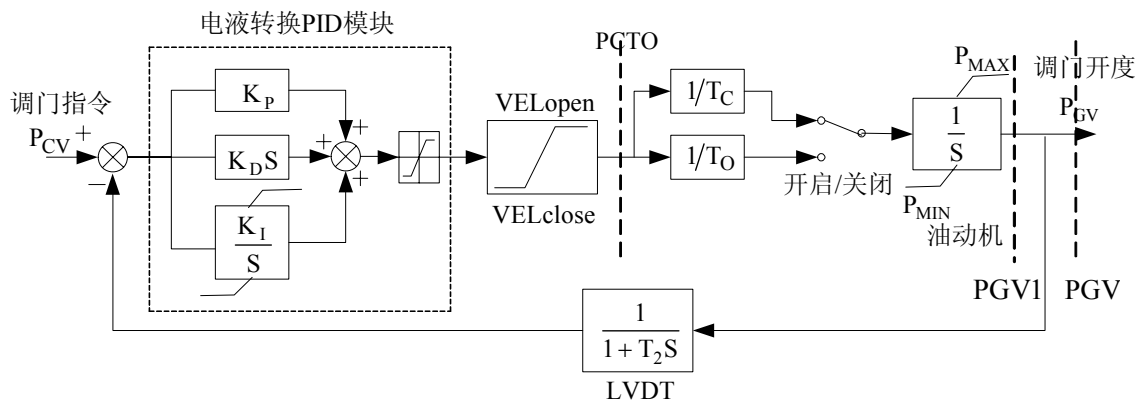
GJ



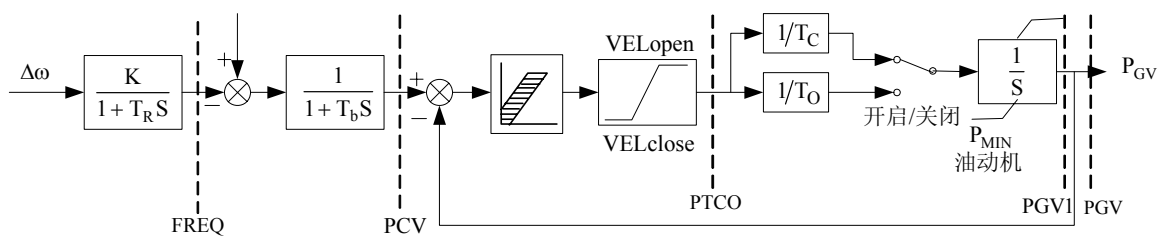
GK



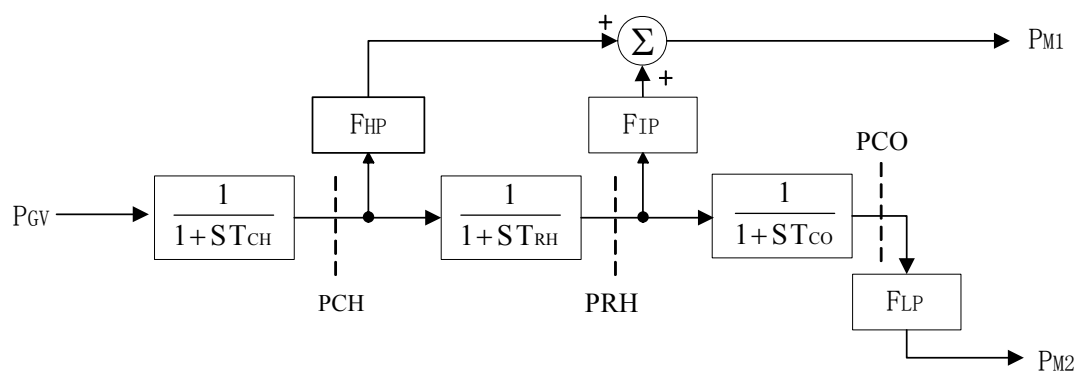
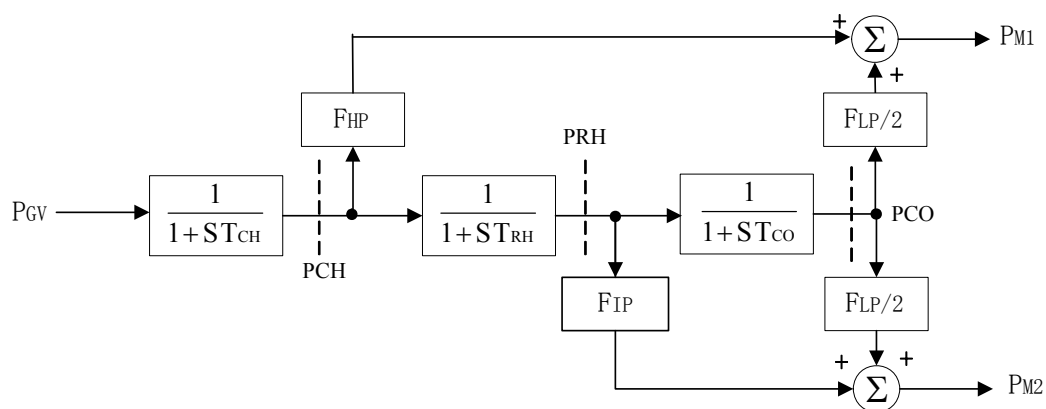
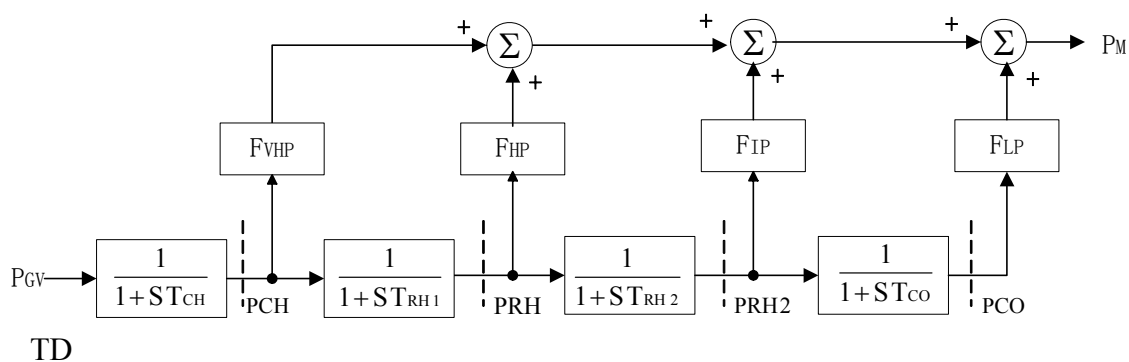
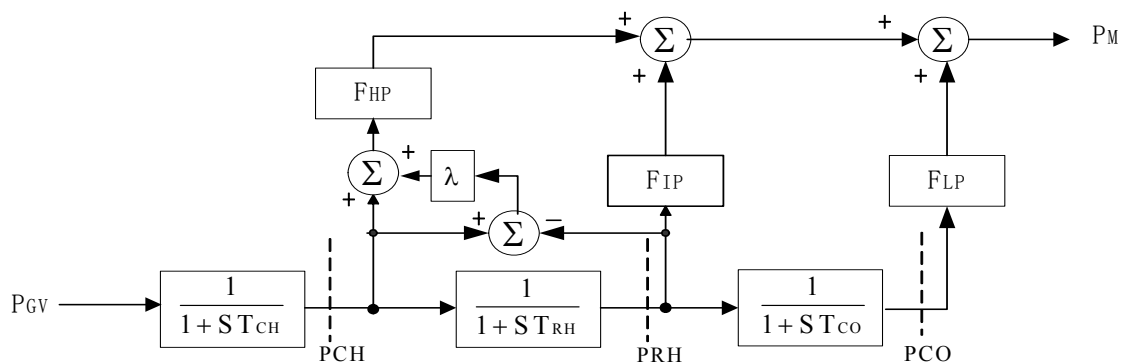
GA

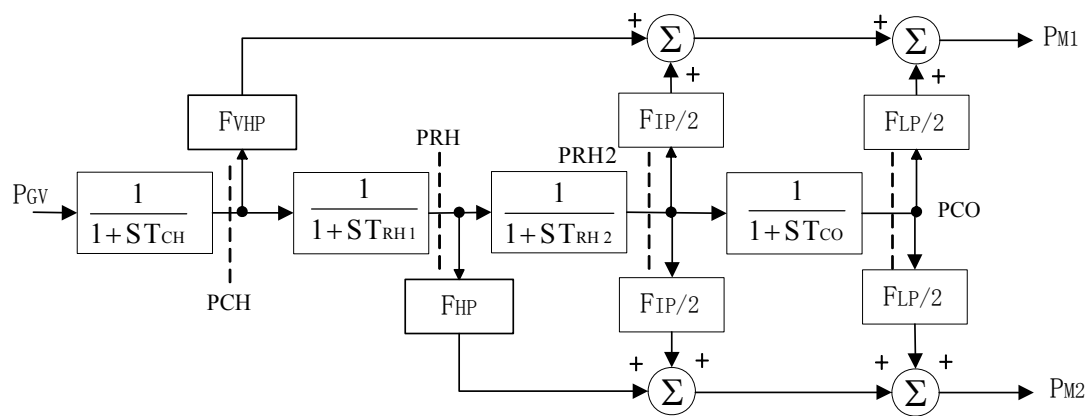


GL

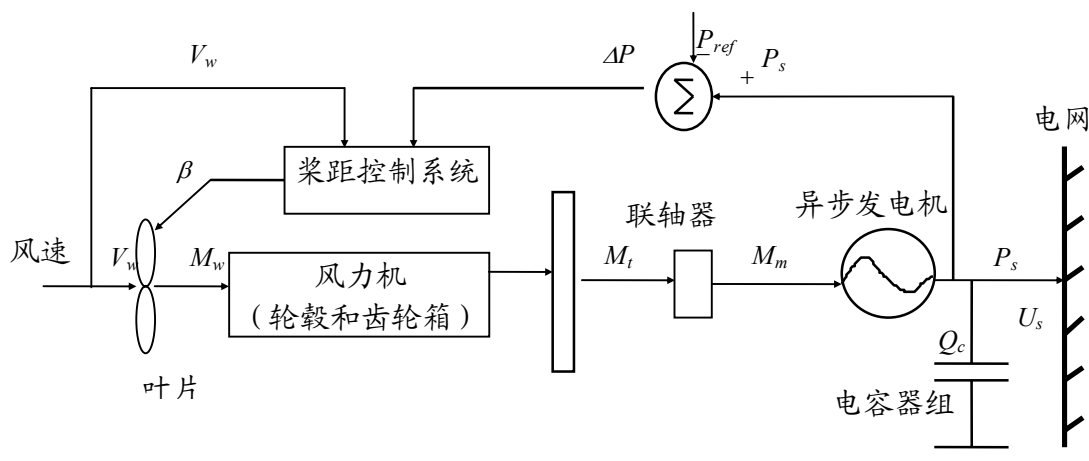


TB





以变桨距型风力发电机组为例（对于定桨距风力发电机组，叶片按失速效应设计，根据风速的大小可自动对风电功率进行调节，没有桨距控制系统，其它与变桨距风力发电机组类似），其主要结构包括叶片、轮毂、齿轮箱、联轴器、异步发电机、机端补偿电容器组和桨距控制系统等，如下图所示：



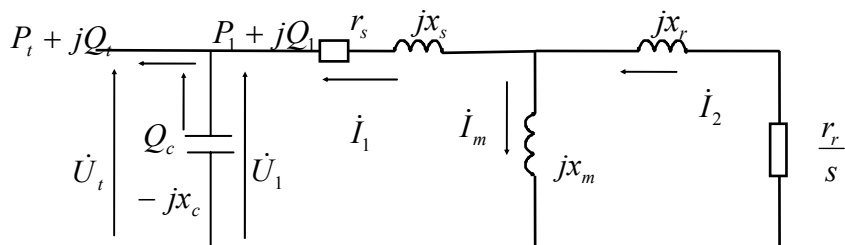
风力发电机组动态特性，应主要包括叶片、轮毂、齿轮箱和联轴器、异步发电机、机端补偿电容器和桨距控制系统等单元的特性。此部分主要包括的模型：

- (1) 风力发电机组模型——MW、MW+;
- (2) 风功率模型——TG;
- (3) 桨矩控制系统模型——GB;

[illegible]列 说明

1-2	MW, 模型类型标识
4-11	NAME, 风电机名称
12-15	BASE, 风电机基准电压
16	ID, 风电机识别码
17-22	TJ, 惯性常数
23-25	Pper, 有功占总出力的比例
26-28	Qper, 无功占总出力的比例
29-32	MVABASE, 风电机的额定容量 (MVA)
33-37	Rs, 定子电阻 (pu)
38-42	Xs, 定子电抗 (pu)
43-47	Xm, 激磁电抗 (pu)
48-52	Rr, 转子电阻 (pu)
53-57	Xr, 转子电抗 (pu)
71-74	P _N , 额定功率 (MW)
75-77	N, 风电机台数

风电机模型与马达模型相似，是一个异步发电机，风电机组的滑差是负值、发出有功功率，模型如下：



注：

1) 23-28列填写本风电机组出力占总出力的比例，该值应该大于0小于或等于1.0，如果23-25列全部为空，有功比例缺省采用1.0；同样，26-28列全为空，缺省无功比例为1.0。

2) 29-32列填写风电机组的额定容量，33-57列的电阻电抗参数都是以额定容量为基准的标么值。

3) 如果有多台相同的风电机组，可以在75-77列填写风电机的台数，不必逐个填写风电机组数据卡；如果填写了75-77列的N，则23-28列为N台风电机组总的初始功率占有的比例。

列	说明
1-3	MW+
4-11	NAME, 发电机名称
12-15	BASE, 发电机基准电压 (kV)
16	ID, 发电机识别码
17-21	Tj_turbine, 涡轮机惯性常数
22-26	Tj_gen, 发电机惯性常数
27-31	Dtg, 阻尼系数
32-36	Ktg, 刚性系数

1) 风电机组机械部分模型可以采用单个质量块模型，也可以采用双质量块模型，如果采用单质量块模型，不需要填写本卡；采用双质量块模型，则需要填写本卡。

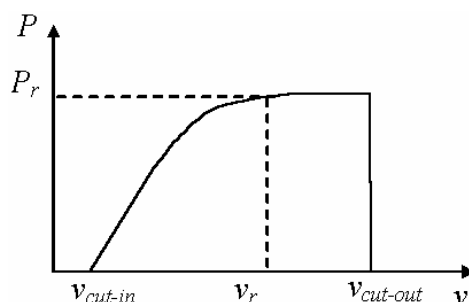
6.1.3 风功率模型 (TG)

列	说明
1-2	TG, 模型类型标识
4-11	NAME, 风电机名称
12-15	BASE, 风电机基准电压
16	ID, 风电机识别码
17-21	V_cutin, 切入风速 (m/s)
22-26	V_cutout, 切出风速 (m/s)
27-31	V_init, 初始风速 (m/s) (初始功率等于额定功率并且有桨矩角控制部分需要填写, 不填写为额定风速)
32-36	ρ , 空气密度 (kg/m^3)
37-41	R, 叶片扫风半径 (m)

53-57	Ω_N ，叶片额定机械角速度（rad/s）
59	ICP，风能转换效率系数CP的计算方法选择（1或2）
60-61	B，叶片数（定桨距系统）
62-66	L/D，升力比（定桨距系统） C_f ，叶片设计常数（变桨距系统）
67-71	AMIN，最小桨距角（度）（变桨距系统）

模型说明：

风电机组有功功率取决于风速的大小。以变桨距风电机组为例，稳态情况下，风速和输出功率之间的关系可以近似用下面的曲线表示：



图中， v_{cut-in} 和 $v_{cut-out}$ 分别表示风机的切入风速和切出风速， v_r 是风电机组的额定风速， P_r 是风电机组的额定有功出力。

不考虑叶片本身的动态特性，叶片上的风速与其输出功率之间的关系为

$$P_M = \frac{1}{2} \pi R^2 \rho V_w^3 C_p$$

式中， P_M 为叶片输出功率（W）； ρ 为空气密度（kg/m³）； C_p 为叶片风能转换效率系数； R 为叶片扫风半径（m）； V_w 为轮毂高度处的风速（m/s）；

风能转换效率系数 C_p 一般是叶尖速率比 λ 和桨距角 β 的函数，即 $C_p = f(\lambda, \beta)$ 。其中 $\lambda = \frac{\Omega R}{V_w}$ 为叶尖速率比； Ω 为叶片机械角速度（rad/s）。

对于定桨距型（失速型）风力发电机组， C_p 特性可近似表示为：

$$C_p = \frac{16}{27} \frac{\lambda}{\lambda + \frac{1.32 + [(\lambda - 8)/20]^2}{B}} - 0.57 \frac{\lambda^2}{\frac{L}{D} \left(\lambda + \frac{1}{2B} \right)}$$

式中， B 为叶片数； L/D 为升力比（Lift to Drag ratio）。当叶片数为 1、2、3， $4 \leq \lambda \leq 20$ 和 $L/D \geq 25$ 时， C_p 具有较高的精度，误差不超过 ± 0.005 。

对于变桨距型风力发电机组， C_p 特性可近似表示为：

$$C_p = 0.5 \left(\frac{RC_f}{\lambda} - 0.022\beta - 2 \right) e^{-0.255 \frac{RC_f}{\lambda}}$$

其中， C_f 为叶片设计常数，一般取1~3；

注：

1) 该卡必须与风电机组模型MW卡联用，否则无效；

2) 计算风能转换效率系数CP的计算方法分别采用了前面提到的两种，分别对应代码1、2，必须填写；1对应定桨矩型风力发电机组的CP计算公式，2对应变桨矩风电机组CP的计算公式；当填写2时，必须填写桨矩角控制系统模型GB。

3) 当有桨矩角控制系统，并且初始功率等于额定功率时，应该填写27-31列的初始风速；如果不填写，采用计算出来的对应额定功率的最小风速值。

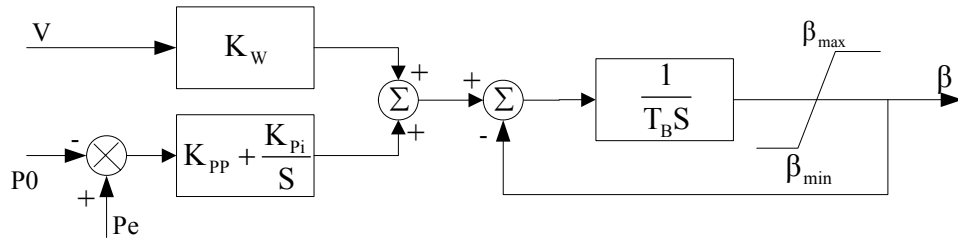
4) 该模型数据卡中的空白位置，不要填写任何数据，否则可能会引起计算出错。

6.1.4 桨矩角控制系统模型（GB）

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
GV	NAME									BASE	ID	KW									KPP	KPI									TB	β max									β min																																						
A2	A8									F4.0	A1	F5.3									F5.3	F5.3									F5.3	F5.3																																															

列	说明
1-2	数据卡代码GB
4-11	NAME，风电机名称
12-15	BASE，风电机基准电压
16	ID，风电机识别码
17-21	K _W ，风速放大倍数
22-26	K _{PP} ，PID环节比例环节系数
27-31	K _{PI} ，PID环节积分环节系数
32-36	TB，时间常数（s）
37-41	β _{MAX} ，桨矩角最大限制（度）
42-46	β _{MIN} ，桨矩角最小限制（度）

模型如下：



其中， T_B 为控制器伺服机构时间常数（s）； K_W 、 K_{PI} 、 K_{PP} 为控制器参数； P_e 和 P_0 分别为风力发电机组输出有功和给定的参考有功（p.u）

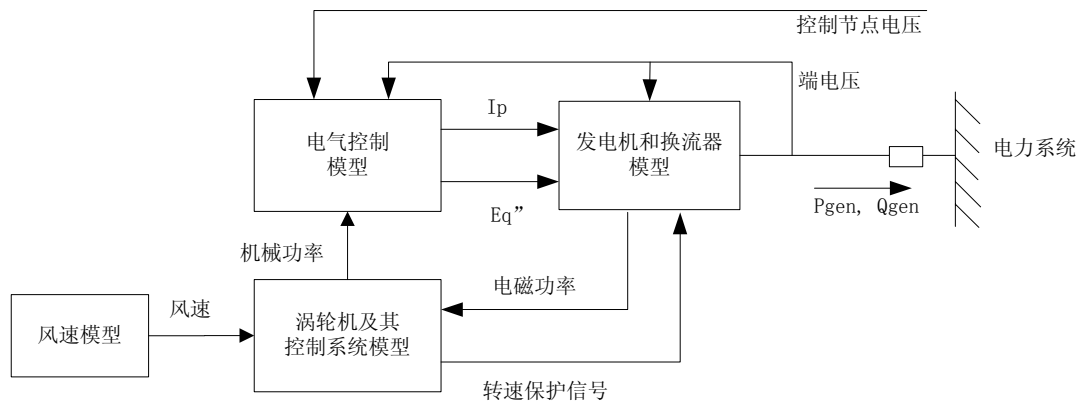
注：

- 1) 该模型必须与风电机组调速系统模型TG联用，否则无效。

6.2* GE 风电机组模型

本节的GE风电机组模型由中国电力科学研究院和GE共同合作开发完成，并进行了大量的对比测试。

GE风电机组模型包括双馈类型的风电机组和直趋类型的风电机组，其动态模型示意图如下：



该模型主要包括以下几个部分：

- 发电机和换流器模型
- 电气控制部分模型
- 原动机及其控制系统模型

发电机和换流器模型根据控制系统命令向系统注入有功功率和无功功率，同时模拟低电压和过电压保护功能；电气控制部分模型中包括风电场的无功控制部分WindCONTROL，输出信号为无功控制信号；原动机及其控制系统反映的是机械部分的控制，包括桨距角控制、有功功率控制等；对于双馈类型风电机组和直驱类型风电机组，上述各部分模型都有一定的差别。

双馈风电机组模型主要包括：

(1) 发电机换流器模型

该模型是一个简化的模型，采用的是代数方程的形式。和传统的发电机不同的是，由于换流器的快速反应，忽略了磁通的动态变化过程，等效为一个可控的电流源。该模型中同时包含低电压功率控制和过电压无功控制环节。

在模拟低电压和过电压保护功能时，采用发电机换流器模型和保护模型共同模拟，发电机模型中利用低电压功率控制环节模拟电压较低过程中的有功外特性变化曲线，同时采用低电压过电压保护模型（RE卡）模拟发电机在超过定值后切机的功能。

(2) 无功控制模型

该模型用于模拟整个风电场管理系统（WindCONTROL）的无功控制部分模型。无功控制功能可以采用恒定电压控制模式或恒定功率因数控制模式，电压控制模式根据指定控制母线电压控制输出的无功功率，控制母线可以选择发电机机端母线或与系统相连的母线。

该模型中还包括根据无功输出的变化修改参考节点电压的功能（Q Droop），该功能主要目的是提高各无功控制系统之间的协调性。

(3) 电气控制模型

该模型主要是监测发电机端电压和输出的无功功率，计算无功控制信号满足无功控制的要求，其中可以不采用电压反馈控制信号。

(4) 原动机控制模型

该模型包括桨距角控制部分和桨距角补偿部分，输入信号为转速和电磁功率。功率超过参考值，主要由桨距角控制转速。该模型中还包括转速过低切除功能和风速过高切除功能。

(5) 转子机械部分模型

该模型为转子运动方程，根据风功率模型输出的机械功率和发电机电磁功率计算转速，可以采用单质量块模型（原动机和发电机作为一个质量块）和双质量块模型（原动机和发电机作为两个质量块）。

(6) 风功率模型

机械功率与风速、桨距角和转速是相关的，本模型用于计算机械功率，采用的公式如下：

$$P_M = \frac{\rho}{2} A_r V_w^3 C_p(\lambda, \theta)$$

其中的 $C_p(\lambda, \theta)$ 是一组非线性的曲线，采用计算公式近似模拟。

(7) 有功控制和有功速率限制模型

该功能用于模拟频率下降时提供类似于传统发电机的惯性的特性（多数MW级风电机组不具备这种特性）。该功能仅适用于功率下降过程，在功率下降时，利用电力电子设备的快速控制和风电机组的转子的惯性，临时增加风电机组功率输出（持续时间为秒级），以减少短时间内的频率下降。

(1) 发电机和换流器控制部分

与双馈模型类似，区别是直驱机组给定的有功、无功控制命令，而双馈风电机组给定的是有功、电压控制命令。

主要差别是电气控制部分产生的无功电流控制信号，而不是无功电压控制信号，此外增加了动态电阻制动和换流器电流限制模型。动态电阻制动主要功能是通过动态电阻吸收多余的能量减少风电机组对系统发生大扰动的响应。换流器电流限制模型主要功能是避免有功和无功电流之和超过换流器额定值。

与双馈机组模型相差很小，主要差别是考虑了动态电阻制动的功率、增加了零功率运行功能。

GE风电机组典型模型仅需要采用WINDG_GE数据卡填写，不用填写详细的参数，仅需要填写风电机组的类型以及采用的控制方式既可。具体格式如下：

[illegible]

列	说明
1-8	WINDG_GE, 数据卡标识
10-17	NAME, 风电机组名称
18-21	BASE, 风电机组额定电压 (kV)
22	ID, 识别码
23-42	GE_TYPE, 风电机组类型代码
43-45	NG, 风电机组台数
46-53	NAME CON, 风电场无功控制节点名称

(1) 本卡用于简化填写GE风电机组模型，对于同一风电机组，填写本卡不能同时还存在MX、GE等相关的详细的的数据卡，否则本卡无效。

- DFAG_GE_1.5, 1.5MW的双馈机组
- DFAG_GE_1.6, 1.6MW的双馈机组
- DFAG_GE_3.6, 3.6MW的双馈机组
- FCWTG GE 2.5, 2.5MW的直驱机组

(3) 本卡中仅包含GE风电机组控制参数，不包含风电机组的保护卡，例如RE卡，需要时必须填写。

(5) 43-45列的风电机组台数必须填写。

由于GE风电机组模型调整比较大，因此原来程序的GE风电机组模型在新程序中无法使用，必须更换为新的填写方式。

[illegible]

列	说明
1-2	GV, 模型类型标识
4-11	NAME, 风电机名称
12-15	BASE, 风电机基准电压
16	ID, 风电机识别码
17-21	KN, 地表粗糙系数
22-26	F, 扰动范围尺度 (m)
27-29	N, 统计总数N
30-34	$\Delta\omega$, 频率间距 (rad/s)
40-44	T1G, 阵风启动时刻 (s)
45-49	TG, 阵风作用时间 (s)
50-54	MaxG, 阵风最大值 (m/s)
55-59	T1R, 渐进风启动时刻 (s)
60-64	T2R, 渐进风达到最大值的时刻 (s)
65-69	TR, 渐进风保持时间 (s)
70-74	MaxR, 渐进风最大值 (m/s)
75-79	T4R, 渐进风终止时刻 (s)

模型说明:

风电机组正常运行时, 通常认为有一基本风速 \bar{V}_w 与之相对应, 此外还模拟短期风、渐变风、阵风。

(1) 短期风速

一般知道的是平均风速, 短期风速只能根据某种算法来模拟。短期风速一般是根据小时平均风速数值求得风速的功率谱密度函数, 再通过对功率谱密度函数进行积分即可得到短期的风速数据。

按照Vaicaitis模型有风速随机分量分布谱密度为:

$$S_v(\omega_i) = \frac{2K_N F^2 |\omega_i|}{\pi^2 \left[1 + (F\omega_i / \bar{V}_w \pi)^2 \right]^{4/3}}$$

式中, $S_v(\omega_i)$ 为风速随机分量分布谱密度 (m^2/s); ω_i 为风速频率 (rad/s); K_N 为地表粗糙系数, 一般取0.004; F为扰动范围尺度 (m), 一般取600m; \bar{V}_w 为相对高度的平均风速 (m/s)。

风速随机分量为

$$V_{WN} = 2 \sum_{i=1}^N [S_v(\omega_i) \Delta\omega]^{1/2} \cos(\omega_i t + \phi_i)$$

式中，N为统计风速总数，一般取50； $\omega_i = (i-1/2)\Delta\omega$ ， $\Delta\omega$ 为频率间距，一般取0.5~2.0rad/s； ϕ_i 为0~2 π 之间均匀分布的随机变量（rad）。

(2) 渐变风速

$$V_{WR} = \begin{cases} 0 & t < T_{1R} \\ V_{rampup} & T_{1R} < t < T_{2R} \\ MaxR & T_{2R} < t < T_{2R} + T_R \\ V_{rampdown} & T_{2R} + T_R < t < T_{4R} \end{cases}$$

$$V_{rampup} = MaxR[1 - (t - T_{2R}) / (T_{1R} - T_{2R})]$$

$$V_{rampdown} = MaxR[(t - T_{4R}) / (T_{2R} + T_R - T_{4R})]$$

式中 V_{WR} 、 $MaxR$ 、 T_{1R} 、 T_{2R} 、 T_R 分别为渐变风速（m/s）、渐变风最大值（m/s）、渐变风起始时刻（s）、渐变风达到最大值时刻（s）、渐变风保持时间（s）、渐变风达到最小值时刻（s）。

(3) 阵风

$$V_{WG} = \begin{cases} 0, t < T_{IG} \\ V_{cos}, T_{IG} < t < T_{IG} + T_G \\ 0, t > T_{IG} + T_G \end{cases}$$

$$V_{cos} = (MaxG / 2) \{1 - \cos 2\pi[(t / T_G) - (T_{IG} / T_G)]\}$$

式中 V_{WG} 、 T_G 、 T_{IG} 、 $MaxG$ 分别为阵风风速（m/s）、阵风作用时间（s）、阵风启动时间（s）和阵风最大值（m/s）。

(4) 总的风速

总的风速为上述三种风速和基本风的叠加，即

$$V_W = \bar{V}_W + V_{WN} + V_{WR} + V_{WG}$$

注：

- 1) 本模型仅用于简单考虑风速的影响；
- 2) 该模型可以考虑一组短期风速、一组阵风、一组渐变风，如果只考虑其中的一个，仅填写对应的数据即可。

6.4 保护系统模型

6.4.1 低电压过电压保护（RE）

本模型主要用于模拟电压低于或者高于一定值延迟一段时间后跳开发电机的动作行为，可以采用一系列定值模拟低电压穿越对应的斜线。

具体内容参考12.16节。

注：

- 1) 本模型主要用于输出风电机组主要参数，适用于所有风电机组；
- 2) 输出结果缺省输出到*.OUT、*.SWX文件，如果指定结果文件，则输出到指定文件；曲线都输出到*.CUR文件。

6.5.2* GE 风电模型输出卡（OMX）

1										2										3										4										5										6										7										8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
OMX		NAME				BASE		ID	EQCMD	IPCMD	LVPL	IP					QORD	VQD	PINP	PORD	PSTL	DPWI	IQMAX	IQMIN	IPMAX	PDBR	EDBR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

列	说明
1-3	OMX，数据卡标识
5-12	NAME，机组名称
13-16	BASE，基准电压
17	ID，识别码
19	Eq"cmd/IQCMD，电气控制部分EW卡输出
21	IPCMD，有功电流控制信号
23	LVPL，有功电流低电压限幅
25	IP，有功电流
29	QORD，风电场无功控制输出
31	VQD，无功反馈控制信号
33	PINP，有功控制
35	PORD，有功控制信号
37	PSTL，有功控制
39	DPWI，WINDINERIA输出
41	IQMAX，无功电流最大值
43	IQMIN，无功电流最小值
45	IPMAX，有功电流最大限制
47	PDBR，动态电阻制动输出
49	EDBR，动态电阻制动能量
58-60	GROUP，分组码（绘图用）
61-80	FILE NAME，结果文件名称（缺省输出到OUT和SWX）

注：

- 1) 本卡仅适用于GE双馈电机和直驱电压的内部变量的输出；

- 2) 其中所有的变量都是基于发电机额定容量或额定功率的标么值；
- 3) 输出结果缺省输出到*.OUT、*.SWX文件，如果指定结果文件，则输出到指定文件；曲线都输出到*.CUR文件。

7 直流控制系统模型

本程序可以模拟两端直流和多端直流系统，直流系统模型主要包括直流线路模型、直流系统控制模型、直流附加控制模型和直流故障模型。本程序原来的版本有一组两端直流模型，本版本新增了一组新的两端直流模型。

本程序原有的两端直流模型在7.1节中有详细说明，主要包括：

- 直流系统控制模型——D；
- 两端直流系统简化模型——DT；
- 两端直流换相失败模型——DF；
- 两端直流调制模型——DS，包括大方式调制、小方式调制、双侧频率调制和逆变侧熄弧角调制。

新增的两端直流模型是根据实际系统的模型增加的，在7.2节中有详细说明，主要包括：

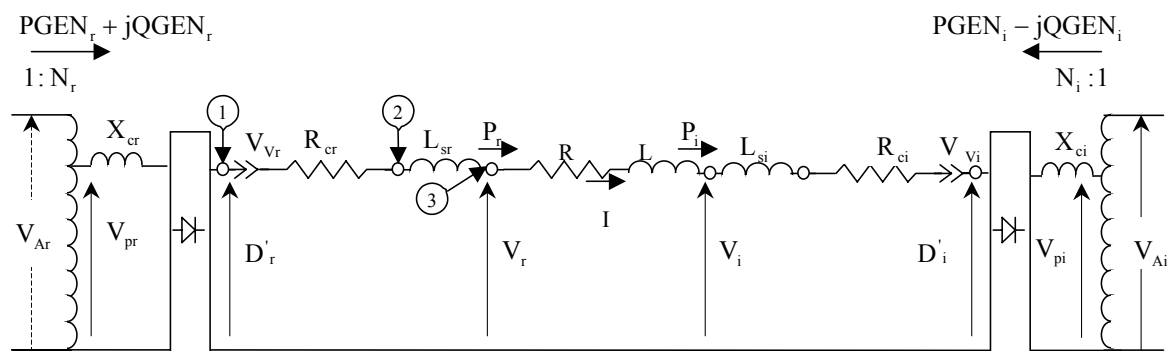
- 直流控制系统模型——DM\DZ和DN\DZ；
- 频率限制模型——DS-7；
- 双侧频率调制模型——DS-8\81、D+；
- 有功调制模型——DS-9、D+。

多端直流系统模型在7.3节中有详细说明，主要包括：

- 多端直流控制系统模型——D；
- 多端直流详细的VDCL和方式改变模型——DC；
- 多端直流电压控制模型——DV。

7.1节原来的直流模型对应的故障模型详细参考1.1.3节和1.1.12节；7.2节中的两组两端直流模型对应的故障模型详细参考1.1.4节和1.1.12节。在使用时注意：对于同一两端直流，原来的两端直流相关的模型不能和新增加的两端直流相关模型连用。

直流的系统结构在潮流数据中给出，两端直流的线路模型如下图所示。对于7.1节原有的两端直流模型，不考虑直流线路的电容；对于新增的7.2节的两端直流模型，能够考虑线路电容，如果不考虑电容，则和原来的一致。



两端直流线路模型

$$\begin{aligned}
E_r &= \frac{3\sqrt{2}}{\pi} N_r V_{Ar} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{pr} & \cos \gamma_r &= \frac{IX_{cr}}{\sqrt{2}V_{pr}} - \cos \theta_r \\
D'_r &= E_r \cos \alpha - \frac{3I}{\pi} X_{cr} & \text{PGEN}_r &= D'_r I \\
\cos \theta_r &= D'_r / E_r \\
\\
E_i &= \frac{3\sqrt{2}}{\pi} N_i V_{Ai} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} V_{pi} & \cos \beta_i &= \cos \theta_i - \frac{IX_{ci}}{\sqrt{2}V_{pi}} \\
D'_i &= E_i \cos \gamma - \frac{3I}{\pi} X_{ci} & \text{PGEN}_i &= D'_i I \\
\cos \theta_i &= D'_i / E_i \\
I'' &= (E_r \cos \alpha_{\text{MIN}} - E_i \cos \gamma_{\text{MIN}} - V_{Vr} - V_{Vi}) / R_{\text{TOT}} \\
I''' &= (E_r \cos \alpha_{\text{MIN}} + E_i \cos \alpha_{\text{STOP}} - V_{Vr} - V_{Vi}) / R_{\text{TOT}} \\
\text{WHERE} \quad R_{\text{TOT}} &= R + R_{cr} + R_{ci} + \frac{3}{\pi} (X_{cr} - X_{ci})
\end{aligned}$$

7.1 原有的两端直流系统模型（D、DT、DF、DS）

本程序原来的两端直流模型中主要包括：

1) 两端直流详细模型：对于整流器和逆变器都需要一张D卡，这种模型可采用定熄弧角控制（CEA）和余裕开关。各种调制方式（DS卡）都适用于这种模型。直流线路故障由两端直流操作卡（LS卡）给出。

2) 两端直流简化模型：对于整流器和逆变器都需要一张DT卡，这种模型假设直流端有一个理想的控制系统。定熄弧角控制和余裕开关都可用，调制和线路故障操作目前还不能用于这种模型。

3) 消去直流线路：如果用于暂态稳定研究的潮流中有直流线路，那么在暂态稳定数据中就必须有直流线路。有时用户可能希望在暂态稳定研究中消去直流线路而不用重新计算潮流，为此，在D卡的79列填一个非空字符表示消去该换流器，程序将把换流器的母线初始有功、无功潮流转换为该母线的等值负荷，并消去该换流器的控制系统，整流器功率转换为正的负荷，逆变器转换为负的负荷。

当使用消去功能时，请注意以下几点：

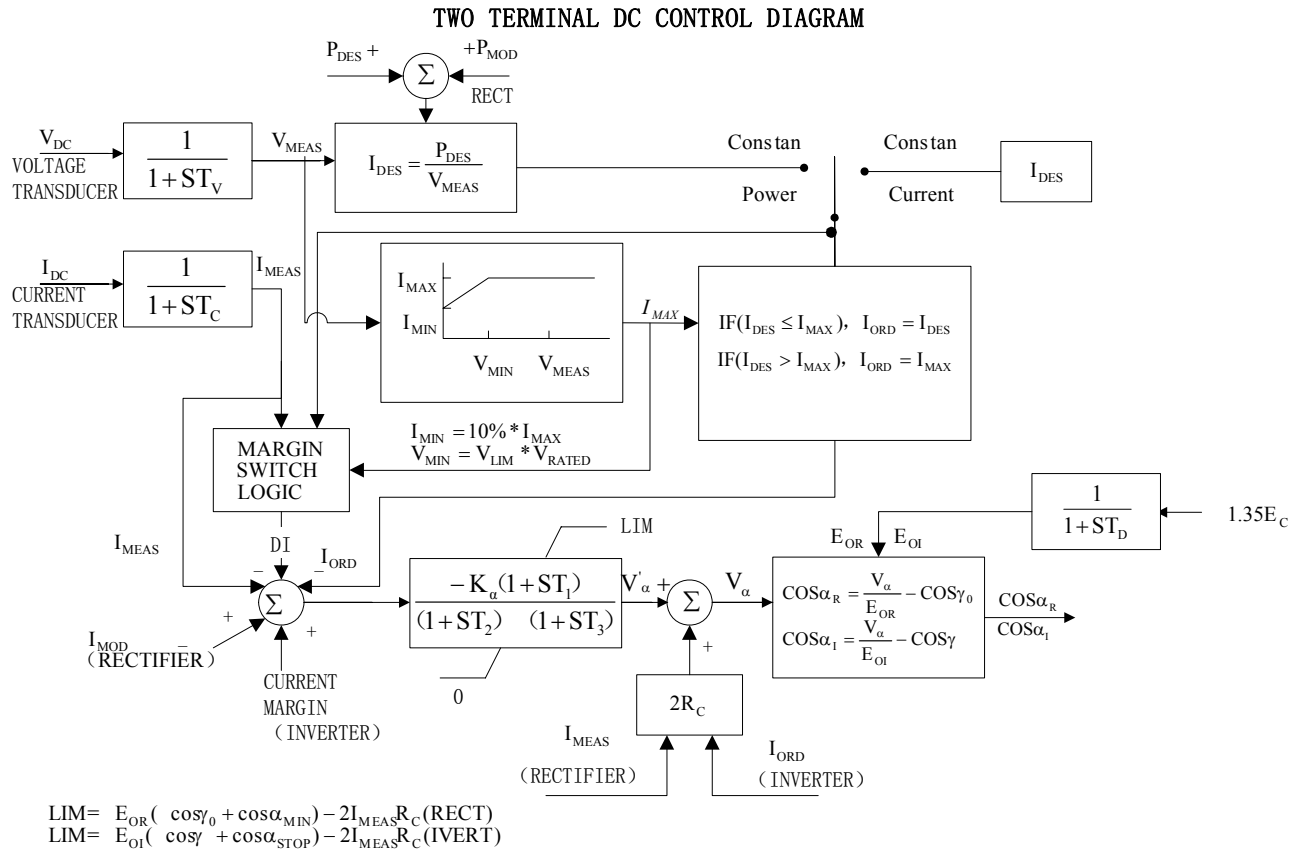
- 1) 直流的换流器消去；
- 2) 每条直流线路的所有换流器都必须消去，否则将导致致命错误而退出计算；
- 3) 所有要消去的换流器都需要LN卡；
- 4) 负荷模型卡可用于被消去换流器的等值负荷；
- 5) 直流输出卡不能用于被消去的换流器，该换流器母线已作为普通负荷母线处理。

7.1.1 直流控制系统模型（D）

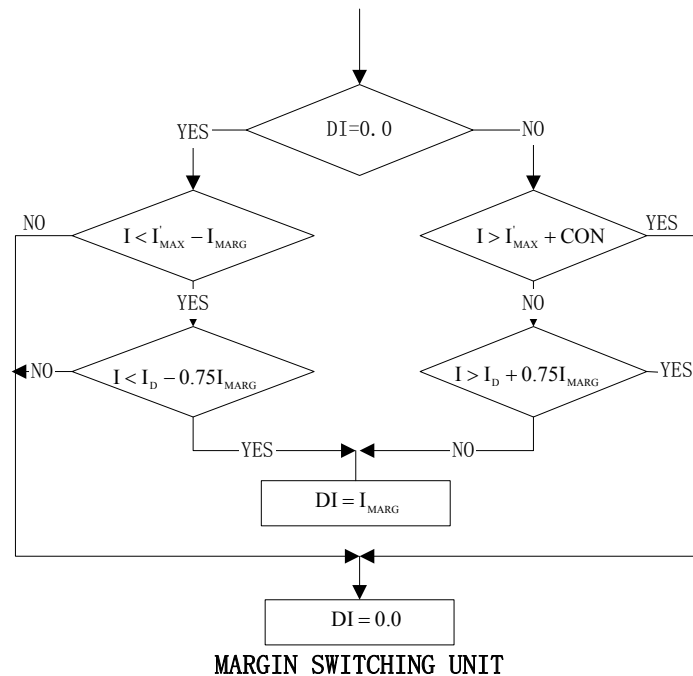
1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
D	NAME									KV	T _C									T _V	T ₁									T ₂	T ₃									K _a	MOD E	I _{MAX}	I _{MARGIN}	α_{STOP}	T _D	V _{LIM}											DISA	MSU																					
A1	A8									F4.0	F5.4									F5.4	F5.4									F5.4	F5.4									F5.4	A1	F4.3	F6.1	F5.1	F5.4	F3.3											A1	A1																					

列	说明
1	D，模型类型代码
4—11	NAME，节点名称
12—15	kV，基准电压（kV）
16—20	T _c ，电流测量环节时间常数（秒）
21—25	T _v ，电压测量环节时间常数（秒）
26—30	T ₁ ，电流调节器时间常数（秒）
31—35	T ₂ ，电流调节器时间常数（秒）
36—40	T ₃ ，电流调节器时间常数（秒）
41—45	K _a ，电流调节器增益
46	MOD，控制方式，P＝定功率控制，I＝定电流控制
47—50	I _{MAX} ，阀的过电流能力（标么值）
51—56	I _{MARGIN} ，电流余裕值（标么值），逆变侧必须在0.05-0.3之间
57—61	α _{stop} ，作逆变器使用时的最小点燃角（度），整流器的最小点燃角由潮流数据给出
62—66	T _D ，换相电压时间常数（秒），缺省0.01秒
72—74	V _{LIM} ，电流限制起始处的额定端电压（标么值），缺省0.25pu
79	DISA，非空则消去该直流控制系统
80	MSU，余裕开关单元关键码，当为零或空格时，表示换流站没有余裕开关单元，否则表示有余裕开关单元。

注：
此卡适用于两端及多端直流母线。



两端直流系统控制框图



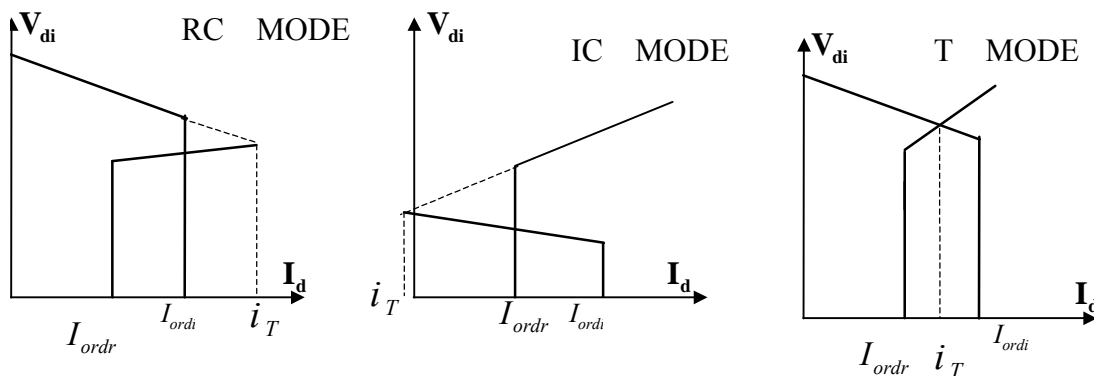
* DI 初始为零，在第一个0.25秒内保持为零，在这段时间，执行以上流程，以确定是否改变 DI 值， DI 的新值用于以后的0.5秒。在0.75秒及其后的每0.5秒间隔，执行以上流程更新 DI 的值。在每0.5秒间隔内， DI 保持定值。

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
D T		NAME								KV		P f		DV								I _{MAX}								I _{MARG}								T _C								T _V								α_{STOP}								M S U																	
A 8 A1		A 8								F 4.0				F 5.4								F 5.4								F 5.4								F 5.4								F 5.1								A 1																									

列	说明
1	DT, 模型类型代码
4—11	NAME, 母线名称
12—15	kV, 基准电压, kV
28—32	DV (VLIM) 过载截断电压值 (标么值)
38—42	I_{MAX} , 过电流能力 (标么值)
43—47	I_{MARG} , 电流余裕值 (标么值)
63—67	T_c 电流测量回路时间常数 (秒)
68—72	T_v 电压测量回路时间常数 (秒)
73—77	α_{stop} , 逆变器最小点燃角 (整流器的最小点燃角由潮流数据给出)
80	MSU, 余裕开关单元关键码, 为零时表示此换流器有余裕开关单元, 否则表示没有电流余裕开关单元。

简化模型的基本假设在于控制直流电流的直流控制器通常比电机控制器（调速器）快得多。因此，直流系统对扰动的响应要比电机的响应快得多。利用这一特性，在简化模型里认为直流控制器的电流控制器（CURRENT CONTROLLER略为CC）是理想的，因而可以忽略电流控制器的动态过程，认为直流线路电流 I_d 在电流控制器控制下将保持直流电流为给定值 I_{ord} （即，当整流器电流控制器起作用时， $I_d=I_{ordr}$ ，当逆变器起作用时， $I_d=I_{ordr}=I_{ordr}-I_{marg}$ ）。

电流控制方式（哪个电流控制器起作用）的确定，用控制器稳态特性来解决。如下图所示，有三种基本运行组合：



Operating characteristic at the inverter dc terminal

Showing the value of trial current, i_T , for three different operating modes

1) 整流器控制模式（CC—CEA控制）

正常情况下控制的设置是整流侧控制器控制线路电流（CC控制），逆变器控制器保持熄弧角 γ_i 恒定（CEA控制），这时， $I_d = I_{ordr}$ ， $\gamma_i = \gamma_0$ （最小熄弧角）。

2) 逆变器控制模式（CIA—CC控制）

当整流侧控制器达到其上限时，点燃角 α_r 为最小值（定点燃角CIA控制），逆变侧的电流控制器进行控制。

这时 $I_d = I_{ordi}$ ， $\alpha_r = \alpha_0$ （最小点燃角）。

3) 过渡控制模式（CIA—CEA控制）

当两端控制器都处于极限（整流器CIA，逆变侧CEA）时，就是这种模式，在这期间的线路的动态过程唯一地由直流线路等值电路决定，因此，

$$\alpha_r = \alpha_0, \gamma_i = \gamma_0$$

$$I_d = I_r = \frac{1}{1 + T_L S} I_{DC}$$

其中：

$$T_L = R_T / L_T = (R_{cr} + R_{eqr} + R_L - R_{ci} + R_{eqi}) / (L_{sr} + L_L + L_{si})$$

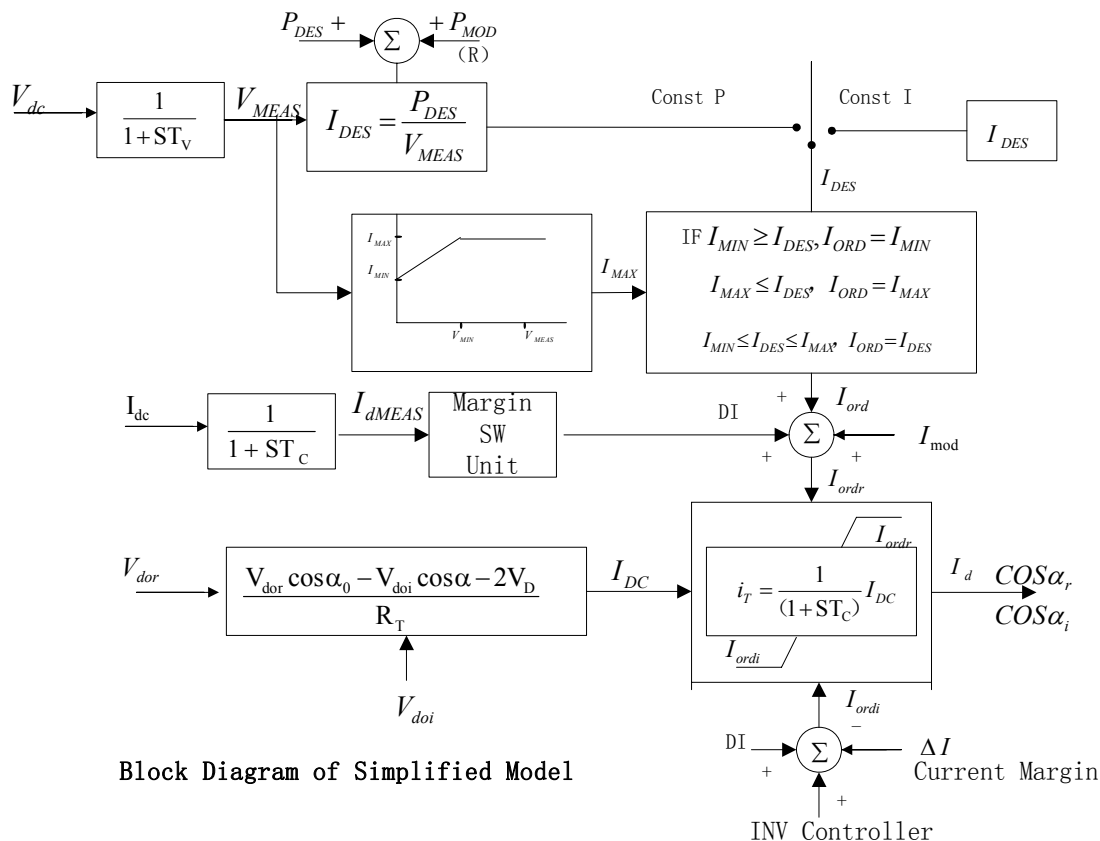
$$I_{DC} = (V_{dor} \cos \alpha_0 - V_{doi} \cos \gamma_0 - 2V_D) / R_T$$

程序用 i_T, I_{ordr}, I_{ordi} （见上图）之间的关系识别这些控制模式：

- 当 $i_T > I_{ordr}$ ，CC-CEA控制
- 当 $i_T < I_{ordi}$ ，CIA-CC控制
- 当 $I_{ordi} < i_T < I_{ordr}$ ，CIA-CEA控制

除这三种模式外，程序还检查并识别第四种运行模式（CC—CIA控制），当电流控制在整流侧且达到上限时就会出现这种运行模式。那么逆变侧的控制就从CEA改变为一种准稳态（quasi-stationary）状态，其点燃角被假定处于恒定。这种模式防止逆变

程序中考虑了余裕控制单元。但用简化模型不能模拟功率反转和直流线路故障, 简化直流模型框图如下。



If $i_T \geq I_{\text{ordr}}$ \rightarrow CC-CEA Control

$$\rightarrow I_d = i_{\text{ordr}}, \quad \gamma_i = \gamma_0, \quad V_{\text{dor}} \cos \alpha_r = V_{\text{doi}} \cos \gamma_0 + 2V_p + R_T I_d$$

If $i_T \leq I_{ordi} \rightarrow$ CIA-CC Control

$$\rightarrow I_d = i_{ordi}, \quad \alpha_r = \alpha_0, \quad V_{dor} \cos \gamma_i = V_{doi} \cos \alpha_0 - 2V_D - R_T I_d$$

If $I_{ordi} < i_T < I_{ordr}$ → CIA-CEA Control

$$\rightarrow \quad I_d = i_T, \quad \alpha_r = \alpha_0, \quad Y_i = Y_0$$

7.1.3 两端直流换相失败模型 (DF)

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
D	F	NAME								KV				dV/dt								V _{n1}		V _{n2}		DT		V _n		C1		T1		C2		T2		C3		T3																																							
A2	A8								F4.0				F5.3								F5.4		F5.4		F5.4		F5.4		F5.4		F5.3		F5.4		F5.3		F5.4		F5.3																																								

列

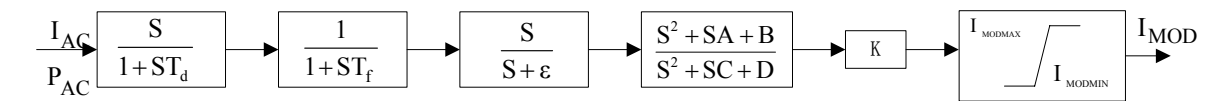
1-2 DF, 卡片名称

4—11	NAME，母线名称
12—15	kV，基准电压（kV）
18—22	dV/dt，直流系统可能发生换相失败的电压变化率的门槛值（pu/sec）
23—27	V _{f1} ，当直流母线电压变化率大于dV/dt，且电压低于V _{f1} （pu）时，发生换相失败
28—32	V _{f2} ，当直流母线电压低于V _{f2} （pu）时，发生换相失败
33—37	DT，换相失败发生到直流系统闭锁的时间（sec）
38—42	V _{rs} ，当直流母线电压大于V _{rs} （pu）时，直流系统恢复换相
43—52	C1、T1，直流系统从恢复换相到T1时刻（sec），直流功率恢复的百分数（%）
53—62	C2、T2，直流系统从恢复换相到T2时刻（sec），直流功率恢复的百分数（%）
63—72	C3、T3，直流系统从恢复换相到T3时刻（sec），直流功率恢复的百分数（%）

7.1.4 小方式调制（适用于整流侧、DS-1\2）

LOW LEVEL MODULATION MODEL

1										2										3										4										5										6										7										8									
D	S	NAME						KV	T _d	T _f	ε						A	B	C	D	K	I _{MODMIN}	I _{MODMAX}	H	I	L	O	NAME1						KV1	NAME2						KV2																																						
A1	A1	A8						F4.0	F3.3	F3.3	F3.3						F3.1	F3.1	F3.1	F3.1	F4.3	F5.4	F5.1	A1				BRANCH							MONITORED																																												



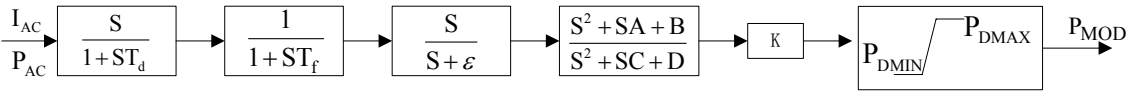
列	说明
1—2	DS，模型类型代码
4—11	换流站换流变压器整流侧母线名
12—15	基准电压（kV）
16—18	T _d ，微分环节时间常数（秒）
19—21	T _f ，滤波器时间常数（秒）
25—27	ε，引导补偿因子
28—30	A，陷波滤波器参数
31—33	B，陷波滤波器参数
34—36	C，陷波滤波器参数
37—39	D，陷波滤波器参数

40—43	K，小方式调制增益
44—48	I_{MODMIN} ，按桥的额定电流标么的最小调节电流
49—53	I_{MODMAX} ，按桥的额定电流标么的最大调节电流
54	HILO，控制码，=0或1，输入量为 P_{ac} ；=2，输入量为 I_{ac}
56-80	量测支路两端的节点名和基准电压，输入信号由该支路测得

7.1.5 大方式调制（适用于整流侧、DS-3\4）

HIGH LEVEL MODULATION MODEL

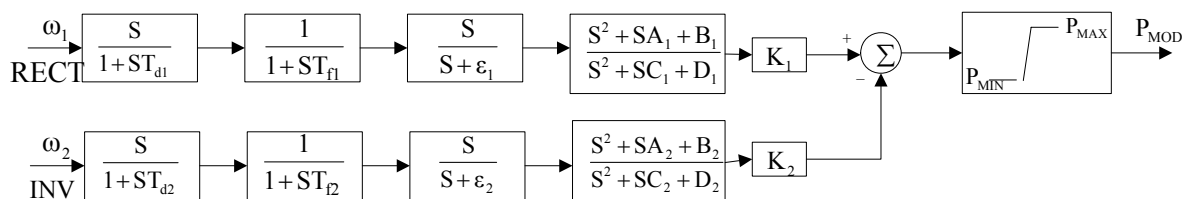
1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
D	S	NAME								KV		T _d		T _f		ℰ				A		B		C		D		K		P _{DMIN}		P _{DMAX}		H I L O		NAME1								KV1		NAME2								KV2																									
A1	A1	A8								F4.0		F3.3		F3.3						F3.3		F3.1		F3.1		F3.1		F4.3		F5.4		F5.1		A1		BRANCH MONITORED																																											



列	说明
1—2	DS，模型类型代码
4—11	换流站换流变压器整流侧母线名
12—15	基准电压
16—18	T_d ，微分环节时间常数（秒）
19—21	T_f ，滤波器时间常数（秒）
25—27	ϵ ，引导补偿因子
28—30	A，陷波滤波器参数
31—33	B，陷波滤波器参数
34—36	C，陷波滤波器参数
37—39	D，陷波滤波器参数
40—43	K，大方式调制增益（由功率变化率（MW/秒）产生的直流调制功率（MW））
44—48	P_{DMIN} ， $P_{DMIN}=P_{DO}+P_{MODMIN}$ ，即安排的直流功率与功率调制量下限之和，MW。
49—53	P_{DMAX} ， $P_{DMAX}=P_{DO}+P_{MODMAX}$ ，即安排的直流功率与功率调制量上限之和，MW。
54	HILO，HILO=3，输入量为 P_{ac} ；HILO=4，输入量为 I_{ac}
56—80	量测支路两端的节点名和基准电压，输入信号由该支路测得。

DUAL FREQUENCY MODULATION MODEL

1										2										3										4										5										6										7									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0										
D	S	NAME								KV		T _d		T _f		E		A		B		C		D		K		P _{MODMIN}		P _{MODMAX}		H I L O		NAME1								KV1		NAME2								KV2																	
A1	A1	A8								F4.0		F3.3		F3.3		F3.3		F3.1		F3.1		F3.1		F3.1		F4.3		F5.4		F5.1		A1	BRANCH								MONITORED																												

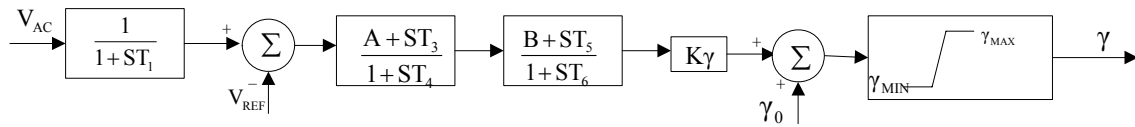


列	说明
1—2	DS, 模型类型代码
4—11	母线名
12—15	基准电压
16—18	T_d , 微分环节时间常数 (秒)
19—21	T_f , 滤波器时间常数 (秒)
25—27	ε , 引导补偿因子
28—30	A, 陷波滤波器参数
31—33	B, 陷波滤波器参数
34—36	C, 陷波滤波器参数
37—39	D, 陷波滤波器参数
40—43	K, 双侧频率调制增益
44—48	P_{MODMIN} , 直流功率调制量下限 (MW)
49—53	P_{MODMAX} , 直流功率调制量上限 (MW)
54	空格
56-80	量测节点名1及基准电压与量测节点名2及基准电压相同, 输入信号由该节点测得。

7.1.7 逆变侧熄弧角调制（ γ 调制、DS-5）

GAMMA MODULATION

									1									2									3									4									5									6									7																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																						
D	S	NAME								KV	T1	T3								T4								T5								T6								K_γ	γ_{\max}				A	B	H I O	γ_{\min}												D	BUS NAME								KV							
A1	A1	A8								F4.0	F5.1	F5.1								F5.1								F5.1								F5.1								F6.1								F5.1				I1	I1	A1	F5.1												A1	A8								F4.0



列	说明
1—2	DS, 模型类型代码
4—11	母线名
12—15	基准电压 (kV)
16—20	T_1 , 测量回路时间常数 (秒)
21—25	T_3 , 时间常数 (秒)
26—30	T_4 , 时间常数 (秒)
31—35	T_5 , 时间常数 (秒)
36—40	T_6 , 时间常数 (秒)
41—46	K_γ , γ 调制增益 (度/电压标么值)
47—51	γ_{\max} , 最大 γ 角 (度)
52	A, 必须为1或0
53	B, 必须为1或0
54	HILO, 必须为5
55—59	γ_{\min} , 最小 γ 角 (度)
68	为D或空格, D表示定电压控制
69—76	测量母线名
77—80	基准电压 (kV)

7.2 新的两端直流系统模型 (DM\DZ、DN\DZ、DS\D+)

新模型中的直流模型控制系统的参数和特性易于调节, 电流定值计算、低压限流 (VDCOL) 和逆变侧换相失败等主要环节的模拟与实际系统特性更为相近, 能够更准确地模拟直流输电系统的动态特性, 提高暂态稳定仿真的准确度。

(1) 直流线路模型

新模型可以模拟直流线路电容。电容值需要在潮流数据文件的直流线路卡 (LD卡) 中填写。如果电容值为零, 则与原直流准稳态模型一样, 可以不考虑电容的影响。

(2) 直流控制系统模型 (DM型和DN型)

新模型有两种直流控制系统模型, 即DM型和DN型。加上PSD-BPA暂态稳定程序中中原有的直流控制系统模型 (D卡和DT卡), 目前程序中共有四种两端直流控制系统

新准稳态直流模型目前有四种直流附加控制模型（DS卡）：频率限制器（54列填写7）、双侧频率调制（54列填写8或81）、有功功率调制（54列填写9）。目前，PSD-BPA程序中原有的直流调制控制系统模型只能和原有的直流控制系统联合使用，新直流调制模型只能与新的直流准稳态模型联合使用。

新准稳态直流模型能够模拟直流系统的单极/双极闭锁、单极闭锁及极间功率转移、直流功率/电流改变等直流系统的故障和控制功能。

除了具备与原直流模型相同的功能和使用卡片外,新模型可以将电流定值计算环节中直流电压测量时间常数设置为故障前后使用两个不同的数值进行仿真。

如果直流故障卡片类型ID（32-33列数值）和原有的卡片相同，则模拟的功能也完全相同。例如：32-33列数值为4，表示单极闭锁。如果卡片类型ID中含有0，则表示直流电压测量时间常数在故障前后将使用两个不同的数值进行计算。例如：32-33列数值为40，也表示单极闭锁，但在闭锁后，另一正常极的直流电压测量时间常数变换为另一数值。

目前新模型暂无直流线路故障模拟功能。

新模型根据逆变侧的熄弧角 γ 角值判断换相失败和恢复换相。在PSD-BPA原有的直流模型中，需要填写专门的DF卡来模拟换相失败。

本节中新的直流模型是与南方电网技术研究中心合作共同开发的。

DM型直流控制系统模型需要两张卡片填写，即DM和DZ卡。

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0										
D		M		NAME						KV		MODE		T _{YP}		I _{MAX}		I _{MIN}		T _{lMES}		K _P		T _l		MAX ₁		MIN ₁		T _{GamMES}		K _P GAM		T _l GAM		MAX _{GAM}		MIN _{GAM}				D		I		S		A																															
A1				A8						F4.0		A1	F4.3		F4.3		F4.3		F4.3		F4.3		F4.3		F4.1		F4.1		F4.3		F4.3		F4.3		F4.1		F4.1						A1																																				

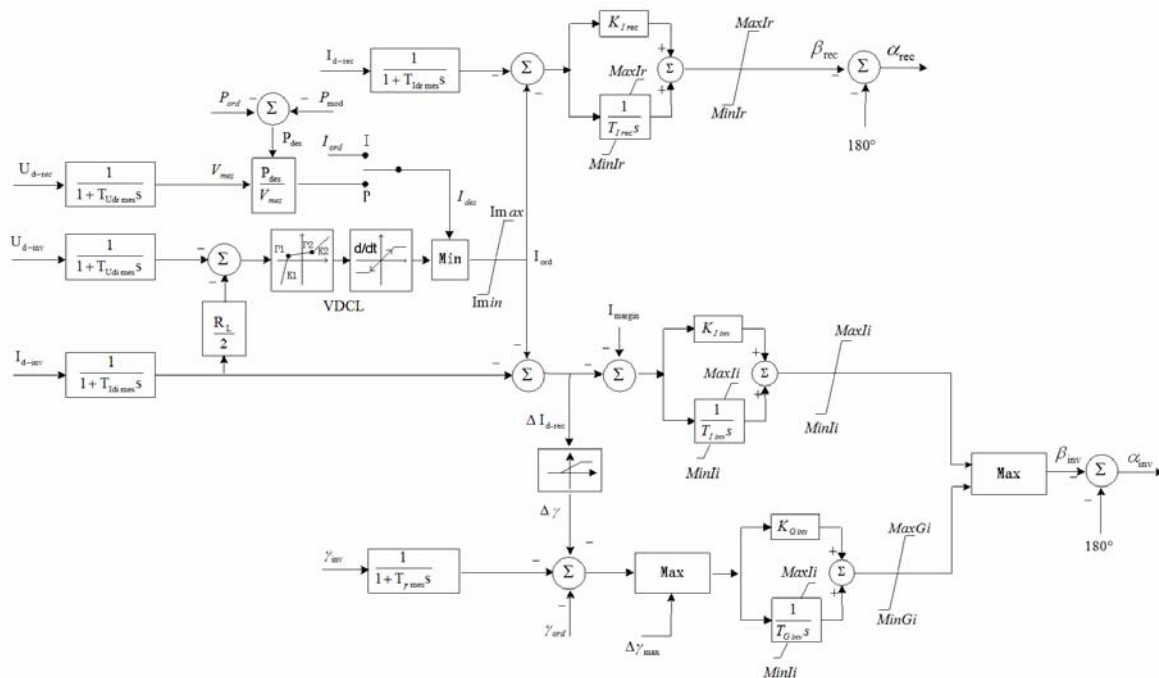
列	说明
1—2	DM, 卡片名称
4—11	Name, 节点名称
12—15	BaseKv, 基准电压 (kV)
16—16	MOD, P=恒功率控制, I=恒电流控制 (缺省: P)

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
D	Z	NAME								KV	T _{VDCL}	X ₁								Y ₁	X ₂	Y ₂	K ₁	K ₂	DownSL	UpSL	γ _{MIN}								Imargin	DGamMin	M																																										
A1	A1	A8								F4.0	F4.3	F4.3								F4.3	F4.3	F6.4	F6.4	F4.0	F4.0	F3.2								F3.2	F4.1	A1																																											

列	说明
1—2	DZ, 卡片名称, 续行卡
4—11	Name, 节点名称
12—15	BaseKv, 基准电压, kV
16—19	T _{VDCOL} , VDCOL环节电压测量环节时间常数(秒) (逆变侧填写)
24—27	X1, VDCOL的x1(标么值) (逆变侧填写)
28—31	Y1, VDCOL的y1(标么值) (逆变侧填写)
32—35	X2, VDCOL的x2(标么值) (逆变侧填写)
36—39	Y2, VDCOL的y2(标么值) (逆变侧填写)
40—45	K1, VDCOL的斜率1(标么值) (逆变侧填写)
46—51	K2, VDCOL的斜率2(标么值) (逆变侧填写)
52—55	DownSpeedLimit, VDCOL输出值的下降速率限制(pu/sec.) (逆变侧填写)
56—59	UpSpeedLimit, VDCOL输出值的上升速率限制 (值大于零) (pu/sec.) (逆变侧填写)

- 65—67 γ min, 逆变器换相失败的门槛值(度)（逆变侧填写）
 71—73 Imargin, 电流裕度(标么值, 逆变侧填写)
 74—77 Delt γ min, 逆变侧 γ 角的最大偏差限制(度)（逆变侧填写）
 80—80 M, DM卡续卡标志（必须填写“M”，以使PSAW文本编辑程序正确解析卡片含义。仅PSAW使用此标志，BPA计算程序不使用）

该模型如下图所示：



注：

1) 此卡适用于两端直流母线，整流和逆变侧各需一张。变量含义中明确没有明确整流和逆变侧的项，两侧都需要填写；已经明确变量属于两侧中的一侧时，另一侧卡片该变量值不填写。

2) 补偿电阻

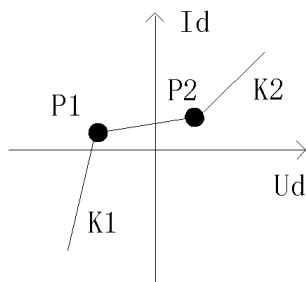
为了得到直流线路中点的电压，引入补偿电阻 $\frac{R_L}{2}$ （ R_L 为直流线路的电阻），再根据逆变侧直流电流和电压来计算线路中点的电压值。该电压作为低压限流环节（VDCOL）的输入。

3) 低压限流环节（VDCOL）

低压限流环节的任务是在直流电压或交流电压跌落到某个指定值时对直流指令进行限制，其主要作用是减少换相失败的发生的可能性和对交流系统无功功率的需求。

VDCOL特性有两部分组成：

➤ 低压限流（ U_d-I_d ）特性描述环节



输入为直流线路中点的电压值，输出是限制后的直流电流定值。由6个值组成，分别是：P1和P2的XY轴坐标值、以P1为起点到负X轴坐标方向的直线的斜率K1和以P2为起点到正X轴坐标方向的直线的斜率K2。

➤ 低压限流 U_d - I_d 特性输出的速率限制环节

对低压限流输出的上升和下降速率的限制。目的是为了使电流指令值平稳变化，特别是大扰动故障切除后的恢复过程，过快的上升速率易导致逆变侧的换相失败和从交流系统吸取大量的无功功率而引起电压稳定性问题。

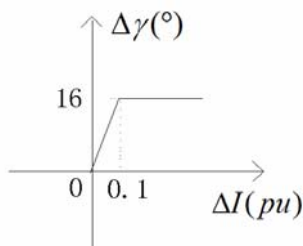
4) 电流定值计算（主控制）

用于计算两侧电流控制器的参考值。含有恒电流和恒功率两种控制方式，但只能选取其中之一。通过恒电流或恒功率控制的输出值与VDCOL输出值的比较，选择其中最小者作为整流侧电流参考值。整流侧电流参考值减去一个裕度值后即为逆变侧电流参考值。

恒功率控制时，其直流电压测量回路时间常数值和VDCOL中的直流电压测量时间常数分别由参数 T_{VP} 和 T_{VDCOL} 来填写。

5) 电流偏差控制

用来在逆变侧的定熄弧角和定电流控制之间进行平滑过渡，避免控制方式的不确定与来回摆动。其输入是逆变侧的电流整定值与实际电流的偏差，输出为定熄弧角控制的角度增量。正常稳态工况下，本环节不起作用，其特性如下图所示：



7.2.2 直流控制系统模型（DN）

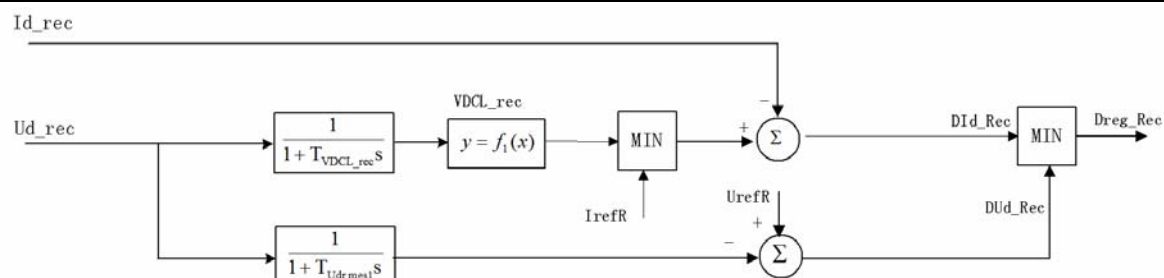
DN型直流控制系统模型需要两张卡片填写：DN和DZ卡。

DN卡：

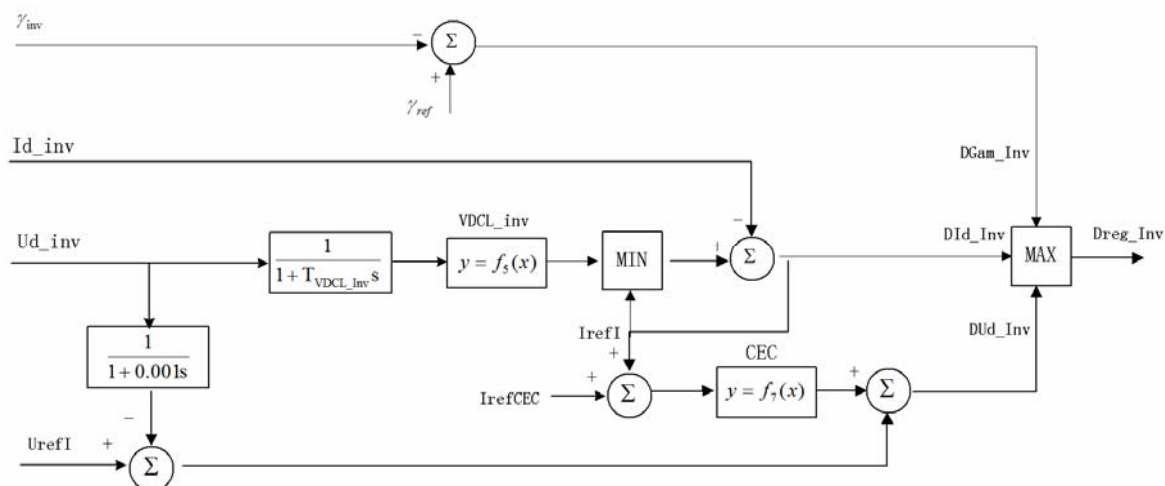
DZ卡:

列	说明
1—2	DZ, 卡片名称
4—11	Name, 节点名称
12—15	BaseKv, 基准电压, kV
16—19	TVDCOL, VDCOL环节电压测量环节时间常数(秒)
24—27	X1, VDCOL的x1(标么值)
28—31	Y1, VDCOL的y1(标么值)
32—35	X1, VDCOL的x2(标么值)
36—39	Y1, VDCOL的y2(标么值)
40—45	K1, VDCOL的斜率1(标么值)
46—51	K2, VDCOL的斜率2(标么值)
52—55	DownSpeedLimit, VDCOL输出值的下降速率限制(pu/sec.)
56—59	UpSpeedLimit, VDCOL输出值的上升速率限制(值大于零)(pu/sec.)
60—64	α stop, 作逆变器使用时的最小点燃角(度)
65—67	γ min, 逆变器换相失败的门槛值(度)
71—73	TvpSmall, 整流侧功率定值环节中直流电压测量环节的小时间常数(秒, 整流侧填写)
80—80	"N", DN卡续卡标志(必须填写“N”, 以使PSAW文本编辑程序正确解析卡片含义。仅PSAW使用此标志, BPA计算程序不使用)

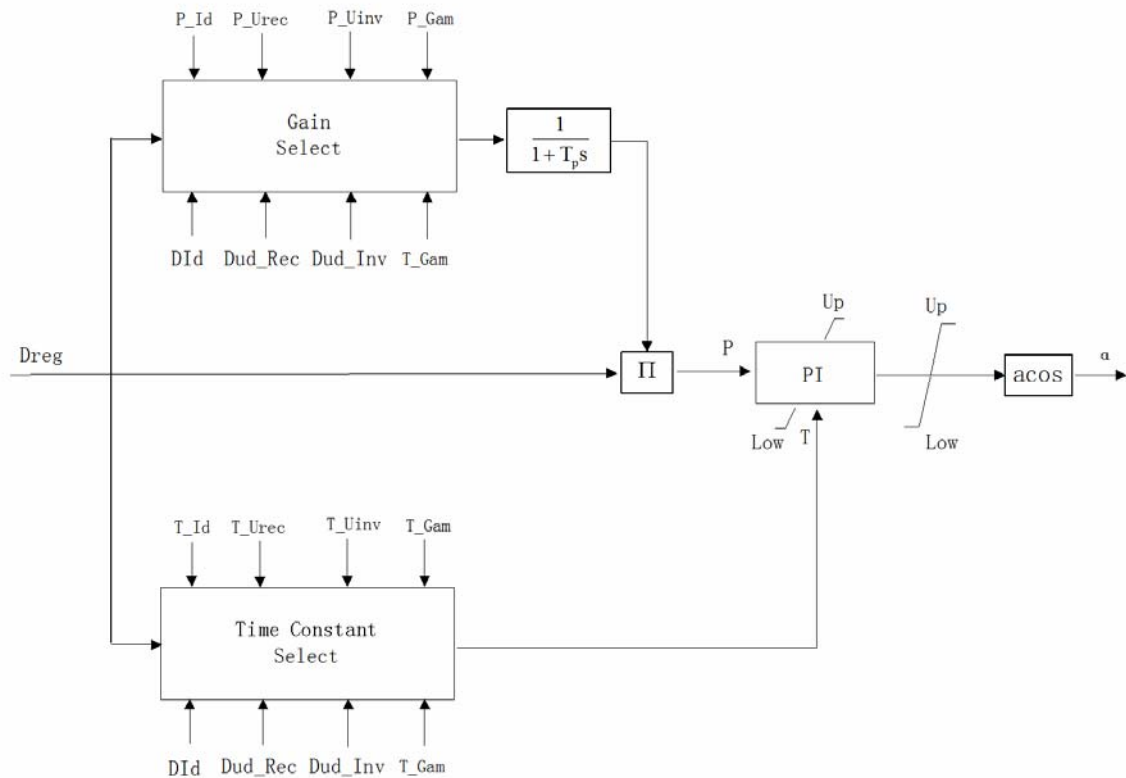
2010 年 06 月



整流侧控制偏差量计算



逆变侧控制偏差量计算



控制器及触发角计算

注：

1) 此卡适用于两端直流母线，整流和逆变侧各需一张。变量含义中明确没有明确整流和逆变侧的项，两侧都需要填写；已经明确变量属于两侧中的一侧时，另一侧卡片该变量值不填写。

2) 参考值计算

包含整流侧和逆变侧电流、电压控制器以及逆变侧电流偏差控制的输入参考值计算。

与7.2.1节的DM模型类似，有恒电流和恒功率两种控制方式，二者只能选一作为整流侧的电流参考值。逆变侧电流值比整流侧小一个裕度值。

3) 电流定值的最大值Iordmax限制

系统正常工况下，直流电流 I_d 不大于额定直流电流，电流定值的最大值Iordmax等于系统的暂时过负荷电流Imax。

当直流电流大于短期过负荷电流限制Iovl后，表明系统发生了过负荷，将根据过负荷量来确定容许的过负荷时间。过负荷量与容许过负荷时间呈反时限关系，过负荷量越大，容许过负荷时间越小。不超过容许的过负荷时间内，Iordmax仍然等于Imax；超过容许过负荷时间后，Iordmax将按设定的速率下降到短期过负荷电流限制Iovl。

以上控制计算仅对恒功率控制有效，对于恒电流控制，Iordmax等于Imax。

在使用直流功率改变卡时，需要考虑该控制功能的影响。

该功能的一个填写例子如下：

如果Imax=1.4pu（暂时过负荷电流阈值）、Iovl=1.25pu（短期过负荷电流阈值）、Tmax=3.0sec（1.4pu时的容许过负荷时间）、TmaxLim=1.0sec（超过容许过负荷时间后，定值下降到1.25pu的时间），则：

- 当直流电流 $I_d < 1.25\text{pu}$ （即 $I_d < I_{ovl}$ ）时，系统不发生过负荷，电流定值的最大值输出（Iordmax）为1.4pu（Imax）。
- 当直流电流 $I_d > 1.25\text{pu}$ 时，在容许的过负荷时间内，电流定值的最大值输出（Iordmax）仍然为1.4pu；超过容许的过负荷时间后，电流定值的最大值Iordmax将以速率 $(I_{ovl} - I_{max}) / T_{maxLim}$ 从1.4pu下降到1.25pu，下降的时间为1.0sec.（TmaxLim）。容许过负荷时间的反时限特性如下：
 - 当 $I_d = 1.4\text{pu}$ 时，过负荷的最大容许时间为3.0sec.（Tmax）。
 - 当 $I_d > 1.4\text{pu}$ 时，过负荷的最大容许时间将小于3.0sec.，且 I_d 越大，容许时间越短。
 - 当 $1.25\text{pu} < I_d < 1.4\text{pu}$ 时，过负荷的容许时间将大于3.0sec，且 I_d 越接近于1.25pu，容许时间越大。

4) 低压限流环节（VDCOL）

与7.2.1节DM模型类似，低压限流环节的描述由6个值组成，分别是：P1和P2的XY轴坐标值（（x1,y1）、（x2,y2）），以P1为起点到负X轴坐标方向的直线的斜率K1和以P2为起点到正X轴坐标方向的直线的斜率K2。

7.2.3 频率限制模型（DS-7）

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
D		S		NAME						KV		Dfmin		Dfmax		Tf		Fband		Kp		Ki		Pmodmin		Pmodmax				H I L O		NAME1						KV1		NAME2						KV2																																	
A1A1		A8						F4.0		F3.2		F3.2		F4.3		F3.3		F5.0		F5.0		F4.0		F5.4				A1		A8						F4.0		A8						F4.0																																			

列	说明
1 — 2	DS, CARD TYPE,卡的标记
4 — 11	Bus Name, 母线名
12 — 15	Bus Base(kV), 基准电压
16 — 18	Dfmin, 频差的最小值(Hz)
19 — 21	Dfmax, 频差的最大值(Hz)
22 — 25	Tf, 滤波器时间常数(秒)
26 — 28	Fband, 频差死区的限制范围 (Hz)
29 — 33	Kp, 比例增益
34 — 38	KI, 积分增益
39 — 42	Pmodmin, 直流功率调制量下限(100%, 以直流额定功率为基准值)
43 — 46	Pmodmax, 直流功率调制量上限(100%, 以直流额定功率为基准值)
54 — 54	必须为 “7”
56 — 63	Bus Name1, 测量节点1母线名
64 — 67	Bus Base1, (kV)测量节点1端基准电压
69 — 76	Bus Name2, 测量节点2端母线名
77 — 80	Bus Base2, (kV)测量节点2端基准电压

模型如下：



- #### 7.2.4 双侧频率调制模型 (DS-8、D+)

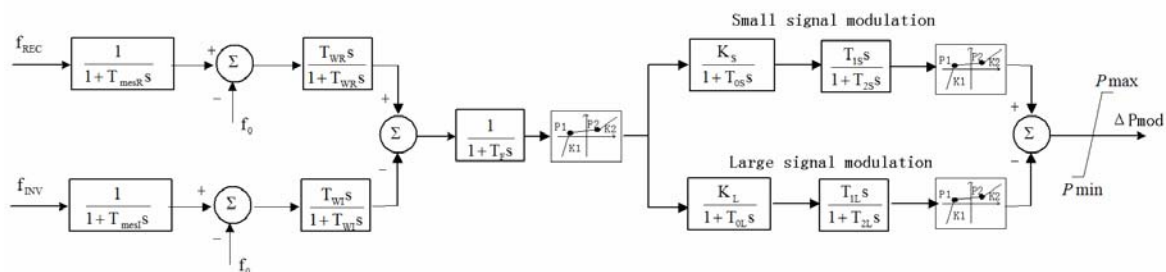
1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
D	S	NAME								KV		Kmes		Tmes		Tw		Tf		K		T0		T1		T2		T3		T4		Pmin(Rec)					H	I	L	O	NAME1								KV1		NAME2								KV2																				
A1	A1	A8								F4.0		F3.2		F3.1		F3.0		F3.2		F3.0		F3.2		F3.2		F3.2		F3.2		F3.2		F5.2					A1	A8								F4.0		A8								F4.0																							

2010 年 06 月

[illegible]

列	说明
1-2	D+,DS卡的续卡标记。
4-11	Bus Name,母线名。
12-15	Bus Base(kV),基准电压。
16-20	X1,非线性环节的X1（整流侧填小方式调制，逆变侧填大方式调制）
21-25	Y1,非线性环节的Y1（整流侧填小方式调制，逆变侧填大方式调制）
26-29	X2,非线性环节的X2（整流侧填小方式调制，逆变侧填大方式调制）
30-33	Y2,非线性环节的Y2（整流侧填小方式调制，逆变侧填大方式调制）
34-37	K1,非线性环节的K1（整流侧填小方式调制，逆变侧填大方式调制）
38-41	K2,非线性环节的K2（整流侧填小方式调制，逆变侧填大方式调制）
42-45	Min,非线性环节的下限值（整流侧填小方式调制，逆变侧填大方式调制）(缺省值:-9999.)
46-49	Max,非线性环节的上限值（整流侧填小方式调制，逆变侧填大方式调制）(缺省值:9999.)

该模型需要两张卡片填写：DS和D+卡。

[illegible]

列	说明
1- 2	DS, 卡的标记
4- 11	Bus Name, 母线名
12-15	Bus Base(kV), 基准电压
16-18	K_{mes} , 频率测量环节增益(秒)
19-21	T_{mes} , 频率测量时间常数(秒)
22-24	T_w , 隔直环节时间常数(秒)
25-27	T_F , 滤波器参数(秒)(仅整流侧填写, 逆变侧为空格)
28-30	K, 双侧频率调制增益 (整流侧填小方式调制, 逆变侧填写大方式调制)
31-33	T_0 , 滤波器参数(秒) (整流侧填写小方式调制, 逆变侧填写大方式调制)
34-36	T_1 , 第一个超前时间常数(秒) (整流侧填写小方式调制, 逆变侧填写大方式调制)
37-39	T_2 , 第一个滞后时间常数(秒) (整流侧填写小方式调制, 逆变侧填写大方式调制)
46-50	直流功率调制量限值 (100%, 以直流额定功率为基准值), 整流侧填写PMDMIN(下限值); 逆变侧填写PMDMAX (上限值)
54-54	HILO (ID), 必须为 “8”
55-55	HILO (ID), 必须为 “1”
56-63	Bus Name, 量测支路1端

[illegible]

列	说明
1- 2	D+, 续卡的标记
4- 11	Bus Name, 母线名
12-15	Bus Base(kV), 基准电压
16-20	X1, 第二个非线性环节的X1 (整流侧填写小方式调制, 逆变侧填写大方式调制)
21-25	Y1, 第二个非线性环节的Y1 (整流侧填写小方式调制, 逆变侧填写大方式调制)
26-29	X2, 第二个非线性环节的X2 (整流侧填写小方式调制, 逆变侧填写大方式调制)
30-33	Y2, 第二个非线性环节的Y2 (整流侧填写小方式调制, 逆变侧填写大方式调制)
34-37	K1, 第二个非线性环节的K1 (整流侧填写小方式调制, 逆变侧填写大方式调制)
38-41	K2, 第二个非线性环节的K2 (整流侧填写小方式调制, 逆变侧填写大方式调制)
42-45	Min, 第二个非线性环节的下限值 (整流侧填写小方式调制, 逆变侧填写大方式调制) (缺省值:-9999.)
46-49	Max,第二个非线性环节的上限值 (整流侧填写小方式调制, 逆变侧填写大方式调制) (缺省值:9999.)
51-55	X1,第一个非线性环节的X1 (仅整流侧填写)
56-60	Y1,第一个非线性环节的Y1 (仅整流侧填写)
61-64	X2,第一个非线性环节的X2 (仅整流侧填写)
65-68	Y2,第一个非线性环节的Y2 (仅整流侧填写)
69-72	K1,第一个非线性环节的X2 (仅整流侧填写)
73-76	K2,第一个非线性环节的Y2 (仅整流侧填写)
79-80	D+卡续卡标志, 必须填写 “81”

The block diagram shows the power system model. The input P_{LINE} is processed through a series of five blocks: $\frac{1}{1+T_{\text{mes}}s}$, $\frac{T_W s}{1+T_W s}$, $\frac{K_P}{1+T_0 s}$, $\frac{1+T_1 s}{1+T_2 s}$, and $\frac{1+T_3 s}{1+T_4 s}$. The output of the final block is ΔP_{mod} , which is then used to determine the power limits P_{max} and P_{min} via a saturation block.

	1								2								3								4								5				6								7
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0					
S	NAME								KV	Tmes	Tw	Kp	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6									H I L O						Pmin(100%)	Pmax(100%)										
d																																													
A1	A1	A8								F4.0	F3.3	F3.1	F4.0	F3.2	F3.2	F3.2	F3.2	F3.2	F3.2	F3.2	F3.2	F3.2	F3.2	F3.2	F3.2	F3.2	F3.2					A1		F5.2	F5.2										

列	说明
1- 2	DS, 卡类型
4- 11	Bus Name, 母线名
12-15	Bus Base(kV), 基准电压
16-18	T_{mes} , 功率测量时间常数(秒)
19-21	T_w , 功率测量时间常数(秒)
22-25	K_p , 功率调制增益
26-28	T_0 , 滤波器参数(秒)
29-31	T_1 , 第一个超前时间常数(秒)
32-34	T_2 , 第一个滞后时间常数(秒)
35-37	T_3 , 第二个超前时间常数(秒)
38-40	T_4 , 第二个滞后时间常数(秒)
41-43	T_5 , 第三个超前时间常数(秒)
44-46	T_6 , 第三个滞后时间常数(秒)
54-54	HILO (ID), 必须为 “9”
58-62	P_{MODMIN} , 直流功率调制量下限值 (pu, 以直流额定功率为基准)
63-67	P_{MODMAX} , 直流功率调制量上限值 (pu, 以直流额定功率为基准)

D+卡（第2张参数卡）：

列	说明
1- 2	D+, 续卡卡的标记
4- 11	Bus Name, 母线名
12-15	Bus Base(kV), 基准电压
16-20	X1, 非线性环节的X1
21-25	Y1, 非线性环节的Y1
26-29	X2, 非线性环节的X2
30-33	Y2, 非线性环节的Y2
34-37	K1, 非线性环节的K1
38-41	K2, 非线性环节的K2
42-45	Min, 非线性环节的下限值(缺省值:-9999.)
46-49	Max, 非线性环节的上限值(缺省值:9999.)
54-54	必须为“D”或“d”(D+数据参数行续卡标志)
80-80	D+卡续卡标志(必须填写“9”)

[illegible]

列	说明
1- 2	D+, 续卡卡的标记
4- 11	Bus Name, 母线名
12-15	Bus Base(kV), 基准电压
16-23	Bus Name, 量测支路1的I端母线名字
24-27	Bus Base(kV), 量测支路1的I端基准电压
29-36	Bus Name, 量测支路1的J端母线名字
37-40	Bus Base(kV), 量测支路1的J端基准电压
43-50	Bus Name, 量测支路2的I端母线名字
51-54	Bus Base(kV), 量测支路2的I端基准电压
56-63	Bus Name, 量测支路2的J端母线名字
64-67	Bus Base(kV), 量测支路2的J端基准电压

80-80 D+卡续卡标志（必须填写“9”）

注：

填写量测支路的D+卡至少是1张，但不能超过3张，至少要填写一条量测支路。

7.2.7 新两端直流模型输出相关的修改说明

直流相关变量的输出需要填写直流数出数据卡—D卡，详细参见第四章第7节。使用新直流模型时，直流输出卡（D卡）的部分功能修改如下：

1) 44列，所有的调制功率输出之和。

当44列不为0或不为空时，对于新直流模型，输出值为频率限制模型、双侧频率调制、有功功率调制模型的调制功率之和（MW）；对于原直流模型，输出值为整流侧的调制信号。

2) 52列，频率限制模型的输出功率。

当52列不为0或不为空时，对于新直流模型，输出值为频率限制模型的调制功率输出（MW）；对于原直流模型，输出值为整流侧控制系统的内部变量 V_a 。

3) 54列，双侧频率调制模型的输出功率。

当54列不为0或不为空时，对于新直流模型，输出值为双侧频率调制模型的调制功率输出（MW）；对于原直流模型，输出值为逆变侧控制系统的内部变量 V_a 。

4) 56列，有功功率调制模型的输出功率。

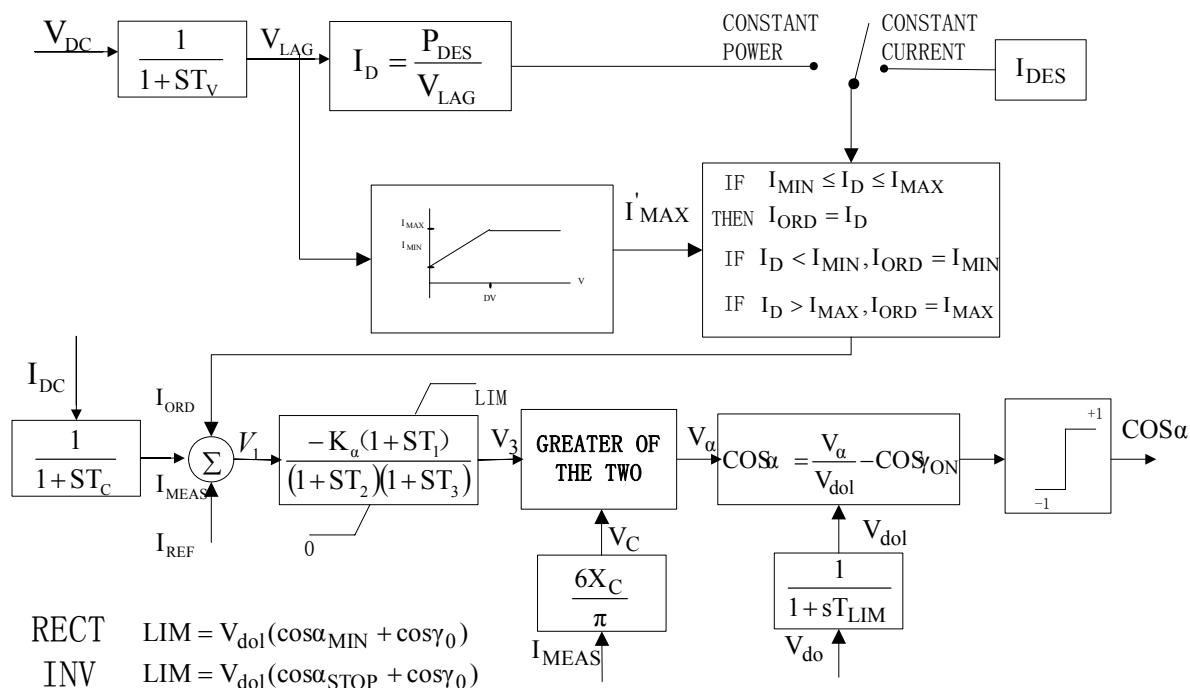
当56列不为0或不为空时，对于新直流模型，输出值为有功功率调制模型的调制功率输出（MW）；对于原直流模型，输出值为整流侧控制系统的内部变量 V'_a 。

D卡其它列的含义与原来完全一致。

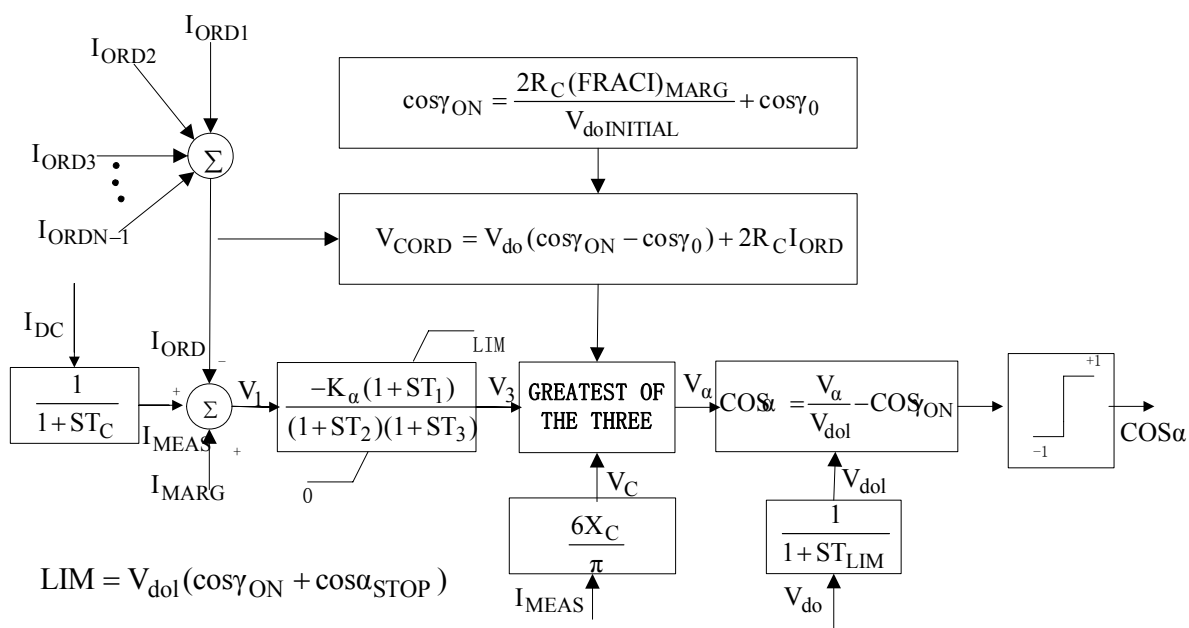
7.3 多端直流系统模型（D、DC、DV）

7.3.1 多端直流控制系统模型（D）

D卡详见两端直流模型对应的D卡。



多端直流整流器和逆变器控制系统（无电流余裕）



多端直流整流器和逆变器控制系统（有电流余裕）

7.3.2 多端直流详细的 VDCL 和方式改变模型 (DC)

1										2										3										4										5										6										7									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0										
D	C	NAME								KV	Y ₀	Y ₁	V ₁	V ₂							V _{C1}																																																
		A8								F4.0	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4							F5.1																																																

DEFAULT VALUE:

$$\begin{aligned} V_{\text{dref}} &= (E_{\text{or}} \cos \alpha - R_{\text{cr}} I - D_{\text{r}}) - R_{\text{comp}} I_{\text{RECT}} \\ &= (-E_{\text{oi}} \cos \alpha - R_{\text{ci}} I + D_{\text{i}}) + R_{\text{comp}} I_{\text{INV}} \end{aligned}$$

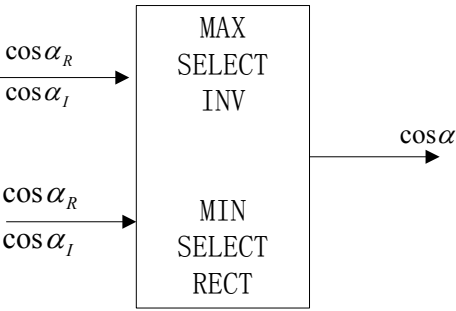
CONSTRAINTS:

$$\begin{aligned} V_{\text{dref}} &\geq E_{\text{or}} \cos \alpha - R_{\text{cr}} I - D_{\text{r}} - R_{\text{comp}} I_{\text{RECT}} \\ &\geq -E_{\text{oi}} \cos \alpha + R_{\text{ci}} I + D_{\text{i}} + R_{\text{comp}} I_{\text{INV}} \end{aligned}$$

CALCULATIONS:

$$\cos \alpha_{\text{r}} = [V_{\text{dref}} + I(\frac{3}{\pi} X_{\text{c}} + R_{\text{COMP}}) - D_{\text{r}}] / E_{\text{or}} \quad \text{RECT}$$

$$\cos \alpha_{\text{i}} = [-V_{\text{dref}} + I(\frac{3}{\pi} X_{\text{C}} + R_{\text{COMP}}) + D_{\text{i}}] / E_{\text{oi}} \quad \text{INV}$$



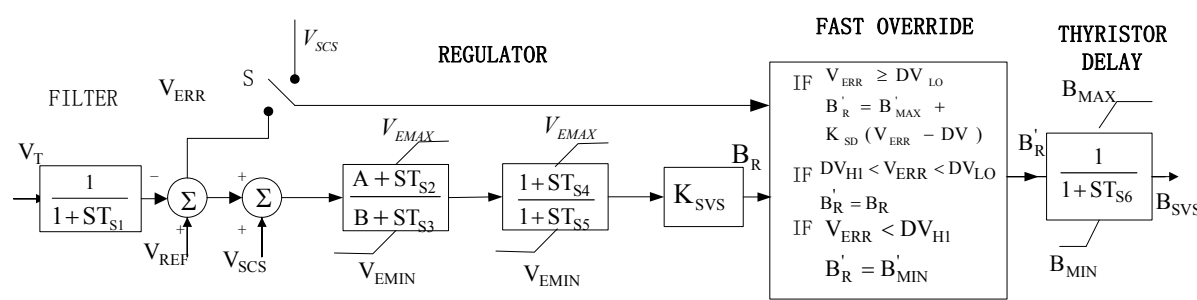
列	说明
1—2	DV，模型类型代码
4—11	母线名
12—15	基准电压
44—48	V_{dref} ，要求的电压（kV）
49—52	R_{comp} ，复合阻抗（欧姆）

8 电力电子设备模型

8.1 静止无功补偿器（SVC）

8.1.1 控制系统模型（V）

1										2										3										4										5										6										7										8																																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																		
V	NAME									KV	I D	TS1									V E M A X	TS2									TS3									A	B	TS4									TS5	KSVS									KSD									BMAX									B' MAX									B' MIN									BMIN									TS6									DV	REMOTE SIGNAL BUS NAME									
																																																																																			BUS NAME									KV																																	
AI	A8									F4.0	11	F3.3									F3.3	F4.4									F4.4	11									11	F3.3									F3.3	F4.0									F4.0	F4.3									F4.2	F4.2									F4.2	F3.3									F3.3	A8									F4.0																								



列	说明
1	V, 模型类型代码
4—15	具有静止无功补偿器的母线名及基准电压
16	ID, 并联支路识别码
17—19	TS1, 滤波器时间常数（秒）
20—22	VEMAX, 最大电压偏差（标么值）
23—26	TS2, 第一级超前时间常数（秒）
27—30	TS3, 第一级滞后时间常数（秒）
31	A, 超前识别码（不能为0）
32	B, 滞后识别码（不能为0）
33—35	TS4, 第二级超前时间常数（秒）
36—38	TS5, 第二级滞后时间常数（秒）
39—42	KSVS, 连续控制增益
43—46	KSD, 间断控制增益
47—50	BMAX, 最大导纳（标么值）
51—54	B'MAX, 连续控制的最大导纳（标么值）
55—58	B'MIN, 连续控制的最小导纳（标么值）
59—62	BMIN, 最小导纳（标么值），BMIN必须等于B'MIN
63—65	TS6, 可控硅（Thyristor）触发时延（秒）

- 1) 必须: $V_{EMAX}, T_{S3}, A, B, K_{SVS}, B_{MAX}, B'_{MIN} = B_{MIN}, T_{S6}$
- 2) 可选: $T_{S1}, T_{S2}, T_{S4}, T_{S5}, K_{SD}, DV$
- 3) $V_{EMIN} = -V_{EMAX}$
- 4) 如果 $DV=0$, 那么 $DVLO=B'MAX/KSVS$, $DVHI=B'MIN/KSVS$
- 5) 如果 $DV>0.0$, 那么 $DVLO=DV$, $DVHI=-DV$
- 6) 当W卡中的IERR不等于0时, S接近VSCS侧, 否则接VERR侧。

- 1) 静止无功补偿的输入数据的电压基准值是第12—15列指定的母线电压值(kV)，基准功率为系统功率基准，基准频率是50Hz;
- 2) 正导纳是电容性的，通过并联支路向网络提供无功功率(Mvar)；
- 3) 在一个给定的母线上只能设置一个静止无功补偿器，并且这一母线上不能有发电机、马达等；
- 4) 作为静止补偿器的母线可以删除，但不能再次投入；
- 5) 作为静止补偿器的母线并联支路，不能用开关操作加以修改；
- 6) 联接到具有静止补偿器的母线上的线路可以删除和修改；
- 7) 当使用间断控制时，对增益KSD要特别注意。KSD的选择必须与其它参数的选择值一致，以防止出现不希望要的性能；
- 8) 在潮流程序中具有静止补偿器并联支路的母线可以采用Q型母线（有功出力为0）表示，并联静止补偿器作为无功电源处理，发无功的限制值可由导纳限制值乘上电压的平方求得；潮流结果中静止无功补偿器连接的节点的无功出力（不包含并联无功补偿）作为稳定中该静止无功补偿器无功功率的初值。

[illegible]

列	说明
1-3	OVC, 数据卡标识

6-13	NAME, 母线名称
14-17	BASE, 母线基准电压
18	ID
21	ALL, 输出下面所有变量
23	QSVC, 无功功率 (Mvar)
25	BSVC, 等效电纳 (pu)
27	控制电压VT (pu)
29	中间变量XT1, $1/(1+STs1)$ 环节的输出 (pu)
31	输入电压偏差信号VERR (pu)
33	辅助控制信号VSCS (pu)
35	中间变量DELV, $(A+STs2)/(B+STs3)$ 环节的输入信号 (pu)
37	中间变量XT23, $(A+STs2)/(B+STs3)$ 环节的输出信号 (pu)
39	中间变量XT45, $(A+STs4)/(B+STs5)$ 环节的输出信号 (pu)
41	中间变量BRP, $1/(1+STs6)$ 环节的输入信号 (pu)
61-80	FILE NAME, 输出结果文件名称

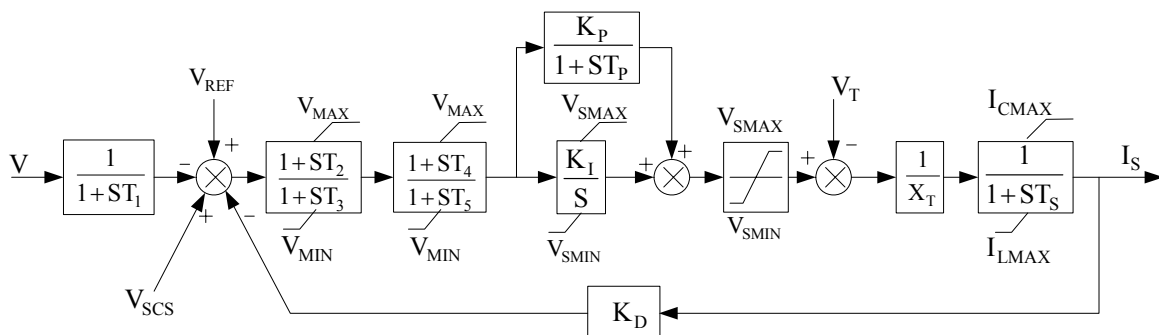
注:

- 1) 该卡用于输出SVC模型V中的各变量;
- 2) 该卡填写的位置可以是CASE卡和90卡之间的任何位置;
- 3) 输出数据可以以文本、曲线的形式输出, 如果需要将数据输出到单独文件, 可以在61-80列填写文件名, 否则输出到*.OUT、*.SWX文件中; 输出曲线都输出到*.CUR文件中。

8.2 静止无功发生器 (STATCOM)

8.2.1 控制系统模型 (VG\VG+)

该模型需要两张数据卡, 即VG卡和VG+卡。



0		1								2								3								4								5								6								7								8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
VG		BUSNAME								BASE			MVA		T1		T2		T3		T4		T5		TP		TS		KP		KI		KD		XT			REF_BNAME								BASE													
A2		A8								F4.0			F5.0		F4.4		F4.4		F4.4		F4.4		F4.4		F4.4		F4.2		F4.2		F5.5		F5.5			A8								F4.0															

VG+卡:[illegible]

列	说明
1—3	VG+, 模型类型代码
4—11	BNAME, 节点名
12—15	BASE, 基准电压 (kV)
17—21	V _{MAX} , 电压限幅环节的上限 (pu)
22—26	V _{MIN} , 电压限幅环节的下限 (pu)
27—31	I _C MAX, 最大容性电流 (pu, STATCOM额定容量为基准)

32—36	I_{LMAX} , 最大感性电流 (pu, STATCOM额定容量为基准)
42—45	$V_{STANDBY}$, 与系统相连的节点电压低于此值, STATCOM旁路 (pu)

注:

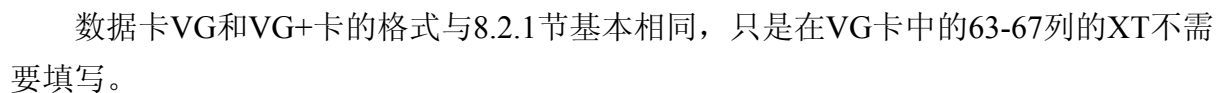
- 1) 模拟STATCOM必须同时填写VG卡和VG+卡。
- 2) VG卡中17-21列的额定容量必须填写, VG卡中的XT、VG+卡中的ICMAX、ILMAX的基准容量都为该值。
- 3) VG卡中50-57列的比例环节和积分环节的放大倍数, 必须至少填写一个。
- 4) VG卡中58-62列的KD代表STATCOM对应的V-I特性曲线中的斜率, 必须大于或等于0。
- 5) VG卡中63-67列的XT代表STATCOM与系统连接点之间的等值电抗, 填写标么值, 其额定电压为12-15的基准电压, 额定容量为17-21列的额定容量。
- 6) VG卡中69-80的控制节点如果不填, 缺省为4-15列的节点。
- 7) VG+卡中最大容性电流和最大感性电流必须填写, 都为正值, 并且都为标么值, 基准电压为12-15列的电压, 基准容量为VG卡中17-21的额定容量。
- 8) 本模型中的输入信号VSCS为13.3节辅助信号部分的输出, 输入信号VS为STATCOM的输出端电压 (不是与系统相连节点的电压)。
- 9) VG+卡中的VSTANDBY如果不为0, 当STATCOM与系统连接节点的电压 (不是控制节点电压) 低于该值时, 将STATCOM旁路, 即STATCOM暂时不起作用。
- 10) 比例和积分环节输出的限幅VSMAX和VSMIN的计算公式如下:

$$V_{SMAX} = V_T + X_T * I_{CMAX}$$

$$V_{SMIN} = V_T - X_T * I_{LMAX}$$
- 11) 本模型的输出电流可以采用发电机输出卡G卡中的机械功率位置输出。
- 12) 其它可参考8.1节中关于SVC的说明。

8.2.2 简化的控制系统模型 (VG\VG+)

该简化的模型中不考虑STATCOM与系统之间的等值电抗, 其它与8.2.1节中的模型基本相同。需要填写两张数据卡, 即VG和VG+卡。模型如下:



8.2.3 变量输出卡 (OVG)

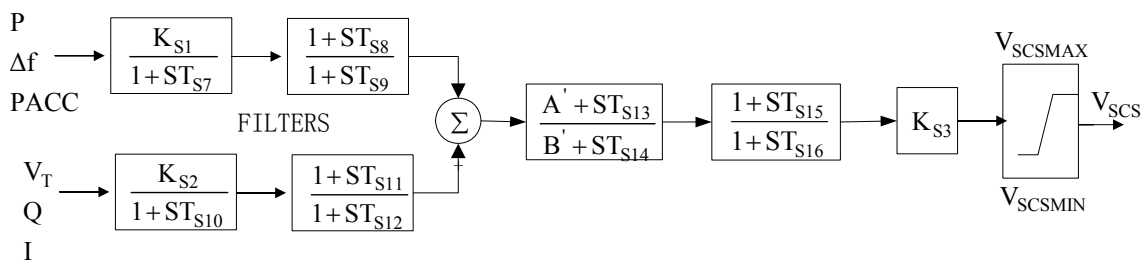
列	说明
1-3	OVG, 数据卡标识
6-13	NAME, 母线名称
14-17	BASE, 母线基准电压
18	ID
21	输出下面所有变量
23	QSVG, 无功功率 (Mvar)
25	ISVG, 输出电流 (pu)
27	VCON, 控制电压V (pu)
29	中间变量XT1, $1/(1+ST1)$ 环节的输出 (pu)
31	辅助控制信号VSCS (pu)
33	中间变量DELV, $(1+ST2)/(1+ST3)$ 环节的输入信号 (pu)
35	中间变量XT23, $(1+ST2)/(1+ST3)$ 环节的输出信号 (pu)
37	中间变量XT45, $(1+ST4)/(1+ST5)$ 环节的输出信号 (pu)
39	中间变量XKP, $Kp/(1+STp)$ 环节的输出信号 (pu)
41	中间变量XKI, KI/S 环节的输出信号 (pu)
43	中间变量PID_OUT, PID环节的输出信号 (pu)
45	中间变量IXT, $1/(1+ST5)$ 环节的输入信号 (pu)
47	中间变量XKD, 反馈信号 (pu)
49	PSVG, 有功功率 (MW)

1) 该卡用于输出STATCOM模型VG中的各变量;

3) 输出数据可以以文本、曲线的形式输出, 如果需要将数据输出到单独文件,

可以在61-80列填写文件名，否则输出到*.OUT、*.SWX文件中；输出曲线都输出到*.CUR文件中。

本模型有两张数据卡组成，即WA\WB\WC和WD\WE\WF卡。



1										2										3										4										5										6										7										8																																																																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																														
W	NAME									KV	ID	K _{S1}									T _{S7}									T _{S8}									T _{S9}									A _B									T _{S13}									T _{S14}									K _{S3}									V _{CSMAX}									REMOTE SIGNAL BUS NAME																																																						
																																																																											NAME1										KV1									ID									NAME2									KV2									C _R T																										
A1	A8									F4.0	I1	F4.0									F4.4									F4.4									F4.4									F4.4									F4.2									F4.2									F4.2									F4.3									A8										F4.0									I1									A8									F4.0									I1								

列	说明
1	W, 模型类型代码
2	辅助控制类型: (A, B, C) A, 由远方发电机来的加速功率信号 B, 通过线路的潮流信号 C, 具有静止补偿器的母线或远距离母线的频率信号
4—15	NAME、kV, 具有静补的母线名及基准电压
16	ID, 并联支路识别码
17—20	K_{s1} , 第一级测量回路增益
21—24	T_{s7} , 第一级输入滤波器的滞后时间常数 (秒)
25—28	T_{s8} , 第一级超前时间常数 (秒)
29—32	T_{s9} , 第一级滞后时间常数 (秒)

WD\WE\WF卡:[illegible]

2010年06月 —224— 中国电力科学研究院系统所

注：

- 1) 本模型应同时采用填写上述两张数据卡填写；
- 2) 必须填写 $A', B', T_{S13}, T_{S14}, K_{S3}, V_{SCSMAX}$
- 3) 如果模拟第一级辅助信号，应该填写 K_{S1}, T_{S9} ；如果模拟第二级辅助信号，应该填写 K_{S2}, T_{S12} 。 K_{S1} 和 K_{S2} 不应同时为0。
- 4) $V_{SCSMIN} = -V_{SCSMAX}$
- 5) 该模型与8.1节的SVC模型和8.2节的STATCOM模型联合使用，否则本模型数据卡无效。

8.4 可控高抗（SCR）

目前的可控电抗器技术根据其构成原理的不同，基本可划分为基于磁控原理和基于高阻抗变压器原理两种类型。基于高阻抗变压器原理的可控并联电抗器，又有分级可控和连续可控两种不同的方式。

高阻抗变压器型分级可控电抗器是在晶闸管控制变压器型（TCT）SVC基础上发展起来的。它采用双绕组形式，将变压器的阻抗设计为100%，再在变压器的低压串联接入三组电抗器，并由晶闸管和断路器进行分级调节调节，实现感性无功功率的控制。

基于磁控原理的可控电抗器，在整个容量调节范围内，只有铁芯饱和，铁轭处于未饱和的线性区域，晶闸管控制系统通过改变铁芯的饱和程度来改变电抗器的容量，因此一般称为励磁式可控电抗器（Magnetically Controlled Reactor, MCR）。它由电抗器主体和控制系统两部分组成。当直流励磁电流为零时，铁芯柱在整个工频周期中不饱和，此时电抗器处于空载状态，容量为最小；随着控制电流增加，铁芯柱的饱和时间加大，电抗器的容量亦增加；当在一个工频周期中，铁芯全部饱和时，电抗器的容量也达到极限值 Q_m 。

本章中的可控高抗模型是根据中国电力科学研究院电力电子公司提供的江陵变电站可控高抗资料建立的，属于磁控式的可控高抗。运行状态下，可控高抗主要采用自动恒容量或自动恒电压的控制方式。自动恒容量方式通过自动调节励磁电流的大小，对可控高抗容量进行反馈控制，维持可控高抗容量为设定值；自动恒电压控制通过自动调节可控高抗的容量，对可控高抗挂点的电压进行反馈控制，维持挂点电压为设定值。因此主要建立了这两个控制方式的系统分析模型。

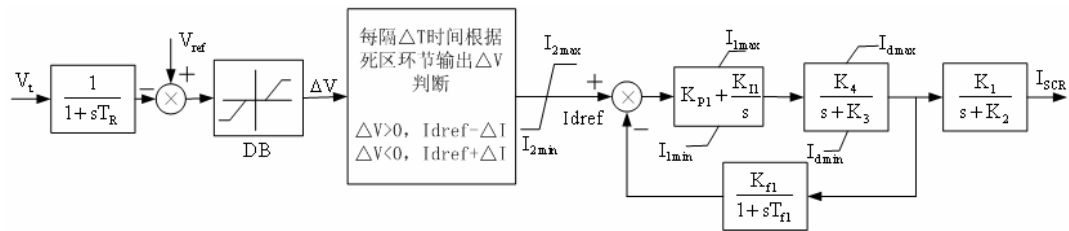
56-60	K2，直流到交流侧的传递函数系数
61-65	KF2，交流侧反馈系数
66-70	TF2，交流侧反馈时间常数（秒）
71-75	I2MAX，交流侧PI控制限幅最大值
76-80	I2MIN，交流侧PI控制限幅最小值

VR+卡格式如下：

0	1	2	3	4	5	6	7	8						
1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890						
VR+	NAME1	BASE1	NAME2	BASE2	ID	KI1	K3	K4	KF1	TF1	IDMAX	IDMIN	I1MAX	I1MIN
A3	A8	F4.0	A8	F4.0	A1	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0

列	说明
1-3	VR+，数据卡类型标识
5-12	NAME1，前侧节点名称（必须是高抗连接侧）
13-16	BASE1，前侧节点基准电压（kV）
18-25	NAME2，后侧节点名称
26-29	BASE2，后侧节点基准电压（kV）
30	ID，线路识别码
31-35	KP1，直流侧PI控制中的比例环节系数
36-40	KI1，直流侧PI控制中的积分环节系数
41-45	K3，直流侧传递函数系数
46-50	K4，直流侧传递函数系数
51-55	KF1，直流侧反馈系数
56-60	TF1，直流侧反馈时间常数（秒）
61-65	IDMAX，励磁电流限幅最大值（pu）
66-70	IDMIN，励磁电流限幅最小值（pu）
71-75	I1MAX，直流侧PI控制限幅最大值
76-80	I1MIN，直流侧PI控制限幅最小值

8.4.2 自动恒电压控制系统模型（VR、VR+）



该模型包含如下几个部分：

[illegible]

列	说明
1-2	VR, 数据卡类型标识
5-12	NAME1, 前侧节点名称 (必须是高抗连接侧)
13-16	BASE1, 前侧节点基准电压 (kV)
18-25	NAME2, 后侧节点名称
26-29	BASE2, 后侧节点基准电压 (kV)
30	ID, 线路识别码
31	ITYPE, 模型类型代码 (必须等于2)
32-35	F4.0 MVAR, 额定容量 (Mvar)
36-40	F5.0 TR, 电压测量环节时间常数 (秒)
41-45	F5.0 DB, 死区 (pu), 对应的死区大小为 $\pm DB/2$
51-55	F5.0 K1, 直流到交流侧的传递函数系数
56-60	F5.0 K2, 直流到交流侧的传递函数系数
61-65	F5.0 DELT, 时间间隔 (周波)
66-70	F5.0 DELI, 电流变化步长 (pu)
71-75	F5.0 I2MAX, 励磁参考电流IDREF限幅最大值 (pu)
76-80	F5.0 I2MIN, 励磁参考电流IDREF限幅最小值 (pu)

Figure 1 illustrates the control block diagram of the proposed system. The input voltage V_t is processed by a block with transfer function $\frac{1}{1+sT_R}$. The output is compared with the reference voltage V_{ref} at a summing junction. The resulting error signal is fed into a deadbeat (DB) controller block, which outputs the voltage change ΔV . This ΔV is then used to determine the duty cycle S , which is a pulse-width modulated signal between S_{min} and S_{max} . This duty cycle is fed into a block with transfer function $\frac{1}{1+sT_s}$ to produce the final output S_{SCR} .

[illegible]

列	说明
1-2	VR, 数据卡类型标识
5-12	NAME1, 前侧节点名称 (必须是高抗连接侧)
13-16	BASE1, 前侧节点基准电压 (kV)
18-25	NAME2, 后侧节点名称
26-29	BASE2, 后侧节点基准电压 (kV)
30	ID, 线路识别码
31	ITYPE, 模型类型代码 (必须等于3)
32-35	MVAR, 额定容量 (Mvar)
36-40	TR, 电压测量环节时间常数 (秒)
41-45	DBmax, 死区上限 (pu)
46-50	DBmin, 死区下限 (pu)
51-55	Ts, 输出延迟时间 (秒)
61-65	DELT, 时间限制 (周波)
66-70	DELS, 容量变化量 (Mvar)
71-75	SMAX, 最大输出容量限制 (pu, 额定容量为基准)
76-80	SMIN, 最小输出容量限制 (pu, 额定容量为基准)

该模型主要是用于在一定时刻瞬时修改SCR的容量，并延迟一段时间。需要填写数据卡VF卡，具体格式如下：

[illegible]

列	说明
1-2	VF，数据卡类型标识
5-12	NAME1，前侧节点名称（必须是高抗连接侧）
13-16	BASE1，前侧节点基准电压（kV）

1) 该卡一般应该和可控高抗数据卡VR\VR+卡连用，主要用于开关断开后一段时间增加可控高抗容量用；

2) 该数据卡可以填写多个，每个数据卡中最多可以填写两组控制数据，在该卡中的参数起作用时间内，可控高抗数据卡VR\VR+卡无效；

3) 在有多次控制的情况下, 不同控制的时间之间不能有重叠, 否则给出错误信息并中止计算。

OVR卡用于输出可控高抗模型相关的变量，针对前面不同的可控高抗模型，对应的输出变量和格式也有差别。

[illegible]

列	说明
1-3	OVR, 数据卡类型标识
6-13	NAME1, 前侧节点名称 (必须是高抗连接侧)
14-17	BASE1, 前侧节点基准电压 (kV)
19-26	NAME2, 后侧节点名称
27-30	BASE2, 后侧节点基准电压 (kV)
32	ID, 线路识别码
34	ALL, 输出所有变量
36	QSCR, 无功输出 (Mvar)

38	ISCR，输出电流（pu）
40	VT，输入电压
42	XTR，电压测量环节1/(1+STR)输出
44	IREF
46	XTF2，KF2/(1+STF2)的输出
48	DELT_IAC，PK2+PI2/S环节的输入
50	PIDOUT2，PK2+PI2/S环节的输入
52	XTF1，KF1/(1+STF1)的输出
54	DELT_IDC，PK1+PI1/S环节的输入
56	PIDOUT1，PK1+PI1/S环节的输入
58	IFD，K4/(S+K3)环节的输出

自动恒电压控制模型对应的OVR卡格式如下：

0									1									2									3									4									5									6									7									8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0													
OVR				NAME1					BASE1			NAME2					BASE2			ID	ALL	QSCR	ISCR	VT	XTR	DVNP	DEIV	IDREF	XPL	DELDC	PIDORI	IFD																																								
A3				A8																A1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1																																								

列	说明
1-3	OVR，数据卡类型标识
6-13	NAME1，前侧节点名称（必须是高抗连接侧）
14-17	BASE1，前侧节点基准电压（kV）
19-26	NAME2，后侧节点名称
27-30	BASE2，后侧节点基准电压（kV）
32	ID，线路识别码
34	ALL，输出所有变量
36	QSCR，无功输出（Mvar）
38	ISCR，输出电流（pu）
40	VT，输入电压
42	XTR，电压测量环节1/(1+STR)输出
44	DVINP，电压输入偏差（死区前面的值）
48	DELV，死区环节的输出电压
50	IDREF，离散控制后的电流参考值
52	XTF1，KF1/(1+STF1)的输出
54	DELT_IDC，PK1+PI1/S环节的输入
56	PIDOUT1，PK1+PI1/S环节的输入
58	IFD，K4/(S+K3)环节的输出

8.4.6 使用说明

(1) 潮流程序中的使用方法

潮流程序中假定可控高抗在一定的容量下稳定运行，与普通的线路高抗处理方法完全相同，但是必须采用L+卡填写高抗容量。

(2) 稳定程序中的使用方法

稳定程序中主要有两种可控高抗控制模型，分别为自动恒容量控制模型和自动恒电压控制模型，都采用VR卡和VR+卡填写，两者对应的VR+卡内容完全相同，VR卡不同，使用时注意的问题如下：

1) 一般应该同时填写VR卡和VR+卡。VR+卡可以省略，此时为不考虑直流侧控制的简单模型；如果有VR+卡，必须同时有VR卡，否则给出错误信息。

2) VR卡31列标识模型的类型，采用自动恒电压控制模型时，31列必须填写2；采用恒功率控制模型时，31列可以填写1或0，也可以不填写。

3) 填写VR卡时，要求填写可控高抗所在线路的两侧节点和ID，程序默认可控高抗与前侧节点相连，因此填写时可控高抗连接点必须填写在前面，否则会出错；如果两侧都有可控高抗，则应该填写两组VR卡。

4) VR卡中的线路必须在潮流中有L+卡，并且L+卡中有高抗的容量初值，高抗容量初值必须大于0。

5) 稳定中高抗对应的零序参数可以填写对应的初始条件下的零序参数。在动态过程中可控高抗容量变化时，程序没有考虑零序的变化。

开环控制模型VF卡主要用于模拟在某一时刻调整高抗容量到一定值持续一段时间的过程，使用时注意的问题如下：

1) 该模型瞬时改变高抗的容量，一般应该与VR卡同时使用，在VF卡起作用期间，VR卡不起作用。VF卡也可以单独使用，作为一个单独的可控高抗处理。

2) 使用VF卡时，对于同一个可控高抗，可以同时填写多个VF卡，一个VF卡最多可以填写2组数据。当一个可控高抗有多组数据时，时间不能出现重叠现象，即不同时出现同一个时刻有两个容量的现象，否则给出错误信息。

3) 该模型一般在特性情况下使用（例如单瞬故障断线期间），因此在不使用时，应该删除，否则可能造成错误动作。

4) 其它的注意事项可以参考VR卡中的1)、2)、3)。

输出数据卡OVR卡可以输出可控高抗模型中的变量，使用时需要注意的问题如下：

1) 对于不同的可控高抗模型输出内容和格式不同，需要根据实际情况选择。

2) OVR卡可以填写在99卡之前、CASE卡之后的任何位置。

8.5.2* 变量输出卡 (OVA)

列 说明

中国电力科学研究院系统所

8.5.2* 使用说明

(1) 该短路电流限制器动作的基本过程与VA卡中的对应关系如下：

- 初始情况下，等效电抗基本为0；
- 当电流有效值大于40-44列数值，电容器旁路，等效电抗等于30-34列的电抗值；（此部分为分相动作）
- 经过45-49列时间后，三相旁路开关动作，三相的等效电抗都为30-34列的电抗值；（此部分三相状态相当）
- 三相旁路开关动作后，经过50-54列的时间，开始判断是否需要恢复原来的状态；（三相都开始判断）
- 判断是否恢复时，计算各相电流，当电流在55-59列电流最小值和60-64列电流最大值之间，并且满足该条件持续的时间达到65-69列的时间，确定恢复；（三相都满足条件同时恢复）
- 确定恢复后，经过70-74列的时间（断路器动作时间），恢复为初始状态，等效电抗为0。（三相同步动作）

(2) 该模型在潮流中需要采用线路表示（L卡），电阻为0，电抗为0.0001；稳定中采用VA卡模拟，稳定中相关的输出采用OVA卡。

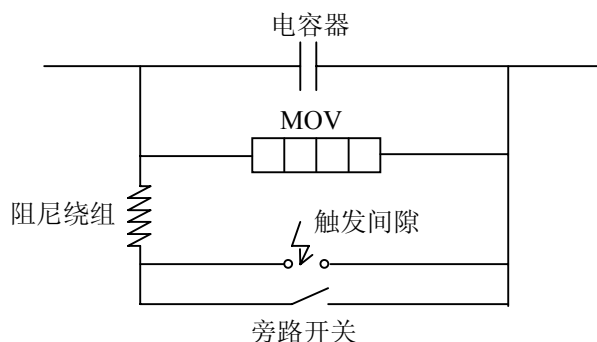
(3) VA卡中40-44列为动作电流有效值，当实际电流大于该电流值，电容器立即旁路。实际设备中采用的电流峰值，由于本程序采用的都是有效值，因此只能采用有效值作为动作条件，需要根据峰值计算有效值。

(4) 短路电流限制器的零序参数不需要填写，程序进行自动处理。（如果填写了，程序会将其覆盖）；

(5) 输出卡OVA用于输出三相电流和总的等效电抗，填写的位置没有严格要求，只要在CASE卡和99卡之间即可。

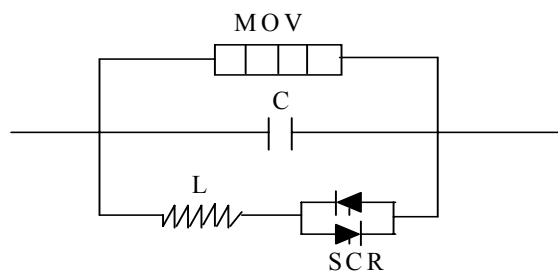
8.6 固定串补和可控串补模型

串补主要有固定串补和可控串补两种类型。固定串补基本结构示意图如下：



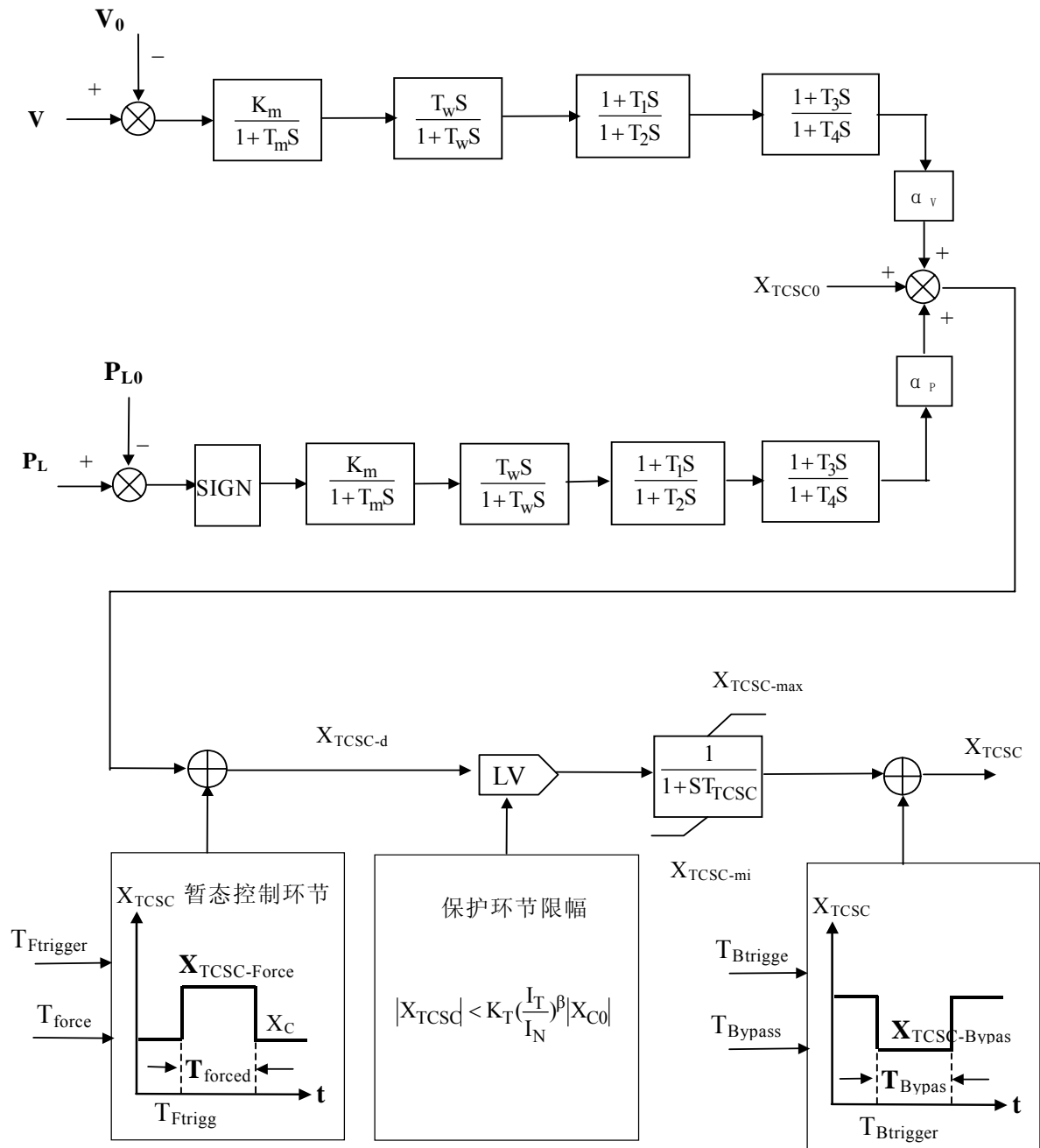
其中主要包括电容器及其保护装置，即氧化锌避雷器（MOV）、触发间隙、旁路开关。

可控串补的基本结构示意图如下图：

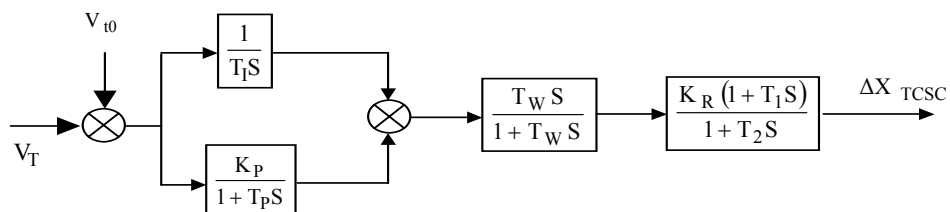


它与固定串补相比增加了双向晶闸管控制的电感支路，通过调节可控串补的触发角可以平滑调节其等值电抗，它具有提高系统暂态稳定性、抑制系统振荡等功能。

可控串补的控制框图是采用线性控制结合Bang-Bang控制，如下图所示：



上图中线性控制部分中采用的是类似于PSS的控制方式，也可以采用PID控制，如下图所示：



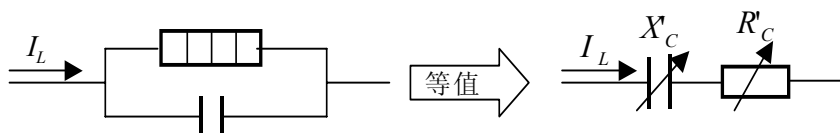
线性控制部分可以采用功率控制和电压控制相结合的方式，也可以只采用功率控制或者电压控制，并且每个控制模块中即可以使用PID控制又可以采用类似于PSS的控制方式。

可控串补的限幅环节主要考虑了电容器的电压和电流耐受能力。由电容器电压和电流耐受能力决定的电抗为：

$$X_{TCSC,max}^T = X_{TCSC,rated} \cdot \left(\frac{I_T}{I_N} \right)^\beta \cdot K_T$$

此外，该TCSC控制框图中还设置了两个开环控制，即暂态控制环节和旁路控制环节。当线路短路故障后三相断开，暂态稳定控制环节动作，将并联线路的可控串补的容抗调节到最大，补偿一段时间后，再转换到正常的调节方式；其补偿的时间需要预先设定。

在固定串补和可控串补中都含有氧化锌避雷器（MOV），它的作用是限制电容器两端的电压来保护电容器。模拟它的功能采用线性化模型。当线路电流 I_L 大于电容器保护水平电流 I_{pr} 的0.98倍时，MOV导通，固定串补用线性化模型来代替。如下图所示：



其中线性化模型中等值电阻和电抗是线路电流的函数，基本关系式为：

$$R'_C = X_{C0} \left(0.0745 + 0.49e^{-0.243I_{pu}} - 35.0e^{-5.0I_{pu}} - 0.6e^{-1.4I_{pu}} \right)$$

$$X'_C = X_{C0} \left(0.1010 - 0.005749I_{pu} + 2.088e^{-0.8566I_{pu}} \right)$$

其中的 I_{pu} 是线路电流相对于电容器保护水平的标么值，即 $I_{pu} = \frac{I_l}{I_{pr}}$ ， I_l 为线路电流， I_{pr} 是电容器的保护水平电流； X_{C0} 是正常情况下电容器的容抗值。

当MOV导通后，如果线路电流小于电容器保护水平电流的0.98时，MOV停止导通。MOV导通后会吸收一定的能量，当吸收的能量达到限定值时，触发间隙触发导通将整个串补装置短接；如果MOV中的电流峰值达到设定值，为了避免MOV能量增长过快，也要将触发间隙触发导通；触发间隙导通的同时给旁路开关发合闸命令。当串补旁路后，经过设定的时间后重新投入运行。

8.6.1 固定串补模型（RZ-A）

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
R	Z	A	BUS1 NAME	BASE1	BUS2 NAME	BASE2	ID	X _C
I _N	K _{PR}	E _{MOV}	E _{MOV/CYC}	I _{MAX}	T _{CLOSE0}	T _{CLOSE}	I _{MAX_CLOSE}	T _{IMAX}
A2	A8	F4.0	A8	F4.0	A1	F6.5	F4.0	F4.2
							F5.2	F5.3
							F5.2	F4.1
							F5.1	F5.3
							F4.1	F4.1

列	说明
1—2	RZ, 模型类型代码
4	A, 模型子类型代码
6—13	节点1名称
14—17	节点1基准电压 (kV)
19—26	节点2名称
27—30	节点2基准电压 (kV)
31	回路号
33—38	固定串补的容抗值 (pu), 容性为正
39—42	线路额定电流 (A)
43—46	过电压保护水平倍数
47—51	MOV能量限制值 (MJ)
52—56	MOV能量增长速度限制 (MJ/CYCLE)
57—61	线路电流最大值限制 (kA)
62—65	串补重投时间的起始值 (周波)
66—70	串补重投的延迟时间 (周波)
71—75	串补重投线路最大限制电流 (kA)
76—79	超过重投线路最大限制电流的延迟时间 (周波)
80	断线串补重投标志。1—投入; 0-不投入

注:

1) 如果含有固定串补, 应该填写该数据卡, 其中故障串补的容抗值必须填写并且应等于潮流中的容抗值, 线路额定电流和过电压保护水平倍数也必须填写。

2) MOV能量限制值、MOV能量增长速度限制和线路电流最大值限制中, 只要满足一个条件就会将串补旁路。实际中可能采用其中的一个或者几个, 一般来说MOV能量限制值是必须的, 不需要的不填写即可。

3) 如果串补旁路, 经过一段时间会重新投入。如果重投时间起始值为零, 则重投时刻为旁路时间加上重投的延迟时间; 否则, 重投时刻为重投起始时间加上重投延迟时间。

4) 在串补重投时, 如果线路电流大于串补重投线路最大限制电流, 则串补不投入; 如果经过76—79列的时间后, 仍满足上述条件则不再投入; 如果在76—79列的时间内, 不满足上述条件, 则立即投入。

5) 串补重新投入时, 如果线路断开, 重投与否取决于第80列的数值, 如果为零, 则不投入, 否则投入。

注:

- ### (3) 限幅环节和一阶惯性环节模型 (RZ-C)

列 说明2010 年 06 月

1) 如果含有可控串补, 此卡是必须的, 该卡中所有参数都必须填写。

2) 第38—43列的参数一般为一个负值。

3) 第49—72列可控串补的电抗值都添标么值, 并且都为正。可控串补中电抗器的电抗值应该明显小于电容器的容抗值。

0								1								2								3								4								5								6								7								8														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R	Z			M																																																						F	L																			
BUS1 NAME								BASE1	BUS2 NAME								BASE2	ID	K								E _{LIM}	E _{RATE}	I _{LIM}	T _{INIT}	T _{CLOSE}	I _{CLOSE-LIM}	T _{DELAY}	LAG																																												
A2								F4.0	A8								F4.0	A1	F5.3								F6.3	F5.3	F6.3	F5.1	F5.1	F6.3	F5.1	11																																												

列	说明
1—2	RZ, 模型类型代码
4	M, 模型子类型代码
6—13	节点1名称
14—17	节点1基准电压 (kV)
19—26	节点2名称
27—30	节点2基准电压 (kV)
31	回路号
33—37	可控串补中电容器的保护水平倍数
38—43	MOV能量限制值 E_{lim} (MJ)
44—48	MOV能量增长速度限制 (MJ/CYCLE)
49—54	串补支路最大线路电流限制 (KA)
55—59	可控串补重投时间初始值 T_{init} (周波)
60—64	可控串补重投延迟时间 T_{Close} (周波)
65—70	串补重投最大线路电流限制 (KA)
71—75	串补重投最大线路电流延迟时间 (周波)
76	断线串补重投标志。1-投入; 0-不投

注：

- 1) 如果含有可控串补，此卡是必须的。
- 2) MOV能量限制、能量增长速度限制和MOV最大线路电流限制都会使串补旁路。实际中可能采用其中的一个或者几个，不采用的不填即可。
- 3) 如果串补旁路，经过一段时间会重新投入。如果第55—59列的重投时间起始值为零，则重投时刻为旁路时刻加上重投的延迟时间；否则，重投时刻为重投起始时间加上重投延迟时间。
- 4) 串补重投时，如果线路电流大于重投最大线路电流限制，则不重投；如果经过71—75列的延迟时间后，仍满足上述条件，则不再重投；如果在71—75列的延迟时间内，不满足上述条件，则重新投入。
- 5) 在串补重新投入时刻，如果线路断开，则重投与否取决于第76列，如果为零，则不重投，否则，投入。

(5) 电压控制部分参考节点数据卡（RZ-B）

0										1										2										3										4										5										6										7										8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7</

列	说明
1—2	RZ，模型类型代码
4	B，模型子类型代码
6—13	节点1名称
14—17	节点1基准电压（kV）
19—26	节点2名称
27—30	节点2基准电压（kV）
31	回路号
33—40	参考节点的节点名B _{ref-name}
41—44	参考节点的电压基准值V _{ref-base}

注：

- 1) 如果没有填写可控串补电压控制卡，即RZ-V卡，则不必填写此卡。
- 2) 如果已经填写了电压控制部分数据卡RZ-V卡，不填写此卡，则参考节点选为电压控制卡（RZ-V）中第一个节点为参考节点。

(6) 功率控制部分参考线路数据卡（RZ-L）

- 1) 如果可控串补没有功率控制部分 (RZ-P)，则不需要填写此卡；
- 2) 如果可控串补有功率控制部分 (RZ-P) 但是没有填写此卡，则选可控串补支路作为功率参考线路。

[illegible]

中国电力科学研究院系统所

33—37	强补环节开始时间（周波）
38—42	强补时间（周波）
46—50	晶闸管全导通方式开始时间1（周波）
51—55	晶闸管全导通1时间（周波）
56—60	晶闸管全导通方式开始时间2（周波）
61—65	晶闸管全导通2时间（周波）

注：

- 1) 该卡用来填写可控串补控制中的开环部分数据；
- 2) 晶闸管全导通方式是指晶闸管触发角为90度、可控串补的等值电抗为一个小小电感的运行方式；
- 3) 该卡可以填写一次强补数据和2次晶闸管全导通方式的数据；
- 4) 程序中短路故障期间，如果可控串补的电抗值降低为最低（即晶闸管不导通），线路电流仍然比较大而超过电容器保护水平，则MOV会导通。对于内部故障控制系统可能会使晶闸管全导通，使可控串补等值为一个小的电感，如果这样，可以采用此卡实现该功能。

8.6.3 串补的填写方法说明

本章中固定串补相关的数据卡仅有RZ-A卡，而可控串补的数据卡较多，包括：

- 电压控制部分模型RZ-V；
- 功率控制部分模型RZ-P；
- 限幅环节和惯性环节部分模型RZ-C；
- MOV模型RZ-M；
- 电压控制参考节点选择卡RZ-B；
- 功率控制参考线路选择卡RZ-L；
- 开环控制部分模型数据卡RZ-F。

对于固定串补而言，在稳定数据中应该填写对应的RZ-A卡，这样稳定计算过程中，能够模拟固定串补MOV导通、旁路、重投等过程；如果在稳定中没有填写RZ-A卡，则固定串补作为一般支路处理，除了串补所在线路发生故障之外，一般情况下不会对系统稳定性造成明显影响，但是当故障位于串补所在线路，特别是靠近串补侧，由于无法正确模拟串补此时保护的动作，一般会对稳定计算结果产生较大影响，因此应该填写固定串补数据卡RZ-A卡。对于可控串补而言，与此类似，也应该在稳定数据中填写对应的可控串补数据卡。

可控串补数据卡较多，因根据实际情况选择，具体如下：

1) 电压控制部分模型数据卡RZ-V卡用于模拟可控串补控制系统中电压控制部分，如果不采用此部分，则不填写；否则，应该填写。采用电压控制部分时，可以填写RZ-B卡选择控制节点，如果不填写，缺省采用RZ-V卡中的第一个节点作为控制节点；RZ-B卡最多只能填写一张；

2) 功率控制部分模型数据卡RZ-P卡用于模拟可控串补控制系统中功率控制部分，如果不采用此部分，不用填写；否则，应该填写。采用功率控制部分时，可以填写RZ-L卡填写控制的支路，可以填写多个RZ-L卡选择多个控制支路，如果不填写RZ-L，则缺省采用串补本身的功率作为控制信号；

3) RZ-C卡用于填写可控串补的一些基本参数，必须填写；

4) 可控串补一般都有MOV保护，因此MOV模型RZ-M卡一般应该填写；

5) RZ-F卡用于模拟可控串补模型中的开环控制部分，包括串补强补和晶闸管全导通方式，如果需要模拟开环控制，则应填写RZ-F卡；使用RZ-F卡时注意：开环控制一般在特性情况下使用，即一般只在特定故障情况下使用，故障变化时可能就不再需要，此时必须删除RZ-F卡，否则会出错。

总之，填写可控串补数据卡，应注意：

- 必须填写RZ-C卡；
- 一般应该填写RZ-M卡；
- RZ-V和RZ-P至少应该填写一个；
- RZ-B和RZ-L根据需要进行选择，RZ-B与RZ-V对应，RZ-L和RZ-P对应；
- RZ-F卡根据需要填写，但注意故障变化时可能需要删除该卡。

1) 负序网络

C值可在CASE卡中填入，缺省值 $C=0.36$

9.1 变压器零序模型 (X0)

1								2								3								4								5								6								7								8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
XO								BUS1										BSE1												BUS2											BSE2												SI								PA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

列	说明
1—2	XO, 模型类型代码
5—16	BUSA, B1, 变压器A侧母线名及其电压基准值
19—30	BUSB, B2, 变压器B侧母线名及其电压基准值
32	SID, 变压器零序电抗的接入方式

- =1, 变压器零序电抗接于A侧
- =2, 变压器零序电抗接于B侧
- =3, 变压器零序电抗接于A, B之间
- 34 PAR, 变压器线路平行码
- 38—44 X₀, 变压器零序电抗 (pu)
- 45—51 R₀, 变压器零序电阻 (pu)

注:

- 1) 本模型用于填写变压器零序支路参数; 对于一个变压器, 首先应根据变压器的接线方式和铁心结构计算其零序等值电路和零序参数的标么值, 然后采用本卡填写变压器所有等值支路的参数;
- 2) 变压器的等效零序参数可能是连接在两个节点之间的支路, 也可能是对地支路, 如果是连接在两个节点之间的电抗, 32列应该填写3; 如果是与前侧节点BUSA相连的对地支路, 32列应该填写1; 如果是与后侧节点BUSB相连的对地支路, 32列应该填写2。
- 3) 变压器没有缺省的零序参数, 如果没有填写零序参数数据, 则认为该支路零序是断开的, 因此对于有零序通路的变压器都必须填写变压器数据卡。
- 4) 一个变压器支路只能对应一个X0卡, 重复的X0卡程序自动忽略。

9.2 线路零序参数模型 (LO)

1										2										3										4										5										6										7										8																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																								
L O	BUS A									KV									BUS B									KV									P A R									R ₀									X ₀									G _{a0}									B _{a0}									G _{b0}									B _{b0}								
A2	A8									F4.0									A8									F4.0									A1									F7.4									F7.4									F7.4									F7.4									F7.4																	

- | 列 | 说明 |
|-------|---|
| 1—2 | LO, 模型类型代码 |
| 5—12 | BUS A, 线路A侧母线名 |
| 13—16 | KV, 基准电压 |
| 19—26 | BUS B, 线路B侧母线名 |
| 27—30 | KV, 基准电压 |
| 33 | PAR, 平行码 |
| 36—42 | R ₀ , 线路零序电阻 (标么值) |
| 43—49 | X ₀ , 线路零序电抗 (标么值) |
| 50—56 | G _{a0} , 线路BUS A 侧零序对地电导 (标么值) |
| 57—63 | B _{a0} , 线路BUS A 侧零序对地电纳 (标么值) |
| 64—70 | G _{b0} , 线路BUS B 侧零序对地电导 (标么值) |
| 71—77 | B _{b0} , 线路BUS B 侧零序对地电纳 (标么值) |

注：

- 1) 本模型主要用来填写线路的零序参数数据，一条线路只对应一张LO卡；如果不填写零序参数，则程序采用缺省值计算线路零序参数；
- 2) 如果潮流中高抗在L+中填写，电抗器的零序参数应采用10.3节中的LO+卡填写；如果潮流中将线路高抗和线路对地电容合并（用E卡）时，用此卡也可以体现并联电抗器的零序电抗，把并联电抗器的零序电抗与线路零序对地电容相互合并在线路两端对地电纳中；如果潮流中高抗用B卡中的并联无功负荷表示，电抗器的零序应用XR卡模拟。
- 3) 若仅一侧有并联电抗器，则为不对称支路，应填 G_{a0} 、 B_{a0} 、 G_{b0} 、 B_{b0} 。如无电抗器，或双侧有相同的并联电抗器，则为对称零序支路， $G_{a0}=G_{b0}$ 、 $B_{a0}=B_{b0}$ ，此时 G_{a0} 、 B_{a0} 要填， G_{b0} 、 B_{b0} 不填，或填 $G_{b0}=0$ 、 $B_{b0}=0$ ，则重新自动取 $G_{b0}=G_{a0}$ 、 $B_{b0}=B_{a0}$ 。

9.3 线路高抗零序参数模型（LO+）

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890
LO+	NAME1	BASE1	NAME2	BASE2	XL1	XL2		
A3	A8	F4.0	A8	F4.0	A1	F7.0	F7.0	

- | | |
|-------|-------------------------|
| 列 | 说明 |
| 1-3 | LO+，模型类型代码 |
| 5-12 | NAME1，线路前侧节点名称 |
| 13-16 | BASE1，线路前侧节点基准电压（kV） |
| 19-26 | NAME2，线路后侧节点名称 |
| 27-30 | BASE2，线路后侧节点基准电压（kV） |
| 33 | ID，线路回路号 |
| 36-42 | XL1，线路前侧高抗对应的等值零序电抗（pu） |
| 43-49 | XL2，线路后侧高抗对应的等值零序电抗（pu） |

注：

- 1) 本模型用来填写线路两侧高抗对应的零序参数，只有当潮流数据中线路高抗采用L+卡的形式填写时，稳定数据中线路高抗才能使用LO+卡填写；
- 2) 如果潮流中采用L+卡填写线路高抗数值，则程序在对线路进行操作时正序网络中会自动处理高抗；如果同时在稳定数据中采用该卡填写了线路的零序高抗参数，在线路进行操作时能够自动处理线路的零序高抗；
- 3) 如果潮流中线路高抗不采用L+卡填写，而是在节点数据中填写；稳定数据中则不能采用本卡填写，必须采用XR卡填写；

		1								2								3								4								5								6								7								8																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																						
L	M	BUS A								B1								BUS B								B2								P A R								BUS I								BI								BUS J								BJ								P A R								R _m								X _m							
A2		A8								E4 0								A8								E4 0								A1								A8								E4 0								A8								E4 0								A1								E7 4								F7 4							

列	说明
1—2	LM, 模型类型代码
5—12	BUS A, 线路1的A侧母线名
13—16	B1, 电压基准 (kV)
19—26	BUS B, 线路1的B侧母线名
27—30	B2, 电压基准 (kV)
33	PAR, 平行码
36—43	BUS I, 线路2的I侧母线名
44—47	BI, 电压基准 (kV)
50—57	BUS J, 线路2的J侧母线名
58—61	BJ, 电压基准 (kV)
64	PAR, 平行码
67—73	R_m , 互感电阻 (pu)
74—80	X_m , 互感电抗 (pu)

0										1										2										3										4										5										6										7										8																																																																																																																																																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																																																																																												
LO										Z										Z1										Z2										Z3										Z4										Z5										Z6										Z7										Z8										Z9										Z10										Z11										Z12										Z13										Z14										Z15										K _{G0}										K _{BO}										K _{GCD}										K _{BCD}										V _{MIN}										V _{MAX}									
A2										A2										A2										A2										A2										A2										A2										A2										A2										A2										A2										A2										A2										F5.4										F5.4										F5.4										F5.4										F5.1										F5.1																																																	

列	说明
1~2	L0, 模型类型代码
4	Z, 模型类型子代码
6~7	Z1, 分区名1
9~10	Z2, 分区名2
.....	
48~49	Z15, 分区名15
(6~50列用于填写15个分区名, 每两个分区名之间有一个空格)	
51~55	K _{G0} , 线路零序电导相对于正序电导的倍数

1) 对于线路零序参数, 程序中有缺省的线路零序参数, 如果部分线路即不采用缺省的零序参数, 又不填写具体的零序参数数据卡LO卡, 则可以采用本卡填写部分线路的零序参数; 本模型可以指定部分分区中一定电压等级范围内线路零序参数相对正序参数的倍数:

3) 51~70列可以填写4个参数，为零序参数相对于正序参数的倍数，上述参数分别为线路的零序电导、电纳和对地支路电导、电纳相对于相应正序参数的比例。此部分内容必须填写，否则该卡无效；

5) 程序在计算线路零序参数时，首先采用LO卡中的参数；如果没有此参数，则采用本卡指定的参数；对于本卡，含有分区的卡的优先级高于没有任何分区的卡的优先级。如果没有使用本卡指定线路的零序参数，则采用程序缺省的零序参数；

6) 对于联络线，如果两侧的分区名不同，如果没有LO指定零序参数，则缺省参数的处理方法为首先寻找本卡是否指定了两侧节点对应的分区和电压等级的缺省参数，如果两个都指定了，必须零序系数相同才能采用该参数；否则，采用没有填写分区名的LO-Z卡的参数。

9.6 对地支路零序模型 (XR)

		1								2								3								4								5								6								7								8											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
X	R	BUS								KV								R ₀								X ₀																																											
A2		A8								F4.0								F7.4								F7.4																																											

列	说明
1—2	XR, 模型类型代码
5—12	BUS, 母线名
13—16	KV, 基准电压 (kV)
22—28	R ₀ , 对地支路零序电阻 (pu)

29—35 X_0 ，对地支路零序电抗（pu）

注：

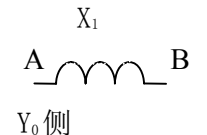
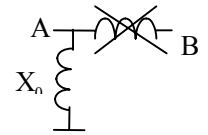
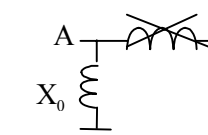
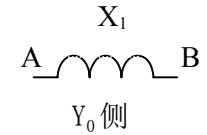
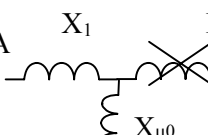
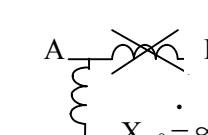
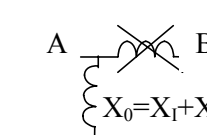
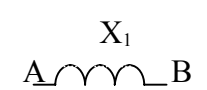
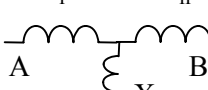
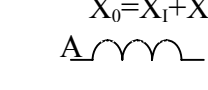
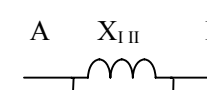
- 1) 本模型主要用来填写对地零序支路；本卡通常有三种用途：
- 如潮流中线路并联电抗器在B卡中以并联电抗导纳负荷加入到该节点，则用XR卡在零序回路中接入并联电抗器零序电抗 X_0 ；
 - 如潮流中某一点有一负荷，而在零序中要增加此负荷降压变压器的零序接地阻抗即可用XR卡；
 - 对 Y_0/Y_0 双卷三相三柱变压器零序回路精确模拟要增加二条接地零序支路，这二条支路可用XR卡表示。
- 2) 如XR卡代表的是并联电抗器，则应把并联电抗器中性点小电抗一并考虑在内；
- 3) 对于线路高抗零序参数，由于系统发生不对称故障时，需要处理线路零序参数，如果线路高抗零序采用XR填写，系统无法自动考虑高抗零序参数，因此建议线路高抗潮流中采用L+卡填写（而不是在B卡中填写），稳定中采用LO+卡填写零序参数（格式参见10.3节）。

9.7 变压器和电抗器零序参数填法方法的说明

(1) 变压器零序电抗的填写方法：

对单相变压器及五柱变压器，由于正序磁路与零序磁路都是在铁芯中构成闭合回路，如其接地方式允许零序电流流通，则零序电抗等于正序电抗。

对三柱三绕组变压器有下表：

结线	变压器正序回路	零序电路	零序表示法 (I)	零序表示法 (II)
(1) Y_0/Δ				
(2) Y_0/Y				
(3) Y_0/Y_0				由于C点在正序电路 中无，故Y变成 Δ 

				$X_{III} = X_I + X_{II} + \frac{X_I X_{II}}{X_{\mu 0}}$ $X_{A0} = X_I + X_{\mu 0} + \frac{X_I X_{\mu 0}}{X_{II}}$ $X_{B0} = X_{II} + X_{\mu 0} + \frac{X_{II} X_{\mu 0}}{X_I}$
(4) $Y_0/Y_0/\Delta$				
(5) $Y_0/Y_0/Y$				

(2) 线路高抗在潮流和稳定数据中的填写方法

潮流计算中线路高抗的填法有两种：

- 填写线路高抗参数数据卡L+卡，其中填写线路两侧的高抗的额定容量；
- 高抗以并联导纳负荷接在母线上，在B卡中35—38列中填入电抗器容量；

稳定数据中线路高抗零序参数填写方法有两种：

- 填写线路高抗零序参数数据卡LO+卡，其中填写两侧高抗的等值零序电抗，与潮流中的第一种方法对应；
- 填写对地支路零序参数数据卡XR卡，线路的每侧高抗都应该填写一个XR卡，与潮流中的第二种方法对应；

潮流中的两种填写方法实际上是等效的，对潮流计算都没有影响。但是对于稳定计算，在线路进行故障和操作时，需要同时处理线路的高抗，如果采用第一种填写方法，程序无法自动识别线路的高抗，因此无法自动处理，需要人为在填写故障卡时考虑，比如在切除线路时需要采用切负荷卡切除高抗；如果采用第二种方法，程序能够识别线路的高抗，因此可以在稳定计算中如果线路发生故障或者操作，程序能够自动处理线路高抗，无需人的参与。

因此对于线路高抗，建议采用如下填写方法：

- 潮流中采用L+卡填写线路高抗参数，即高抗的额定容量；
- 稳定中采用LO+卡填写线路高抗的零序等值参数。

(3) 零序参数填写时注意的问题

零序参数填写时，需要注意的问题如下：

- 线路的零序参数必须采用LO卡填写，一条线路只能对应一张LO卡，重复的LO卡程序自动忽略；

- 线路的高抗如果在潮流中采用L+卡填写，稳定中必须采用LO+卡填写，两者应该一一对应，否则，程序将给出警告信息；如果稳定LO+卡中的零序高抗在潮流中没有对应的L+卡数据，将忽略该零序参数；如果在节点数据中填写高抗参数，稳定中应该采用XR卡填写零序参数；
- 变压器支路的零序参数，如果存在，必须采用XO卡填写，一个变压器支路最多对应一个XO卡，如果变压器零序支路为等值的对地直流，也应该采用XO卡填写；
- XR卡用于填写零序对地支路的零序参数，同一个节点的XR卡个数没有限制，程序自动累加；
- 程序自动根据潮流中的线路、变压器数据，对稳定数据中的线路零序卡LO卡、高抗零序卡LO+卡、变压器零序卡XO卡进行匹配，零序参数中无法匹配的参数程序自动忽略，并给出警告信息（DEBUG卡填写1可以显示警告信息）。

(4) 零序参数建议的填写方式

根据零序数据的设置方式和特点，建议在稳定数据中零序参数的填写方式如下：

- 线路零序采用LO卡填写，一条线路对应一个LO卡；
- 线路高抗零序参数潮流中采用L+卡填写，稳定中采用LO+卡填写；
- 变压器支路零序，如果存在，采用XO卡填写，等值为对地支路的也建议采用XO卡填写；一个变压器支路只能与一个XO卡对应；
- 用上述方式无法表示的对地零序支路，采用XR卡填写。

由于程序能够对零序数据和潮流数据自动进行匹配，可以将所有零序参数填写到稳定数据中，在对潮流进行调整时，不需要对稳定中的零序参数进行任何调整（XR数据除外）。

10 负荷模型

10.1 静态负荷模型（LA、LB）

1										2										3										4										5										6										7										8																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																													
SUB TYPE	C O D E	NAME										KV	ZONE	INTERCHANGE AREA NAME										CONSTANT IMPEDANCE					CONSTANT CURRENT					CONSTANT MVA					FREQUENCY SENSITIVITY LOAD TYPE A					FREQUENCY SENSITIVE FACTORS																																												
																								P ₁					Q ₁					P ₂					Q ₂					P ₃					Q ₃					P ₄					Q ₄					L _{OP}					L _{OQ}																			
A1	A1	A8										F4.0	A2	A10										F5.3					F5.3					F5.3					F5.3					F5.3					F5.3					F5.3					F5.3					F5.3					F5.3					F5.3					F5.3					F5.3				

列	说明
1	L，模型类型代码
2	A、B，模型类型子代码
4—15	母线名及基准电压
16—17	分区
18—27	区域名
28—32	P ₁ ，恒定阻抗有功负荷比例
33—37	Q ₁ ，恒定阻抗无功负荷比例
38—42	P ₂ ，恒定电流有功负荷比例
43—47	Q ₂ ，恒定电流无功负荷比例
48—52	P ₃ ，恒定功率有功负荷比例
53—57	Q ₃ ，恒定功率无功负荷比例
58—62	P ₄ ，与频率有关的有功负荷比例（适用于A型）
63—67	Q ₄ ，与频率有关的无功负荷比例（适用于A型）
68—72	L _{DP} ，频率变化1%引起的有功变化百分数
73—77	L _{DQ} ，频率变化1%引起的无功变化百分数

两种静态负荷模型如下：

LA:

$$\left\{ \begin{aligned} P &= P_0 \left[P_1 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + P_2 \left(\frac{V}{V_0} \right) + P_3 + P_4 (1 + \Delta f \cdot L_{DP}) \right] \\ Q &= Q_0 \left[Q_1 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + Q_2 \left(\frac{V}{V_0} \right) + Q_3 + Q_4 (1 + \Delta f \cdot L_{DQ}) \right] \end{aligned} \right.$$

LB:

$$\left\{ \begin{aligned} P &= P_0 \left[P_1 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + P_2 \left(\frac{V}{V_0} \right) + P_3 \right] (1 + \Delta f \cdot L_{DP}) \\ Q &= Q_0 \left[Q_1 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + Q_2 \left(\frac{V}{V_0} \right) + Q_3 \right] (1 + \Delta f \cdot L_{DQ}) \end{aligned} \right.$$

注：

1) 对于LA类型，必须满足 $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 1.0$ 、 $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1.0$ ；对于LB类型，必须满足 $P_1 + P_2 + P_3 = 1.0$ 、 $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1.0$ ；

2) 本模型可以按照区域、分区或节点的形式填写：

对区域(Area)填负荷特性卡，区域内全部负荷按此特性。

对分区(Zone)填负荷特性卡，该分区内全部负荷特性就采用此特性。

对每个负荷母线 (Name) 填负荷特性卡。

节点负荷特性数据卡的优先级最高，分区次之，区域则最低。如果一个区域中负荷特性基本相同，可填Area负荷特性卡，而在这区域中有一个分区（如01区）有特殊特性，可加填分区负荷特性卡。此外这区域还有几个特殊点有特殊负荷特性，则另加填母线负荷特性卡。

3) 若综合负荷中有一定比值的异步马达者，剩余比值的负荷也必须填负荷卡。

4) 当母线电压低于一定值时，恒定功率负荷和恒定电流负荷将转为恒定阻抗负荷，以避免计算失败。计算控制继续卡F1卡的第28~31列可以指定该电压值，缺省值为0.5pu。

10.2 新静态负荷模型（LA、LB、L+）

该模型都需要两张数据卡，第一张卡为LA或LB卡，第二张为L+卡，其中LA卡和LB卡的格式与11.1节中的完全相同，L+卡的格式如下：

0										1										2										3										4										5										6										7										8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
L+										NAME										BASE	ZN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

1—2 L+, 模型类型代码

4—15 母线名及基准电压

16—17 分区

18—27 区域名

28—32 P5, 电压指数相关的有功负荷比例

33—37 Q5, 电压指数相关的无功负荷比例

38—42 NP, 有功电压指数

43—47 NQ, 无功电压指数

新的静态负荷模型在原有静态负荷模型LA和LB的基础之上增加了电压指数部分：

$$\text{LB}\backslash\text{L}+: \begin{cases} \text{P} = \text{P}_0 \left[\text{P}_1 \left(\frac{\text{V}}{\text{V}_0} \right)^2 + \text{P}_2 \left(\frac{\text{V}}{\text{V}_0} \right) + \text{P}_3 + \text{P}_5 \text{V}^{\text{N}_\text{p}} \right] (1 + \Delta \text{f} \cdot \text{L}_{\text{DP}}) \\ \text{Q} = \text{Q}_0 \left[\text{Q}_1 \left(\frac{\text{V}}{\text{V}_0} \right)^2 + \text{Q}_2 \left(\frac{\text{V}}{\text{V}_0} \right) + \text{Q}_3 + \text{Q}_5 \text{V}^{\text{N}_\text{q}} \right] (1 + \Delta \text{f} \cdot \text{L}_{\text{DQ}}) \end{cases}$$

1) 该模型需要两张数据卡, 即LA或LB卡及其继续卡L+卡, L+卡必须紧接于LA或LB卡之后;

对于LB型, 必须满足 $P_1 + P_2 + P_3 + P_5 = 1$ 、 $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_5 = 1$;

10.3 感应马达模型 (MI 卡)

[illegible]

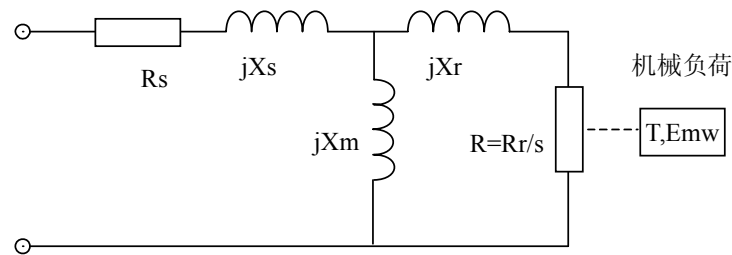
列	说明
1—2	MI, 模型类型代码
4—11	节点名
12—15	基准电压 (kV)
16	ID, 识别码
17—22	E_{MWS} , 马达的动能 (兆瓦·秒)
23—25	P, 马达功率占母线有功负荷的比例 ($P \leq 1.0$)
29—32	MVA BASE, 马达的基准功率值, 马达参数以此为基准值, 缺省值 系统基准容量 (MVA)
33—37	R_S , 定子电阻 (pu)
38—42	X_S , 定子电抗 (pu)
43—47	X_M , 激磁电抗 (pu)
48—52	R_R , 转子电阻 (pu)
53—57	X_R , 转子电抗 (pu)

58—60	V_I , 马达低压释放的电压值 (当马达机端电压降到 V_I 以下, 经 T_I 延时后切除马达)
61—64	T_I , 马达低压释放时延 (秒)
65—69	A, 转矩方程常数
70—74	B, 转矩方程常数
80	IM, 马达滑差达到1时的处理方式 = 0—稳定程序停止计算 = 1—堵转 (缺省) = 2—切除

注:

1) 模型

感应马达静态等值电路如下:



$X = X_s + X_m$ 转子开路电抗

$$X' = X_s + \frac{X_m X_r}{X_m + X_r} \quad \text{转子不动时短路电抗}$$

$$\omega_b = 2\pi f_{base}, f_{base} = 50$$

$$\omega_r = 1 - S$$

$$\frac{dE'_d}{dt} = -\frac{1}{T'_c} [E'_d + (X - X') I_q] - \omega_b (\omega_r - 1) E'_q$$

$$\frac{dE'_q}{dt} = -\frac{1}{T'_o} [E'_q - (X - X') I_d] + \omega_b (\omega_r - 1) E'_d$$

$$T_E = E'_d I_d + E'_q I_q$$

$$T_M = (A\omega_r^2 + B\omega_r + C) T_0$$

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{1}{2T_J} (T_E - T_M)$$

A、B、C: 机械转矩系数, C由下列式子求得:

$$A\omega_0^2 + B\omega_0 + C = 1.0$$

$$\omega_0 = 1 - S_0$$

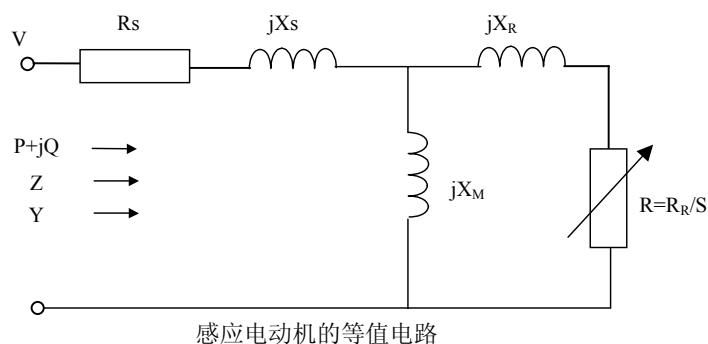
2) 初始化过程说明

马达吸收的初始功率等于马达所在母线的总功率乘以MI卡23-25列给出的比例乘子。用潮流的机端电压和MI卡给出的电抗值计算马达的初始滑差。如果初始滑差不在0.001-0.2标么值范围内，将打出一个致命错误诊断信息。

其次计算马达吸收的无功功率，如果马达的功率因数超出0.5-0.98标么值范围，将打出一个致命错误诊断信息。

从母线的总负荷里扣除马达功率后的剩余负荷就是该母线的固定负荷。注意必须指定剩余负荷的负荷特性。

3) 初始化计算



已知：V、P、 R_s 、 X_s 、 X_M 、 X_R R_R

求：S、Q (S为滑差)

令：

$$X_{Rm} = X_R + X_M$$

$$X_{SM} = X_s + X_M$$

$$X_p = X_s X_R + X_s X_M + X_M X_R$$

$$Z = R_s + jX_s + \frac{(jX_M)(R + jX_R)}{R + jX_{RM}} = \frac{1}{Y}$$

$$P + jQ = \dot{V} I^* = V^2 \bar{Y}$$

$$\text{REAL}(\bar{Y}) = P / V^2$$

$$Y = \frac{R + jX_{RM}}{R_s R - X_p + j(R_s X_{RM} + R X_{SM})}$$

$$= \frac{R_s R^2 + X_M^2 R + R_s X_{SM}^2 - j(X_{SM} R^2 + X_p X_{RM})}{A' R^2 + B' R + C'}$$

其中

$$A' = R_s^2 + X_{SM}^2$$

$$B' = 2R_s X_M^2$$

$$C' = X_p^2 + R_s^2 X_{RM}^2$$

令：

$$A = A' P / V^2 - R_s$$

$$B = B' P / V^2 - X_M^2$$

$$C = C' P / V^2 - R_s X_{RM}^2$$

则：

$$R = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$S = R_R / R$$

为保证滑差值的可靠,将作以下检查:

$$B^2 - 4AC > 0$$

$$0.001 \leq S \leq 0.2$$

马达消耗的无功功率:

$$Q = \text{IMAG}(V^2 \bar{Y})$$

$$= \frac{(V^2)(X_{SM}R^2 + X_P X_{RM})}{A'R^2 + B'R + C'}$$

功率因数 $PF = \cos[\text{TAN}^{-1}(Q/P)]$

为保证功率因子可靠,将作以下检查:

$$0.5 < PF < 0.98$$

注意：前面的A、B不是MI卡的A、B系数。

例：

已知：V=1.0064 P=0.40 RS=0.032 XS=0.443 XM=20.15 XR=0.375

RR=0.034

那么： XRM=20.525 XSM=20.573 XP=16.6488

A'=424.073 B'=25.9854 C'=277.615

A=167.446 B=-395.760 C=96.1572

R=2.08855 S=0.034/R=0.01628 Q=0.2003

$\varphi=0.8942$

4) 计算过程中，如果马达的滑差达到1，将根据MI卡中的第80列对马达进行处理。在FF卡中的第60列也可以指定马达滑差达到1的处理方式，但是，只有当MI卡的第80列不填写任何值时，才按照FF卡指定的方式处理。

5) 第80列的马达处理方式代码必须是0、1、2或空格，如果大于2，则作为1处理。

6) 在稳定数据文件中，马达卡应填写在发电机相关数据卡后面。

7) 负荷中含有马达时，为了避免计算过程出现异常，应采用较小的步长，一般可采用0.5周波。容量相对很小的马达，一般对电网的影响很小，为了避免计算异常，一般应将其删除。

8) 在DEBUG卡中的24列填写非零值，可以输出马达的初始滑差、初始有功无功功率、初始功率因数等参数。

	1									2									3									4									5									6									7									8								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
M _{TP E}	T Y P E	节点、分区获区域名									TJ									P(p.u.)									KL	Pmin	R _s	X _s	X _m	R _r	X _r	V _i	T _p	A	B										I _M																							
A2											F6.4	F3.3	F4.4	F3.0	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F3.2	F4.2	F5.4	F5.4										11																																							

注：

1) 本马达模型、初始化等方面与11.3中马达模型完全一致，只是填写方法不同。

第11.3节的感应马达卡MI卡中，用户需要填写马达的基准功率值和动能，而本节的感应马达卡与MI卡不同之处在于它填写的是马达的负载率和惯性时间常数，程序计算该马达的功率基准值和动能：

本卡可以按照分区或者区域形式填写；

马达动能和基准功率值的计算方法：

$$\text{基准功率值 MVABSE} = \frac{P_{\text{powerflow}} \times P_{\text{per}}}{K_L}$$

$$\text{马达动能 } E_{\text{WMS}} = \frac{T_J}{2} \cdot \text{MVABSE}$$

其中， $P_{\text{powerflow}}$ 为潮流中该马达节点的有功负荷， P_{per} 为23~25列中马达功率占母线功率的百分比， K_L 为第26~29列的负载率， T_J 为第17~22列的惯性时间常数。

2) 不含有马达的节点数据卡MB卡

在采用上述分区和区域形式的马达卡MJ卡和MK卡时，将对指定分区或者区域所有的负荷节点对应的马达卡；但是有的节点可能不存在马达，全部都是静态负荷；增加该卡的目的是为了排除指定分区或者区域中没有马达的负荷节点。

每一个MB卡最多可以填写5个节点，可以同时填写多个MB卡。具体格式如下：

1~2 A2 MB

4~11 A8 节点1名称

12~15 F4.0 节点1基准电压

18~25 A8 节点2名称

26~29 F4.0 节点2基准电压

32~39 A8 节点3名称

40~43 F4.0 节点3基准电压

46~53 A8 节点4名称

54~57 F4.0 节点4基准电压

60~67 A8 节点5名称

68~71 F4.0 节点5基准电压

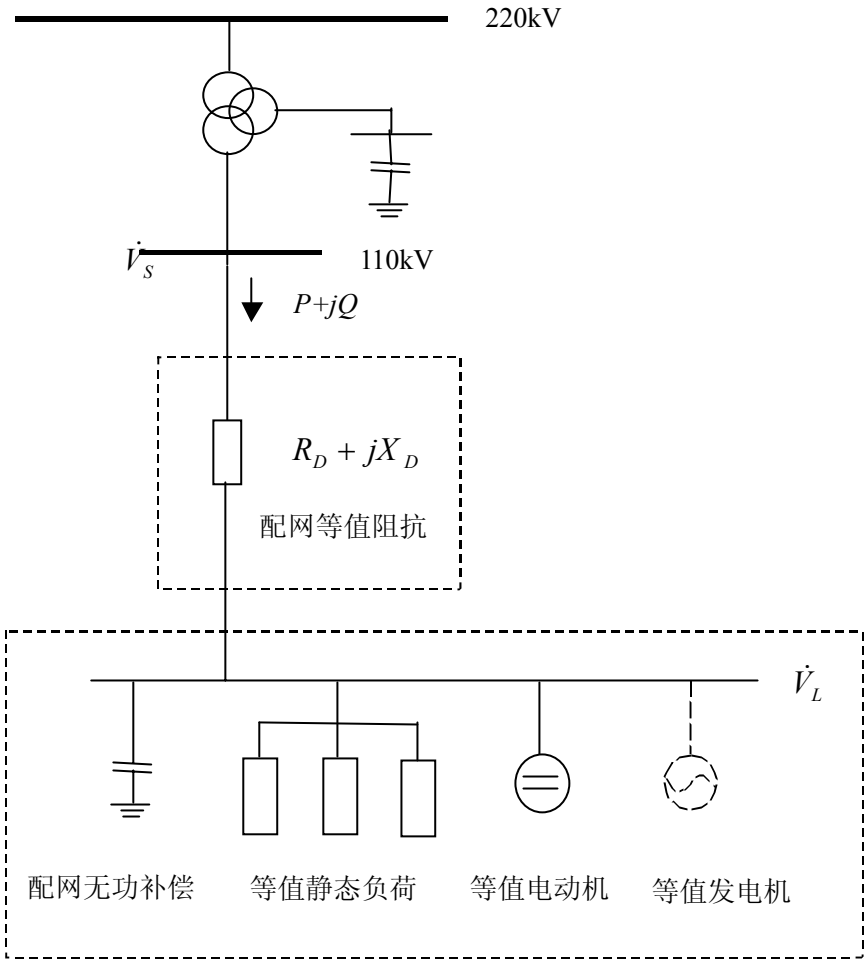
3) 优先级

如果原马达卡MI卡、分区马达卡MJ卡、区域马达卡MK卡、MB卡和单个节点形式ML卡同时存在，优先级为MI卡、ML卡、MB卡、MJ卡、MK卡。

4) 在上述的马达卡ML、MJ、MK卡中可以指定初始滑差（原来是计算初始滑差），根据给定的初始滑差计算马达的基准容量MVABASE。给定初始滑差，需要在上述马达卡的基础之上，在第79列填写字符“S”，26-29列填写初始滑差值，格式为F4.4。填写的初始滑差必须在0.001和0.2之间。

32-34	P_{PER} ，本支路有功功率占该节点总负荷有功功率的比例，缺省值1
35-37	Q_{PER} ，本支路无功功率占该节点总负荷无功功率的比例，缺省值与有功比例相同
38-42	P_G ，与本支路相连的所有发电机的有功总出力（MW）
43-47	Q_G ，与本支路相连的所有发电机的无功总出力（Mvar）
48-52	P_{FAC} ，配电网支路静态负荷的功率因数
54	IVCON，配电网侧电压控制方式 0或空格——不考虑电压控制； 1——配电网侧电压控制值等于高压侧电压； 2——配电网侧电压控制值等于指定值；
55-59	配电网侧电压控制值，当54列为2时有效

该模型如下：



负荷与配电网综合模型结构

注：

1) 该模型考虑了负荷和高压母线之间配电网等值阻抗，负荷可以同时考虑静态负荷、无功补偿、动态负荷、发电机；考虑到连接于配电网侧的负荷端电压，考虑配电网等值阻抗同时考虑了理想变压器，可以控制配电网电压，54列可以进行选择；

2) 同一个负荷节点可以有多个配电网支路综合负荷模型数据卡，每个支路都需要填写LE卡，各个配电网支路之间采用LE卡中17列的支路顺序号区分，对于每个LE卡，支路顺序号必须填写；

3) 同一个负荷节点连接的所有配电网支路数据卡的有功无功百分比之和不能大于1，即同一个负荷节点相关的LE卡中32-37列的百分比之和小于或等于1；

4) 对于每个LE卡，19-28列的配电网支路阻抗的基准容量为该配电网支路初始负荷容量；

5) 如果有发电机与配电网支路相连，在LE卡中38-47列应该填写这些发电机总的初始有功无功出力；相反，如果没有发电机相连，则LE卡38-47列必须为0或不填；

6) 配电网支路负荷的计算方式：

配电网支路初始功率为节点总负荷与配电网支路功率比例（LE卡32-37列）的乘积，即

$$\begin{cases} P_0 = P_{\text{Load}} * P_{\text{per}} \\ Q_0 = Q_{\text{Load}} * Q_{\text{per}} \end{cases}$$

与配电网支路相连的综合负荷功率为上述初始功率减去配电网消耗的有功无功功率，即

$$\begin{cases} P'_0 = P_0 - \Delta P \\ Q'_0 = Q_0 - \Delta Q \end{cases}$$

与配电网支路相连的静态负荷、马达和无功补偿的总的有功无功功率为上面的综合负荷功率加上与该配电网支路相连的发电机有功无功出力，即

$$\begin{cases} P_1 = P'_0 + P_{\text{GEN}} \\ Q_1 = Q'_0 + Q_{\text{GEN}} \end{cases}$$

与配电网支路相连的马达的功率为

$$P_{\text{MOTOR}} = P_1 \times P_{\text{MPER}}$$

扣除所有马达的有功无功，则静态负荷、无功补偿的总的有功无功为

$$\begin{cases} P_2 = P_1 - P_{\text{MOTOR}} \\ Q_2 = Q_1 - Q_{\text{MOTOR}} \end{cases}$$

则上面的有功功率 P_2 为静态负荷有功功率，静态负荷的无功功率根据给定的静态负荷功率因数（LE卡中48-52列）进行计算，即

$$\begin{cases} P_{\text{STATIC}} = P_2 \\ Q_{\text{STATIC}} = P_2 \times \tan[\arccos(\text{PFac})] \end{cases}$$

无功补偿的容量计算为

$$Q_{\text{COMP}} = Q_2 - Q_{\text{STATIC}}$$

7) 与配电网支路相连的发电机相关说明

对于与配电网支路相连的发电机，填写数据卡时，必须在MF\MC\MG卡中的第3列填写所属配电网支路顺序号，即对应LE卡中17列的支路顺序号；如果不填写此值，程序认为该发电机不与配电网支路相连，而直接与所属节点相连。

与配电网相连的发电机的数据卡MF\MC\MG卡中有功无功百分比为相对于配电网支路数据卡LE卡38-47列发电机总的初始有功无功出力的比例，与同一条配电网支路相连的所有发电机功率比例之和必须等于1。

对于与配电网相连的发电机的所有的数据卡中，只需在MF\MC\MG卡中第3列填写所属配电网支路顺序号，其它的数据卡，如M卡、励磁、调速器、PSS等相关的数据卡第3列都不需要填写。

对于同一个节点，该节点含有配电网支路综合负荷模型数据卡LE卡，如果有发电机与配电网支路相连，并且同时也有发电机与该节点直接相连，则这些发电机的相关数据卡中16列的ID号必须不同。

8) 与配电网支路相连的马达相关说明

与配电网支路相连的马达卡，必须在MI\MJ\MK\MJ中第3列填写对应的配电网支路顺序号，即对应的LE卡中17列的顺序号。

与配电网支路相连的马达卡中的有功比例为相对于（5）中配电网支路考虑发电机后有功负荷的比例；与同一个配电网支路相连的所有马达总的比例不能大于1。

对于同一个节点，该节点含有配电网支路综合负荷模型数据卡LE卡，如果有马达与配电网支路相连，并且同时也有马达与该节点直接相连，则这些马达的相关数据卡中16列的ID号必须不同。

9) 与配电网支路相连的静态负荷特性可以采用LA\LB\L+填写，必须在LA\LB\L+卡填写对应LE卡17列的支路顺序号。如果不填写LA\LB\L+卡，则静态负荷部分作为恒阻抗处理。

10) 初始化时，如果配电网支路阻抗的压降超过0.05pu，程序会给出警告信息，表示电抗可能过大或负荷过重导致压降较大，此警告对计算过程没有任何影响。

11) 稳定数据中含有LE卡时，如果静态负荷数据卡LA\LB卡、发电机数据卡MF\MC\MG卡或马达数据卡MI\MJ\MK\ML卡中第3列填写了非空字符，但是在LE卡中没有找到对应的LE卡，会给出错误信息。

但是，如果没有LE卡，则程序不作上述检查，即LA\LB\L+卡、MF\MC\MG卡和MI\MJ\MK\ML卡与第3列为空的处理方法相同。

12) 低压或低频切负荷时，按照设定的切除比例切除配电网支路中的静态负荷、无功补偿、马达，但是不切除与配电网支路相连的发电机，同时也不修改配电网支路的阻抗。

13) 采用故障卡LS-4卡切除某个配电网支路的静态负荷时，必须在LS-4卡的34列填写该配电网支路数据卡LE卡中17列的支路顺序号，如果不填写，则切除的不是配电网支路的负荷，而是直接与该节点相连的静态负荷。

如果程序没有找到填写的配电网支路，会给出错误信息，计算停止。

如果切除的负荷大于最大可切除的负荷，则切除对应的全部负荷，不会过切，并且会给出警告信息。

14) 对于含有配电网支路的负荷采用B卡输出有功无功时，配电网支路部分输出的是配电网支路的总负荷，即同时包含与该配电网支路相连的所有的静态负荷、无功补偿、马达和发电机功率，而不仅仅是静态负荷的功率。与配电网支路相连的马达和发电机相关变量仍然可以采用G卡输出，但是输出的值与实际值稍有差别。

15) LE卡48-52列的功率因数必须在-1和1之间。但是可以填写99999，

填写该值后，则没有无功补偿，即总负荷除去马达负荷后都是静态负荷。

16) 与配电网直接相连的静态负荷，如果使用负荷周期波动数据卡LF卡，应该在LF卡的69列填写LE卡17列的顺序号；否则，该LF卡与节点直接相连的静态负荷对应。

LE卡填写实例：

ML1母线2	230.	11.86	.5	0.51	0.	0.12	3.499.02	.12	.85	0
ML2母线2	230.	21.86	.5	0.51	0.	0.12	3.499.02	.12	.85	0
LE 母线2	230.	1	0.02	0.05	0.50.5		0.3			
LE 母线2	230.	2	0.02	0.05	0.50.5		0.3			
LB1母线2	230.				1.0	1.0				
LB2母线2	230.				1.0	1.0				

10.6 负荷持续增长（LI）

	1	2	3	4	5	6	7	8
LI	母线、分区、区域名	ΔP	ΔQ	ΔT	TEND	W		
A2		F6.2	F6.2	F5.1	5.1	A1		

列	说明
1—2	LI，模型类型标识
4—15	母线、分区、区域名
	对于母线，4—15 列给出母线名及其电压基准
	对于分区，14—15 列给出分区名（4—13列必须为空白）
	对于区域，4—13列 给出区域名（14—15列必须为空白）
	对于全系统，4—8列 填写 TOTAL（9—15列必须为空白）

-

[illegible]

功率波动为：

中国电力科学研究院系统所

[illegible]

列	说明
1-3	LFT，模型类型标识
4-15	母线、分区、区域名称（与LF卡完全相同）
17-21	对应LF卡17-31列频率1的起始时间T01（周波）
22-26	对应LF卡17-31列频率1的结束时间Tend1（周波）
32-36	对应LF卡32-46列频率2的起始时间T02（周波）
37-41	对应LF卡32-46列频率2的结束时间Tend2（周波）
47-51	对应LF卡47-61列频率3的起始时间T03（周波）
52-56	对应LF卡47-61列频率3的结束时间Tend3（周波）

1) 本卡可以分别填写对应LF中每个振荡频率的起始时间和结束时间，每个LFT卡应该与一个LF卡对应，并且4-15列应相同，否则LFT卡无效；

3) 对应每个振荡频率, 如果结束时间大于对应LF卡中的TEND, 则强制其为TEND, 即达到TEND时刻后, 振荡结束。

5) 负荷波动的计算公式为

$$P = P_0 + \sum P_i \sin(\omega_i \cdot (t - T_{0i})) \quad i = 1, 2, 3$$

7) LF\LFT卡只对静态负荷进行修改。

4—15	母线名及其基准电压	
16—26	第6级整定值	
16—20	FREQ / VOLT，减负荷时的母线频率（赫兹）或电压（标么值）	
21—23	Delay in Cycle，减负荷前的延时（周）	
24—26	Load Shed，被切的母线有功和无功负荷占母线总负荷的比例。	
27—37	第7级整定值	} 诸级各量的意义同第6级
38—48	第8级整定值	
49—59	第9级整定值	
60—70	第10级整定值	

注：

1) 自动减负荷继续卡可接在任一自动减负荷卡后（卡片格式要对应），以安排更多轮次的自动减负荷。

11.1.3 自动减负荷输入数据（按 MW 计）

1										2										3										4										5										6										7										8									
S		C		U		H		B		N A M E										kV		LEVEL1					LEVEL2					LEVEL3					LEVEL4					LEVEL5					W																																
T		O		P		D		E		VOLT (pu)					D I C E N Y L C					LOAD SHED (MW)					VOLT (pu)					D I C E N Y L C					LOAD SHED (MW)					VOLT (pu)					D I C E N Y L C					LOAD SHED (MW)																													
F		R		E		Q		U		FREQ (HZ)					FREQ (HZ)					FREQ (HZ)					FREQ (HZ)					FREQ (HZ)					FREQ (HZ)					FREQ (HZ)					FREQ (HZ)																																		
U		T		Y		P		E		A8					F4.0					F4.2					F3.0					F5.0					F4.2					F3.0					F5.0					F4.2					F3.0					F5.0																			

列	说明
1	卡片类型，U
2	子型，F(频率)、V(电压)
4-15	母线名及其基准电压
16-27	第1级(LEVEL 1)
16-19	减负荷时的电压(pu)或频率(Hz)
20-22	减负荷前的时延(周)
23-27	被减去的 负荷值（MW）
28-39	第2级
40-51	第3级
52-63	第4级
64-75	第5级
80	特别码W，表示以MW为单位所减去负荷。

注：

1) 除减负荷以MW表示外，其余各量意义均同按标么值计减负荷卡。

[illegible]

列	说明
1—2	卡片标记U+
4—15	母线名及基准电压
16—27	第6级整定值
16—19	Freq / Volt, 减负荷时的母线频率 (Hz) 或电压 (pu)
20—22	Delay in Cycle, 减负荷前的延时 (周)
23—27	Load Shed, 切负荷量 (MW)
28—39	第7级整定值
40—51	第8级整定值
52—63	第9级整定值
64—75	第10级整定值。
80	特别码W, 表示

} 诸级各量的意义同第6级
 以MW为单位切负荷。

		1								2								3								4								5								6								7								8							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9							
U	V	D	N A M E	kV	S H U N T	LEVEL1								LEVEL2								LEVEL3								LEVEL4								LEVEL5																											
						FREQ	α	β	LOAD	FREQ	α	β	LOAD	FREQ	α	β	LOAD	FREQ	α	β	LOAD	FREQ	α	β	LOAD																																								
						VOLT	T	M		P	SHED	VOLT		T	M	P		SHED	VOLT	T		M	P	SHED		VOLT	T	M	P	SHED																																			
U1			A8	F4.0		F5.3	F3.0	F2.0	F3.3	F5.3	F3.0	F2.0	F3.3	F5.3	F3.0	F2.0	F3.3	F5.3	F3.0	F2.0	F3.3	F5.3	F3.0	F2.0	F3.3	F5.3	F3.0	F2.0	F3.3	F4.2	F3.0	F2.0	F3.3																																

列	说明
1	卡片类型 U
2	子型, F-低频, V-低压(绝对值), D-低压(对初始值的偏差)
4-15	母线、分区、区域名 对于母线, 4-15列给出母线名及其基准电压 对于分区, 14-15列给出分区名(4-13列必须为空格) 对于区域, 4-13列给出区域名(14-15列必须为空格) 对于全系统, 4-8列填写TOTAL(9-15列必须为空格)
16	SHUNT =空格, 不切除并联支路

11.1.7 自动减负荷辅助控制数据卡 (UT)

列	说明
1—2	UT, 模型类型代码
4—15	母线、分区、区域名 对于母线, 4-15列给出母线名及其基准电压 对于分区, 14-15列给出分区名(4-13列必须为空格) 对于区域, 4-13列给出区域名(14-15列必须为空格) 对于全系统, 4-8列填写TOTAL(9-15列必须为空格)
17	VF, 对应的低频减载数据卡类型标识, 必须填写字母V或F, V表示对应低压减载数据卡, F表示对应低频减载数据卡
19	U1, 顺序动作轮次对应的第1个轮次号
20	U2, 顺序动作轮次对应的第2个轮次号
21	U3, 顺序动作轮次对应的第3个轮次号
22	U4, 顺序动作轮次对应的第4个轮次号
23	U5, 顺序动作轮次对应的第5个轮次号
24	U6, 顺序动作轮次对应的第6个轮次号
25	U7, 顺序动作轮次对应的第7个轮次号
26	U8, 顺序动作轮次对应的第8个轮次号
27	U9, 顺序动作轮次对应的第9个轮次号
28—29	U10, 顺序动作轮次对应的第10个轮次号
30—34	VFbegin, 低压或低频减载启动对应的电压或频率槛值 (pu或Hz)
35—37	Tbegin, 低压或低频减载启动的延迟时间 (周波)
38—42	VFblock, 低压低频减载闭锁对应的低电压值或低频值 (pu或Hz)
43—47	VFdeblock, 低压低频减载闭锁后解锁对应的电压或频率值 (pu或Hz), 缺省值与VFblock相同。

- | | |
|-------|---|
| 48—52 | DFDVDT_block, 低压减载闭锁对应的电压变化率DV/DT或低频减载闭锁对应的频率变化率DF/DT (pu/s, Hz/s) |
| 53—54 | DT, 计算低压低频变化率的时间长度 (周波) |
| 55—59 | VFDVDT_VFdeblock, 因低压低频变化率闭锁, 解锁时需要达到的电压或者频率值 (pu或Hz), 缺省值与VFbegin相同。 |

注:

1) 本卡为12.1.1-12.1.6节中低压低频减载数据卡对应的辅助控制卡, 本卡必须与UF或UV卡连用, 但是不能与UD卡连用;

2) 17列必须填写字母V或F, 如果该卡与低压减载数据卡对应, 应该填写V; 如果与低频减载数据卡对应, 则应填写F;

3) 19-29列用于填写按照顺序逐次动作的序号。如果不填写此卡, UV和UF卡中个轮次同时进行抵压低频判断, 如果满足条件, 则同时动作。如果要设定部分轮次按照顺序动作 (即只有前面的轮次切负荷命令发出后后面的轮次才开始判断), 则需要在此位置填写顺序动作的轮次号, 该号码与对应的UV\UF卡中的轮次号对应, 填写后的按照轮次号的大小顺序动作;

4) 30-37列用于填写低压低频启动值和时间。对于部分低压低频减载装置, 在电压或频率下降到一定值并且达到一定时间, 各个轮次才开始进行判断动作, 否则各轮次不进行判断动作。本卡中的30-34列用于填写低压低频减载装置启动的电压或频率, 如果电压频率低于该值的时间达到35-37列的时间, 各个轮次才开始起作用; 如果电压频率超过30-34列的值, 则低压低频减载装置闭锁。如果不填写30-34列的值, 表示没有此功能; 35-37列缺省为0;

5) 38-47列填写低压低频闭锁解锁数据。部分低压低频装置, 为了躲避短路故障期间的低电压过程, 设定低于某一个电压值, 闭锁装置, 当电压恢复到一定值后, 装置解锁。38-42列填写闭锁对应的低电压值或频率值, 当电压或频率低于该值时, 闭锁装置; 43-47列填写解锁对应的低电压或频率值, 如果因为低压或低频闭锁, 当电压或频率高于该值, 则解锁。如果38-42列的值为0, 则没有此功能, 43-47列的缺省值与38-42列的相同;

6) 48-59列填写低压低频变化率闭锁解锁相关的数据。当电压降低速度或频率降低速度大于一定值时, 部分低压低频减载装置会闭锁。48-52列填写电压变化率或频率变化率 (该值始终应该填写正值), 如果电压频率下降速度超过该值, 则闭锁; 55-59列填写因低压低频变化率闭锁而解锁需要的达到的电压或者频率值, 当电压或者频率大于该值解锁, 该值缺省为30-34列的VFbegin。如果48-52列的值为0, 则没有此功能;

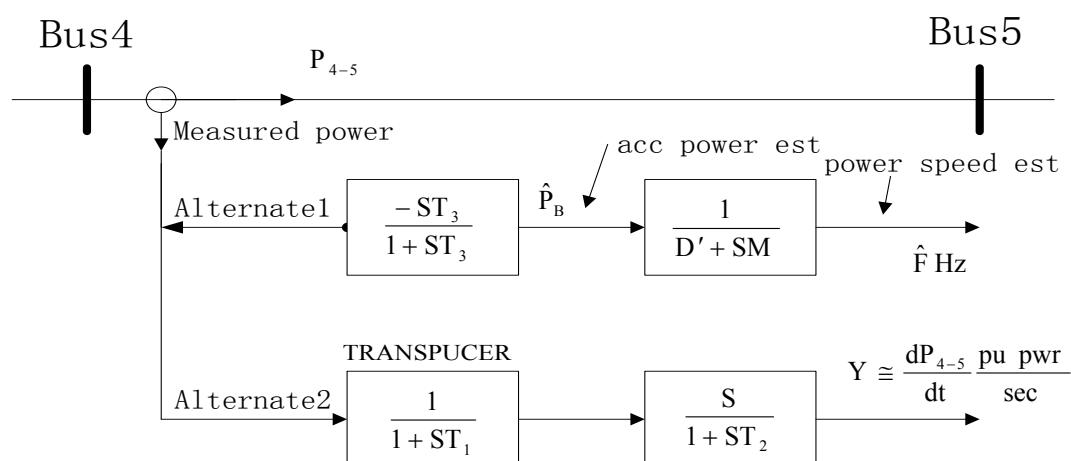
7) 53-54列用于填写计算变化率的时间段DT, 计算变化率时采用当前T时刻的值与T-DT时刻的值进行计算, 即 $dv/dt=[v(t)-v(t-dt)]/dt$, 如果 $t-edt<0$, 则采用0时刻的值,

8) 在进行低压低频减载逻辑判断时，如果因为低压低频闭锁或低压低频变化率闭锁，则所有轮次清零（负荷已经切除、已经发出切负荷命令的除外）；只有当这两个都不会闭锁，才会进行低压低频启动部分的判断处理，在启动后才会进行各个轮次的逻辑判断。

0										1										2										3										4										5										6										7										8																																																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
AL										BUS A										BASE1										BUS B										BASE2										PAR										T _{BEGIN}										N										V _{MIN}										TIMER										LOCK										PER1										PER2									
A2										A8										F4.0										A8										F4.0										A1										F7.4										I1										F5.4										F7.4										I1										F4.0										F4.0									

列	说明
1—2	AL, 模型类型标识
5—12	BUS A, 线路A侧母线名
13—16	B1, 电压基准
19—26	BUS B, 线路B侧母线名
27—30	B2, 电压基准
32	PAR, 平行支路的平行支路码
	PAR = *, BUS A 和BUS B之间的所有线路都安装ALAM
35—41	T _{Begin} , ALAM开始计算的时刻 (秒)
44	N, ALAM的计算步数
47—51	V _{min} , 振荡中心最低电压 (pu), 缺省值为0.7 pu
54—60	Timer, 出口延时 (秒)
63	LOCK, =1, 出口闭锁
64—67	PER1, 一段保护范围百分比
68	T1, 一段保护动作的延时次数
70—73	PER2, 二段保护范围百分比
74	T2, 二段保护动作的延时次数

1										2										3										4										5										6										7										8																																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
R	B									NAME4										kv4					NAME5					kv5					NAME3										kv3					T1					T2					T3					TDISC					FDISC					FINS					TBLOCK					PCBIAS																								
										A8										F4.0					A8					F4.0					A8										F4.0					F4.2					F4.2					F4.2					F4.2					F5.3					F5.3					F4.1					F4.0																								



列	说明
1-2	RC, 模型类型标识
7-18	NAME4, kV4, 功率测量线路BUS4侧节点及基准电压(见图)(可与NAME1, kV1相同)
20-31	NAME5, kV5, 功率测量线路BUS5侧节点及基准电压(可与NAME2, kV2相同)
32	PAR, 功率测量线路平行码
34-45	NAME3, kV3, 制动电阻所在节点名及基准电压
46	ID, 制动电阻识别码
47-50	T ₁ , 第二种选择的微分控制环节传感器的时间常数。 M 为与Bus4联接的等值机的惯量常数 $M = 2 * E_{MWS} / (\text{系统基准容量} * 50) \text{ pu.Sec/radian.Hz}$, E _{MWS} 见发电机卡
51-54	T ₂ , 第二种选择的微分控制环节时间常数(秒) D'为与节点4联接的等值机的阻尼力距常数。 D'=(D由电机卡得到)(额定功率MW)/(系统基准容量*50), D见发电机卡
55-58	T ₃ , 第一种选择的微分环节的时间常数(秒)
59-62	TDISC, 制动切除时延, 包括继电器、通讯和断路器时延(周)
63-67	FDISC, 提早切除的频率门限值(Hz)

68-72	FINS, 制动投入的频率门限值(Hz), 空格或零表示省缺, 为 10^{10}
73-76	TBLOCK, 从RC卡起作用到提早切除之间必须经历的最小时间(周)
77-80	PCBIAS, 允许制动投入的 P_{4-5} 的最小初始功率(MW)

11.3.3 关于电气制动的说明

(1) 电气制动模型

1) 制动投入方式

卡片RB给出两种制动方式中的一种, 即确定制动的投入, 它还包括预先给定的正常切除时间, 一张或更多的RB卡可用于执行不同地点的同样制动。具有投入信号的卡片接收制动单元的完全控制, 直到所要求的操作时间达到为止。

制动安放在节点(NAME3, kV3), 并有给定的功率(PBRAKE), 当节点(NAME2, kV2)的电压低于一定水平(VDROP), 而且由(NAME1, kV1)到(NAME2, kV2)的功率降低了一定值(PDROP)或更多时, 经一定时延(TINSRT)后制动投入。

省缺的VDROP (10^{10}) 将去掉节点电压这个限制制动电阻投入的条件, 省缺的PDROP (10^{10}) 将防止在任何情况下因RB卡而投入制动。

经TMAX周后, 制动退出, 且在经过TMIN周时间以前不得再投入。

节点(NAME1, kV1)和节点(NAME2, kV2)之间的初始功率低于偏置值(PBIAS)时, 不得投入电气制动。节点(NAME3, kV3)上可有多多个被控制电气制动, 以识别码ID识别, 每一不同的制动由不同的RB卡控制。

TW是与处理节点(NAME1, kV1)到节点(NAME2, kV2)功率信号有关的恢复时间常数(Reset time contant)。如想用一很小的TW值, 那么先将TW乘以通常的功率下降值填入, 这样可将过程框图作为微分环节处理。RC卡给出了第二种建立制动的投入方式, 其是以估计转子速度为基础的。这种方式与上面描述的RB卡建立的第一种投入方式无关。但一旦投入, 其仍按第一种方式的准则切除。FINS的省缺值 (10^{10}) 使由RC卡引起的制动投入不执行。

2) 提早切除制动

RC卡除了提供第二种制动方式外, 还可根据规定的测量功率变化率或总和来提早切除。一旦处理信号低于指定的门限值(FDISC), 且加速功率估计值不大于零, 则在经过了至少TBLOCK时间后, 置于节点(NAME3, kV) (RC卡) 上的制动才经TDISC时延后切除。

若以上条件不满足, 则要经TMAX时间后, 制动才切除。

处理信号是以线路(NAME4,kV4)到(NAME5,kV5)的功率作为输入框图的输出。

此框图可用于从电厂功率的恢复来估计转子速度, 或者如同在Chief Joseph制动提早切除时所做的那样来估计交流联络线的功率变化率。

转子速度的估计采用RC卡的选择一来实现。

交流联络线功率变化率的估计采用RC卡的选择二来实现。。

偏置值(PCBIAS)也包括在RC卡内, 以防止(NAME4, kV4)至(NAME5, kV5)之间功率低于偏置值时制动投入。例如, Chief Joseph制动在交流联络线功率低于800MW时不执行操作。RB卡和RC卡上的偏置值必须满足才可进行操作。

(2) RB、RC卡使用指南

- 1) 至少可用5个RB卡和5个RC卡;
- 2) 控制一个特定的制动可用一个以上RB卡;
- 3) RB卡可单独使用, 若有对应的RC卡同时使用, 则RC直接放在相应的RB卡之后;
- 4) 当以下值为零或空格时, 给出的省缺值为一个时间步长:
TMIN TINSRT RDISC TBLOCK
- 5) 当以下值为零或空格时, 程序将自动停止执行:
TW TMAX PBRAKE T2 M
- 6) 当VDROP或PDROP小于零时, 程序将自动停止执行;
- 7) 当PDROP, VDROP, FINS为零或空格时, 给出省缺值1010。

(3) 制动投入

- 1) 如果下列条件全部满足, 制动投入:

$$X \geq \text{PDROP} > 0$$

$$V_2 < \text{VDROP}$$

$$P_{1-2} \geq \text{PBIAS} \text{ (仅检验初始条件)}$$

$$P_{4-5} \geq \text{PBIAS}^* \text{ (仅检验初始条件)}$$

- 2) 如果下列条件全部满足, 制动投入:

$$P_{1-2} \geq \text{PBIAS} \text{ (仅检验初始条件)}$$

$$P_{4-5} \geq \text{PBIAS} \text{ (仅检验初始条件)}$$

$$\hat{F} \geq \text{FINS}$$

注*: 只有和RC卡一起使用时, 才有该项条件

(4) 制动切除

- 1) 当 $t \geq \text{TMAX}$ 时, 制动切除
- 2) 提早切除(即切除时间小于TMAX)

选择一: 估计制动切除的转速

如果以下条件满足, 制动切除

$$\hat{F} \leq \text{FDISC} \quad t \geq \text{TBLOCK} \quad \hat{P}_{\text{acc}} \leq 0$$

选择二: 联络线功率的微分

当以下条件满足, 制动切除

$$Y \leq \text{FDISC} \quad t \geq \text{TBLOCK}$$

(5) 当不对称故障存在时, 负序网中尚未考虑制动电阻, 有误差。

1-2	UL, 模型类型标识
4-15	NAME, kV 低压电抗器所在母线名及基准电压
18-19	N, 电抗器组数
21-24	V_b , 受低压电抗器控制之母线的参考基准电压(kV)。这里考虑了继电保护的 实际整定, 一般不因运行方式的改变而重新整定, 故不以正常电压为基准。
26-29	V_1 , 故障启动电压(相对 V_b 的标么值)
31-34	V_2 , 恢复电压(相对 V_b 的标么值)
36-39	T_1 , 第一级电抗器切除的时延(周)
41-44	T_2 , 切除第一组电抗器后, 其余各组电抗器切除的时延(周)。
69-80	NAME R, KVR 受低压电抗器控制电压的母线名及基准电压。

注:

- 1) 低压电抗器按组切除, 每动作一次, 切除一组电抗器, 直至切完(若电压不恢复), 切除后不再投入。
- 2) 切除条件:

➤ 若 $V_R < V_1 \frac{V_b}{KVR}(\text{pu})$, 持续了 T_1 周, 则切除第一组电抗器。

➤ 切除第一组电抗器后, 若电压 $V_R < V_2 \frac{V_b}{KVR}(\text{pu})$, 持续了 T_2 周, 则切除第2组电抗器。其后各组电抗器均按此条件切除。
- 3) 在潮流计算中应把要切除的电抗器按无功负荷(Mvar)填入潮流数据(B卡), 同时该节点不能再有其它负荷。
- 4) 负序网尚未考虑电抗器切除, 有不对称故障时, 有误差。

11.6 电容器、电抗器自动投切控制 (VC)

1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
V	C	NAME									KV		V ₁		V ₂		T ₁		T ₂														V _n		NAME C												KV C																																
A2		A8									F4.0		F5.3		F5.3		F5.3		F5.3														F5.3		A8												F4.2																																

列	说明
1—2	VC, 模型类型标识
4—15	母线名及电压基准
17—21	V_1 , 低电压控制值 (pu)
22—26	V_2 , 高电压控制值 (pu)
27—31	T_1 , 第一次动作时延 (秒)

- 32—36
- T_2 ，后续动作时延（秒）
- 64—68
- V_B ，电压控制值（pu），若 $V_B=0$ ，则 V_B =初始电压
- 69—80
- 受控母线名及电压基准

投切原则：

- 1) 当受控电压 $V<V_B-V_1$ ，第一次动作前，持续 T_1 秒，则投一组电容器或切一组电抗器；
- 2) 第一次动作后，持续 T_2 秒，则投一组电容器或切一组电抗器。
- 3) 当受控电压 $V>V_B+V_2$ ，第一次动作前，持续 T_1 秒，则切一组电容器或投一组电抗器；
- 4) 第一次动作后，持续 T_2 秒，则切一组电容器或投一组电抗器。
- 5) 电容器、电抗器参数，由潮流程序的X卡给出。

11.7 带负荷调压变压器控制（LT）

		1								2								3								4								5								6								7								8																																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																	
T	C	NAME 1								KV 1								NAME 2								KV 2								ID	V ₁								V ₂								T ₁								T ₂								V _B								NAME C								KV C															
A2		A8								F4.0								A8								F4.0								A1	F5.3								F5.3								F5.3								F5.3																F5.3								A8								F4.2							

- 列
- 说明
- 1—2
- TC，模型类型标识
- 4—28
- 变压器两侧母线名及电压基准
- 30
- ID，变压器支路平行码
- 31—36
- V_1 ，低电压控制值（pu）
- 37—41
- V_2 ，高电压控制值（pu）
- 42—46
- T_1 ，第一次动作时延（秒）
- 47—51
- T_2 ，后续动作时延（秒）
- 64—68
- V_B ，电压控制值（pu），若 $V_B=0$ ，则 V_B =初始电压
- 69—80
- 受控母线名及电压基准

变压器抽头动作原则：

- 1) 当受控电压 $V < V_B - V_1$ ，第一次动作前，持续 T_1 秒，调一档变压器抽头；第一次动作后，持续 T_2 秒，调一档变压器抽头。
- 2) 当受控电压 $V > V_B + V_2$ ，第一次动作前，持续 T_1 秒，调一档变压器抽头；第一次动作后，持续 T_2 秒，调一档变压器抽头。
- 带负荷调压变压器参数由潮流的R卡给出。

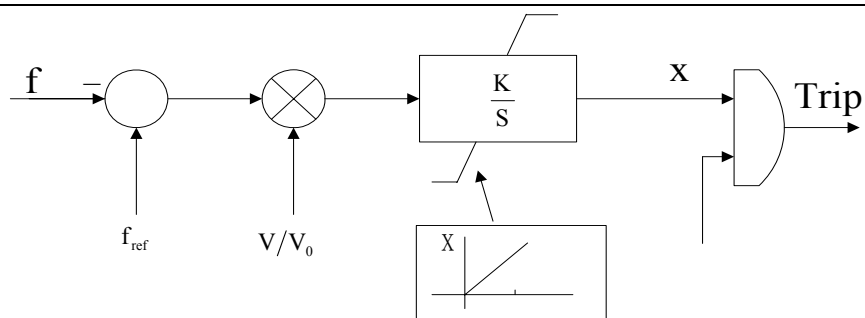
11.8 低频负荷继电器 CF-1（RS）

1										2										3										4										5										6										7										8																																																																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																																																								
R	S	U	B	T	Y	P	E	NAME										kV (kv)																				FRELAY (HZ)										TLEVER (sec)										BKRDLY (CYCLE)										PSHED1 (MW)										QSHED1 (MVAR)										PSHED2 (MW)										QSHED2 (MVAR)										PSHED3 (MW)										QSHED3 (MVAR)										PSHED4 (MW)										QSHED4 (MVAR)									
								A8										F4.0																				F4.2										F4.2										F4.2										F6.0										F6.0										F6.0										F6.0										F6.0										F6.0										F6.0										F6.0									

列	说明
1-2	RS，模型类型标识
4-15	NAME kV，母线名和基准电压(kV)
16-20	空格
21-24	F _{RELAY} ，减负荷频率基准(Hz)
25-28	T _{LEVER} ，时间水平(秒)
29-32	BK _{RDLY} ，开关时延 (周)
33-44	P _{SHED1} 、Q _{SHED1} ，减去的恒定阻抗部分有功和无功负荷(MW，Mvar)
45-56	P _{SHED2} 、Q _{SHED2} ，减去的恒定电流部分有功和无功负荷(MW，Mvar)
57-68	P _{SHED3} 、Q _{SHED3} ，减去的恒定功率部分有功和无功负荷(MW，Mvar)
69-80	P _{SHED4} 、Q _{SHED4} ，减去的与频率有关的有功和无功负荷(MW，Mvar)

注:

- 1) 本模型表示CF-1或其它感应磁盘类型的继电器，动作时间是频率衰减变化率的函数。有两个基本的参数：① FRELAY：减负荷频率基值；② TLEVER：时间水平。当系统频率低于FRELAY时，磁盘开始转动。TLEVER是决定触点闭合前所要转动的时间标准。
- 2) 图RS-1是本模型的框图。须注意，频率偏差信号要乘V/V₀，即现有电压和稳态电压之比。故当母线电压低于稳态时，触点闭合时间将延长。图RS-2为西屋公司给出的CF-1特性曲线。
- 3) 感应磁盘继电器模型(CF-1)



当 $x \geq \text{TLEVER}$ 时, 发出减负荷信号, 输入数据包括:

- 减负荷的频率基值
- 时间水平(TLEVER)

4) K初始计算为:

$$K = 1 / (2.3 + 0.125(f - 49))$$

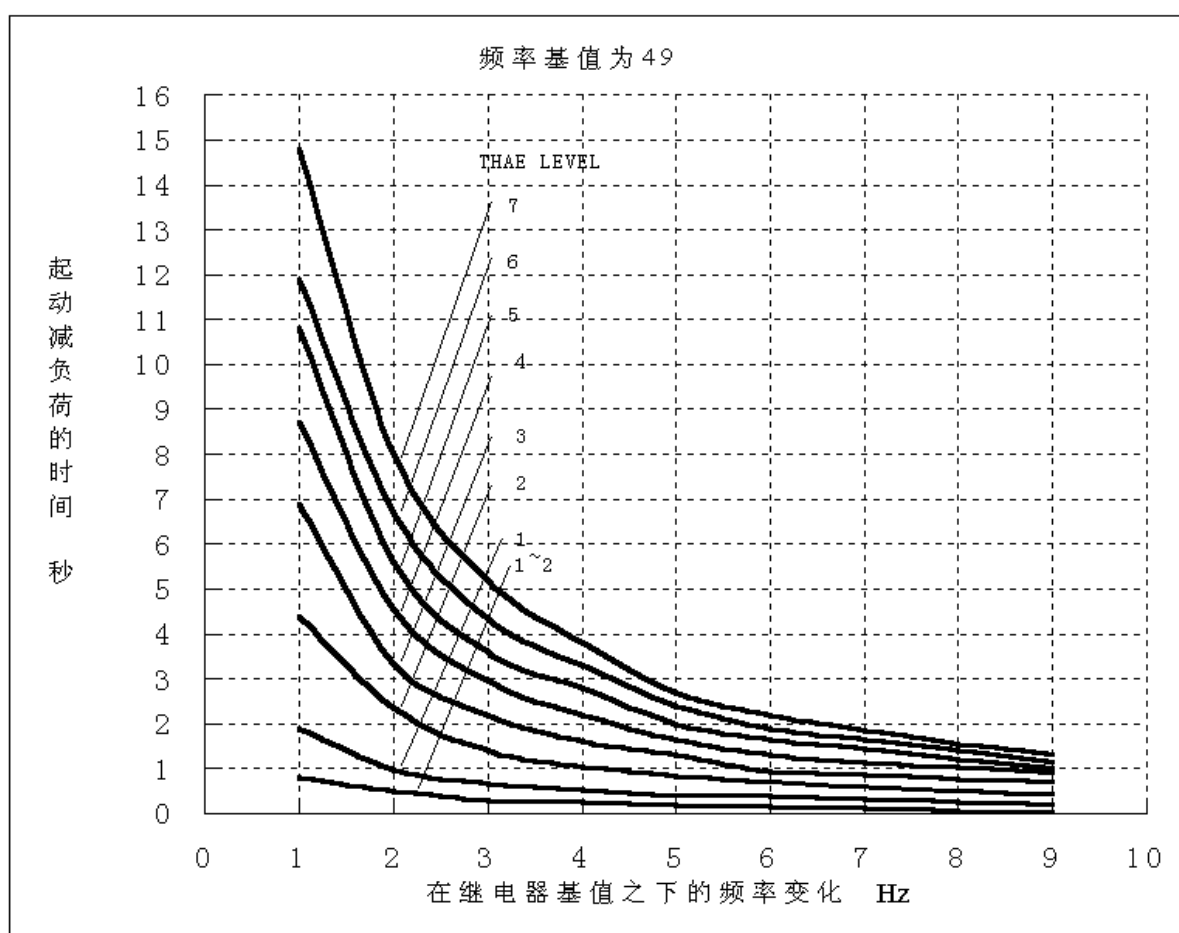


图 RS-2

RM卡:

[illegible]

列	说明
1-2	RM, 模型类型标识
4-11	NAME, 发电机节点名称
12-15	BASE, 发电基准电压 (kV)
16	ID, 识别码
21-25	低频\高频设定的频率值1 (Hz)
26-30	低频\高频设定的延时1 (周波)
31-35	低频保护立即跳闸的频率水平 (Hz)
36-40	断路器的动作时间 (周波)
41-45	低频\高频设定的频率值2 (Hz)
46-50	低频\高频设定的延时2 (周波)
51-55	低频\高频设定的频率值3 (Hz)
56-60	低频\高频设定的延时3 (周波)
61-65	高频保护立即跳闸的频率水平 (Hz)

RM+卡:

[illegible]

列	说明
1-3	RM+, 模型类型标识
4-11	NAME, 发电机节点名称
12-15	BASE, 发电基准电压 (kV)
16	ID, 识别码
21-25	低频\高频设定的频率值4 (Hz)
26-30	低频\高频设定的延时4 (周波)
31-35	低频\高频设定的频率值5 (Hz)
36-40	低频\高频设定的延时5 (周波)

[illegible]

列	说明
1-2	RG, 模型类型标识
7-18	母线1的名称, 在第15-18列填母线1的基准电压
20-31	母线2的名称, 在第28-31列填母线2的基准电压
32	平行码
33	形成等值的串联元件的分段数
34-38	间隙起燃电流(标么值)
39-43	间隙恢复电流(标么值)
44-48	间隙恢复电流达到后的恢复时延(周)
49-53	可恢复的次数
54-58	若间隙电弧持续, 则经此段时间后合上短路开关(周)
64	B — 间隙起燃时, 传递操作信号 E — 所有断路器重合后, 传递操作信号
74-78	传递操作时延(周)

列	说明
1-2	RD, 模型类型标识
7-18	母线1的名称, 在第15-18列填母线1的基准电压
19	填“C”表示不断开本线路, 用于远方操作; 否则用于本线路
20-31	母线2的名称, 在第28-31列填母线2的基准电压。
32	平行码
33	等值为串联元件的分段数
34-38	阻抗圆圆心位置 C_T (标么值)
39-43	角度 A_T (度)
44-48	阻抗圆直径 Z_T (标么值)
49-53	圆周操作时间(周)
54-58	圆心位置 C_B (标么值)
59-63	角度 A_B (度)
64-68	阻抗圆直径 Z_B (标么值)
69-73	圆周操作时间(周)
74-78	传递操作时延(周)

- 1) Z_T , C_T , Z_B , C_B 均为阻抗 Z 标么值;
- 2) 输入数据:
 - 继电器所在母线;
 - Z_T 圆的直径 Z (标么值);
 - Z_T 圆心位置 C_T (标么值);
 - Z_T 圆的开断时间(周);
 - 关键数1(Key No.1), Z_T 圆是否开断本地开关;
 - 本地开关重合时间(周);
 - 由 Z_T 圆开断的远方开关, 最多5个;
 - 远方开关重合时间(周);
 - 关键数2, Z_T 圆操作, 视在阻抗 Z 进入或从反向出;
 - Z_B 闭锁圆直径(标么值);
 - Z_B 闭锁圆圆心位置 C_B (标么值), 角度 A_B (度);
 - Z_B - Z_T 之间最小间隔时间(周), 视在阻抗 Z 超出 Z_T 时, 启动闭锁;
 - 关键数3, 载波引导操作, 无时延在线路两端同时动作。

11.13.1 继电器数据 (RL)

										1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
R	L									RDELAY (CYCLE)										TRCLSE (CYCLE)																																																																					
R	I									FS.2										FS.2																																																																					

列 说明

10-14 RDELAY, 继电器时延(周)(非零)

15-19 TRCLSE, 重合时延 (周) (无重合为0或空格)

1									2									3									4									5									6									7									8																									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R	L			V									CKRA (ND)					kV1 (kV)					kV2 (kV)					CKRB (ND)					kV3 (kV)					kV4 (kV)					CKRC (ND)					kV5 (kV)					kV6 (kV)					CKRD (ND)					kV7 (kV)					kV8 (kV)																				
R	L			V									F5.4					F5.0					F5.0					F5.4					F5.0					F5.0					F5.0					F5.4					F5.0					F5.0																														

列	说明
1-2	RL, 模型类型标识
4	V, 附加子型
10-14	CKRA, 线路近似电阻电抗比(无量纲)
15-24	kV1、kV2, CKRA适用的额定电压范围(kV) (如果kV2空白, 则CKRA仅用于kV1)
25-69	类似于CKRA, kV1, kV2的数据

									1									2									3									4									5									6									7									8																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R	L		D						NAME1									kv1		NAME2									kv2		NAME3									kv3		NAME4									kv4																																					
R	L		D						A8									F4.0		A8									F4.0		A8									F4.0		A8									F4.0																																					

列	说明
1-2	RL, 模型类型代码
4	D, 附加子型
10-34	NAME1, kV1, NAME2, kV2, 绕过省缺距离继电器的支路
35-39	空格
40-64	类似于10-34列的数据
65-80	空格

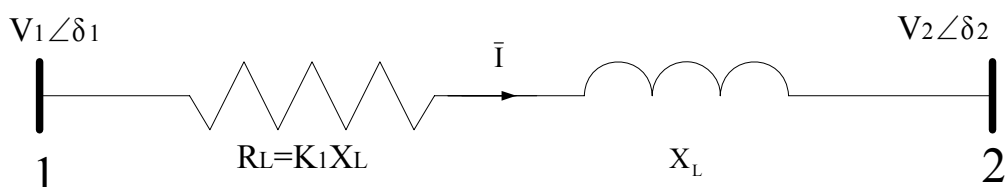
距离继电器是一种常用的线路保护装置，为了便于考虑线路的距离保护在暂态稳定过程的动作，而又不需填写太多的阻抗继电器，程序中给出了一种简单的距离继电器模型。这种模型可适用于所有线路(某些特殊线路除外)。它根据给定的线路电阻和电抗的近似比值(不计电容)，按下列条件构成保护的阻抗特性：

- 1) 保护分为二段，即保护Ⅰ段和保护Ⅱ段，其保护范围分别为85%和125%。
- 2) 阻抗圆经过R-X平面原点
- 3) 经过圆心的直线与R轴正方向的最大偏转角为 75° 。
- 4) 继电器动作时限视线路电压等级而定：
 - 第Ⅱ段保护在任一端操作，对所有电压等级都将延时切除，延时时间由计算人员给出；
 - 对220kV以上电压等级认为有通讯通道，可在线路两端同时切除；
 - 对220kV以下线路，可在任一端瞬时动作。

- 5) 可以根据选择进行重合闸操作。
- 6) 所有平行线路在开断和重合时均按单回线进行。
- 7) 当线路两端电压相角差等于或大于 600° 后，才进入继电器处理。
- 8) 以下几类支路不进入省缺距离继电器处理：
 - 阻抗继电器显式定义的支路；
 - 变压器支路；
 - 用线路故障操作卡(LS卡)定义的执行开关操作的支路；
 - 计算人员特别指定的支路。

继电器的动作条件推导如下：

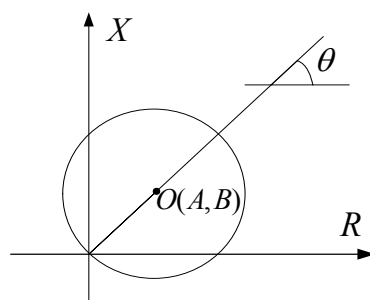
下图是应用省缺距离继电器的典型支路，不计线路电容：



省缺距离继电器典型支路

图中 K 是线路 R_L/X_L 的近似比值。

前述定义的继电器阻抗圆如下图所示：



省缺阻抗圆

$$\theta = 75^\circ$$

$$A = F X_L \cos \theta = a X_L$$

$$B = F X_L \sin \theta = b X_L$$

F 为保护范围系数，定义如下：

继电器达到距离 $= 2F \cdot X_L =$ 阻抗圆直径。

对于 保护 I 段： $2F=0.85$

 保护 II 段： $2F=1.25$

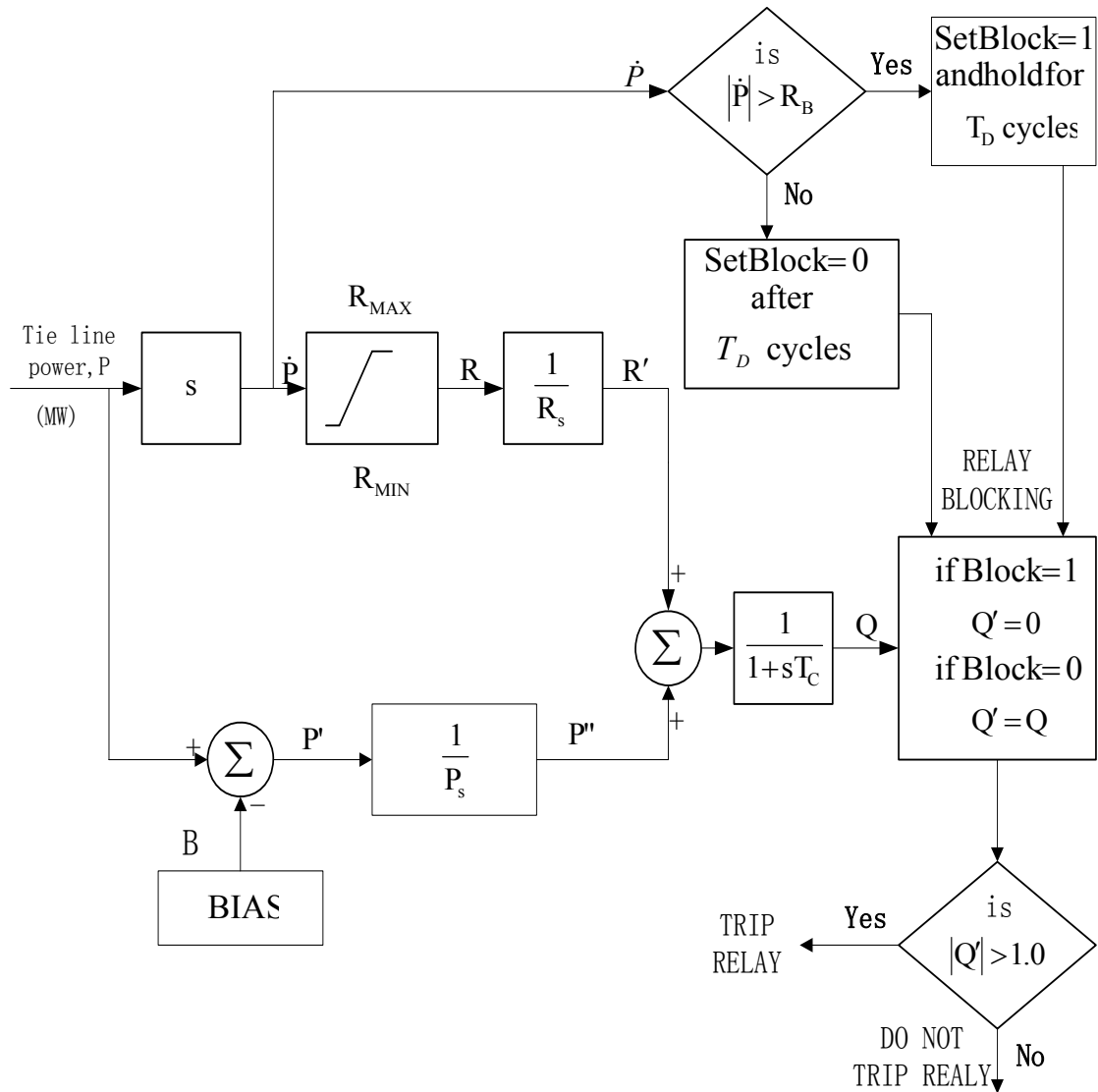
线路视在阻抗

下表是各电压等级所对应的 R_L/X_L 的近似比的BPA推荐值,用户可根据我国实际情况进行修改。当无对应的电压等级时可取最近值。

电压等级(kV)	R_L/X_L
13.8	0.5
16.5	0.5
18.0	0.5
69.0	0.5
115.0	0.31
132.0	0.25
230.0	0.125
280.0	0.125
345.0	0.095
500以上	0.05

11.14.1 功率摇摆继电器 (类型 1、R1)

1										2										3										4										5										6										7										8																																						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																	
H	RELAY TYPE	NAME1								kv1								C=DO NOT TRIP	NAME2								kv2								SECTION	R _B RMAX(3) (MW/SEC)								RMAX RMIN(3) (MW/SEC)								RATE SETTING (MW/SEC)								BIAS SETTING (MW)								POWER LEVEL (MW)								TIME CONSTANT (SEC)								T _D T _H (3) (CYCLES)								T _H (CYCLES)																
R	1	A8								F4.0									A8								F4.0								A	1	F5.0								F5.0								F5.0								F5.0								F5.0								F5.2								F5.1								F5.2															



列	说明
1-2	R1, 模型类型代码
7-18	母线1的名称及基准电压
19	填“C”时, 表示不断开此线路, 仅用于远方继电器操作; 否则, 用于本线路
20-31	母线2的名称及基准电压
32	线路平行码
34-38	R_B 功率变化率阻断基值(MW/秒)
39-43	R_{MAX} 最大变化率(MW/秒), 最小值取最大值的负值
44-48	R_s 变化率基值(MW/秒)
49-53	偏置基值, 与功率水平基值一起, 定义可在母线1、2间流动的功率; 若偏置基值为正, 表示由母线1流向母线2
54-58	P_s 功率水平基值(MW)
59-63	T_c 积分时间常数(秒)

1) 微分回路不考虑由于开关造成的功率变化。因此在开关 0^+ 时刻功率对时间的导数等于开关 0^- 时刻的值

$$\dot{P}_2 = (P_2^- - P_1^+) / \Delta t$$

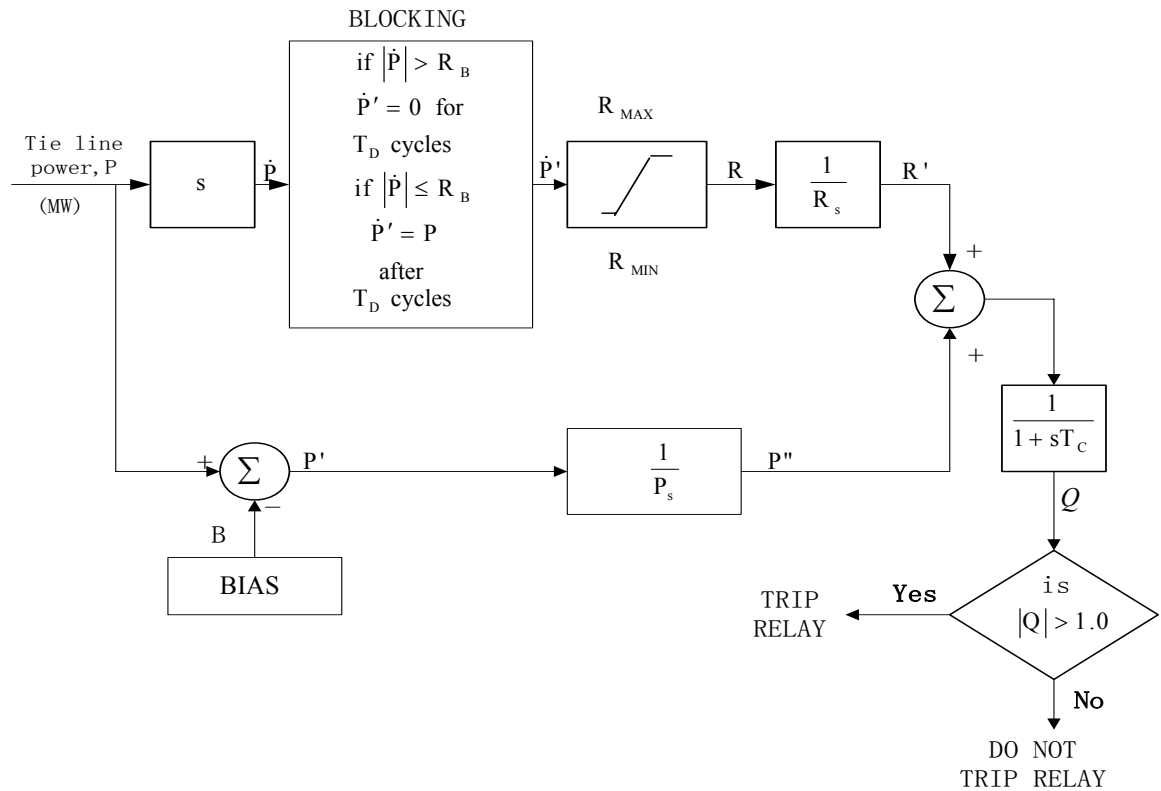
Δt 是交流网络的步长

其中，RB是微分阻断基值，TD是阻断时延，TIM1是时间步开始时的计时器时间，TIM2是时间步终了时的计时器时间：

► TIM2必须小于或等于零

6) 远方继电器一旦起动, 则要继续到操作完毕, 即不可自恢复。

[illegible]



列	说明
1-2	R2，模型类型代码
7-18	母线1的名称及基准电压
19	填“C”时，表示不断开此线路，仅用于远方继电器操作；否则，用于本线路
20-31	母线2的名称及基准电压
32	线路平行码
34-38	R _B ，功率变化率阻断基值(MW/秒)
39-43	R _{MAX} ，最大变化率(MW/秒)，最小值取最大值的负值
44-48	R _S ，变化率基值(MW/秒)
49-53	偏置基值，与功率水平基值一起定义可在母线1、2间流动的功率，若偏置基值为正，表示由母线1流向母线2。
54-58	P _S ，功率水平基值(MW)
59-63	T _C ，积分时间常数(秒)
64-73	空格
74-78	传递操作时延(周)

注：

除以下条件外，其余各种假设与类型1相同

➤ TIM2小于或等于零时， \dot{P}'_2 等于 \dot{P}_2 ，否则 \dot{P}'_2 为零。参见类型2框图定义之 \dot{P}'_2 。

- D，断开35-62列对应的线路
- R，重合35-62列对应的线路
- B，在35-46和49-60列对应的母线上切负荷
- G，在35-46和49-60列对应的母线上切发电机
- 35-46被控母线1名称，43-46列填基准电压
- 49-60被控母线2名称，57-60列填基准电压
- 61-62

当在34列填写M，D或R时，61列-回路识别码；62列-串联元件分段数

当34列为B或G时，61列和62列为空格。
- 63-80

当34列为M时，将35-62列对应的线路阻抗修改值填入63-80列，其中B为 π 型等值网络一侧的电纳值；

当34列为D或R时，63-80列为空格；

当34列为B时，在63-68列和69-74列填35-46列和49-60列母线对应的切负荷量(占初始负荷的比例数)，75-80列为空格。远方继电器操作切负荷将和地区性低压或低周减载相配合；

当34列为G时，在35-46列和49-60列对应的母线上切机；

如果母线上仅有一台机，则空格表示切去全部发电出力；如果母线上有多台机，则填发电机识别码(ID)，表示切去某一特定的机组(ID的填法同M卡第16列)，母线上有多台机时不允许空格。第75-80列为空格。

11.16 发电机低电压过电压保护（RE）

本模型用于模拟电压低于或者高于一定值延迟一段时间后跳开发电机的功能，用RE\RE+卡表示，RE+卡是RE卡的补充。

RE卡：

0									1									2									3									4									5									6									7									8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																							
RE	NAME								BASE	ID	VOL1	TIME1	VOL2	TIME2	VOL3	TIME3	VOL4	TIME4	VOL5	TIME5	TBRK								NAME_CON								BASE																																			
A2	A8								F4.0	A1	F5.0	F4.0	F5.0	F4.0	F5.0	F4.0	F5.0	F4.0	F5.0	F4.0	F4.0								A8								F4.0																																			

- 列说明
- 1-2数据卡代码RE
- 4-11NAME，发电机名称
- 12-15BASE，发电机基准电压
- 16ID，发电机识别码
- 17-21电压设定值1（pu）

3) 电压设定值如果大于1, 则当电压高于该值持续时间达到指定时间, 切除发电机; 如果小于1, 则当电压低于该值持续时间达到指定时间, 切除发电机; 如果电压设定值为1, 将给出错误信息。

RW卡:

[illegible]

列	说明
1-2	RW, 模型类型代码
4-11	NAME, 发电机名称
12-15	BASE, 发电机基准电压 (kV)
16	ID, 发电机识别码
17-21	Wmax, 发电机立即跳闸的最大转速 (pu)
22-26	Wmin, 发电机立即跳闸的最小转速 (pu)
27-31	Wset1, 发电机转速设定值1 (pu)
32-35	Delay1, 发电机转速设定值1对应的时间延迟 (周波)
36-40	Wset2, 发电机转速设定值2 (pu)
41-44	Delay2, 发电机转速设定值2对应的时间延迟 (周波)
45-49	Wset3, 发电机转速设定值3 (pu)
50-53	Delay3, 发电机转速设定值3对应的时间延迟 (周波)
54-58	Wset4, 发电机转速设定值4 (pu)
59-62	Delay4, 发电机转速设定值4对应的时间延迟 (周波)
63-67	Wset5, 发电机转速设定值5 (pu)
68-71	Delay5, 发电机转速设定值5对应的时间延迟 (周波)
72-75	Breaker Time, 继电器动作时间 (周波)

RW+卡:

0		1		2		3		4		5		6		7		8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8
RW+	NAME			BASE	ID					WSET1	DELAY1	WSET2	DELAY2	WSET3	DELAY3	WSET4	DELAY4
A2	A8			F4.0	A1					F5.0	F4.0	F5.0	F4.0	F5.0	F4.0	F5.0	F4.0

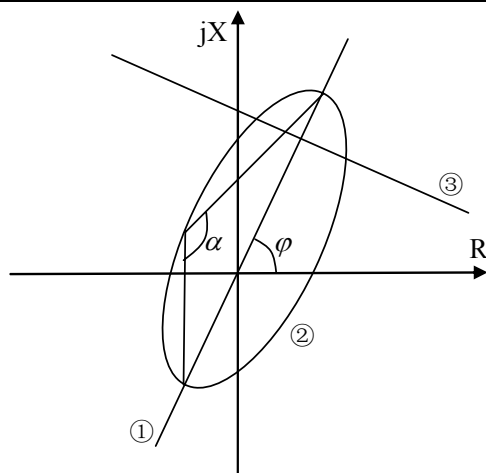
列	说明
1-3	RW+, 模型类型代码
4-11	NAME, 发电机名称
12-15	BASE, 发电机基准电压 (kV)
16	ID, 发电机识别码
27-31	Wset6, 发电机转速设定值6 (pu)
32-35	Delay6, 发电机转速设定值6对应的时间延迟 (周波)
36-40	Wset7, 发电机转速设定值7 (pu)
41-44	Delay7, 发电机转速设定值7对应的时间延迟 (周波)
45-49	Wset8, 发电机转速设定值8 (pu)
50-53	Delay8, 发电机转速设定值8对应的时间延迟 (周波)
54-58	Wset9, 发电机转速设定值9 (pu)
59-62	Delay9, 发电机转速设定值9对应的时间延迟 (周波)
63-67	Wset10, 发电机转速设定值10 (pu)
68-71	Delay10, 发电机转速设定值10对应的时间延迟 (周波)

注:

- 1) 本模型主要用来模拟发电机转速超过一定值或者低于一定值跳发电机的功能；RW+卡时RW卡的补充，可以不填写；
- 2) 发电机转速设定值要求填写标么值，不能填写1.0。大于1.0，认为是过速保护，发电机转速保护超过该值达到延迟时间跳开发电机；小于1.0，认为是低速保护，发电机转速保护低于该值达到延迟时间跳开发电机；
- 3) 17-21列填写立即跳闸的最大转速，当转速超过该值，则立即跳闸，没有延迟时间；22-26列类似，填写立即跳闸的最小转速。72-75列填写继电器动作时间，当确定跳发电机后，经过该延迟，将发电机跳开。

列	说明
1-2	RX，椭圆失步保护继电器代码
4-11	BUS1，节点1的节点名称
12-15	BASE1，节点1的基准电压
17-24	BUS2，节点2的节点名称
25-28	BASE2，节点2的基准电压
29	IPAR，平行码
30-34	K _{PT} ，PT变比（高压对低压，必须大于1）
35-39	K _{CT} ，CT变比（高压对低压，必须大于1）
40-44	ZM，计算电压U _M 用到的阻抗（欧姆）
45-47	φ，电压U _M 超前电流I的角度（度）
48-50	α，椭圆相关的角度（度，必须是90~180度）
51-54	ZA（标么值，必须大于0）
55-58	ZB（标么值，必须小于0）
59-62	ZC（标么值，必须大于0）
63-65	T _{SET} ，判断系统失稳的时间（毫秒），穿过椭圆中心线两侧的时间都大于该值，认为系统失稳
66-68	T _{DELAY1} ，动作延迟时间1（毫秒）
69-71	T _{DELAY2} ，动作延迟时间2（毫秒）
72-74	T _{start} ，开始作用时间（周波）
77	N，判断的次数
78-80	T2 _{SET} ，当轨迹从特性直线③的下方进入椭圆并从该直线的上方出椭圆时，如果在该直线上方的时间超过该值，延迟时间采用T _{DELAY2} ，否则，采用T _{DELAY1} （毫秒）

该保护对应的特性图如下所示:



该特性图中包括三个主要部分，分别为①电抗线(reactive line)、②凸透镜(lens)、③电抗直线(reactance straight line)。特性曲线①将阻抗区域分为左侧和右侧；特性曲线②将阻抗区域分为透镜的内部和外部；特性曲线③将阻抗区域分为上部和下部。

1) 测量的变量

继电器通过电压互感器和电流电压互感器测量线电压和线电流，电流电压互感器的二次侧电压幅值为 $I \cdot Z_M$ ，角度超前电流 I 为 φ 度，表示为 $\dot{U}_M = \dot{I} \cdot Z_M$ ，电压互感器的二次侧电压为 \dot{U} 。

2) 特性曲线1: reactive line

电压 \dot{U} 和 \dot{U}_M 的相角 $\Delta\delta$ 如果在 $(0, 180)$ 的范围之内，在该直线的左面；在 $(180, 360)$ 的范围之内，在该直线的右面。

3) 特性曲线2: lens

$$\dot{U}_\Sigma = \dot{U}_M + \frac{N_B}{100} \cdot \dot{U} = \dot{I} \cdot Z_M + \frac{N_B}{100} \cdot \dot{U}$$

$$\dot{U}_{\Delta 1} = \dot{U}_M - \frac{N_A}{100} \cdot \dot{U} = \dot{I} \cdot Z_M - \frac{N_A}{100} \cdot \dot{U}$$

$$\delta = \angle(\dot{U}_{\Delta 1}, \dot{U}_\Sigma)$$

该角度 δ 小于 $180-\alpha$ 度，表示在透镜内部；否则，表示在透镜外部。

4) 特性曲线3: reactance straight line

$$\dot{U}_{\Delta 2} = \dot{U}_M - \frac{N_C}{100} \cdot \dot{U} = \dot{I} \cdot Z_M - \frac{N_C}{100} \cdot \dot{U}$$

$$\gamma = \angle(\dot{U}_{\Delta 2}, \dot{U}_M)$$

角度 γ 小于 90 度，表示在该直线的下面；否则，表示在上面。

5) 失稳判据

当运行轨迹从直线①的一侧进入椭圆，从另外一侧出椭圆，并且在椭圆内左半部分的时间和右半部分的时间都超过63-65列设定的值时，认为系统失稳，否则认为系统稳定。采用的延迟时间如下：

- 轨迹从直线③下侧或上侧进入，从下侧出，延迟时间采用66-68列的值；
- 轨迹从直线③上侧进入，从上侧出，延迟时间采用69-71列的值；
- 轨迹从直线③下侧进入，从上侧出，如果从进入直线③上侧到出椭圆的时间差大于78-80列的值，采用69-71列的值；否则，采用66-68列的值。

当判断失稳的次数达到77列的指定次数时，最终判定系统失稳。77列的次数缺省为1次。

6) 延迟过程中的处理

如果在延迟过程中，轨迹从上次出椭圆的同侧进入椭圆，认为系统不会失稳，取消继电器动作；如果在延迟时间内，出现一个完整的进入椭圆-出椭圆的过程，如果该过程中在椭圆内左半部分的时间和右半部分的时间都超过63-65列设定的值时，认为系统失稳，不重新修改动作时间，即动作时间不变，否则，认为系统不失稳，取消继电器动作。

7) 重复性检查

如果同一条线路填写了多个RX卡，程序不检查重复，在其中的一个动作将线路切除后，将闭锁其它相同支路的RX卡。

8) 警告和提示信息

在初始时刻，如果初始计算的轨迹位于椭圆的内部，则程序也会给出“支路的椭圆失步阻抗继电器的初始运行点位于椭圆内部”的警告信息。

在该继电器动作将线路切除时，程序会给出“支路因椭圆失步继电器动作断开”的提示信息。

9) 继电器开始作用时间

本数据中72-74列可以填写继电器开始动作时间，只有计算时间大于该时间，继电器才会进行判断是否需要动作；小于该时间，只进行必要的角度计算，而不判断继电器轨迹的位置和是否动作。

第四章 输出部分说明

1* 概述

输出部分主要功能是用于将母线、发电机、线路、直流、串补等相关变量输出到文本文件和曲线文件，寻找最大功角差、最低母线电压，计算振荡频率、阻尼比等。

（1）数据卡的填写顺序说明

输出部分由多个数据卡组成，用于填写输出的相关变量，数据卡之间有一定的顺序要求，一般顺序如下：

- 输出开始卡90卡，为第一张卡，后面认为都是输出相关的数据卡；
- 输出主控制卡MH卡，在90卡后，用于填写输出相关的控制信息；
- 母线变量输出控制卡BH卡和输出选择卡B卡
- 发电机输出控制卡GH\GHC卡和输出选择卡G卡
- 线路变量输出控制卡LH卡和输出选择卡L\LC卡
- 直流变量输出控制卡DH卡和输出选择卡D卡
- 串补变量输出控制卡RH卡和输出选择卡R卡
- 最低暂态电压输出卡OBV卡
- 计算振荡频率和衰减因子的数据卡PY卡
- 寻找过载线路数据卡OLT卡
- 寻找指定分区最大功角差OGM卡
- 输出结束卡99卡
- 输出结果总结卡SU系列卡

上面的顺序并不是完全不能变的，基本原则如下：

- 90卡、99卡、SU系列卡的顺序不能变，其它的数据卡都必须在90卡和99卡之前；
- 各类型数据卡之间顺序可以任意调整；
- MH、BH、GH、LH、DH、RH卡不需要可以不填写。

（2）输出文件的类型和输出代码说明

输出结果可写成以下三种文件：

- 结果数据文件（*.OUT），该文件是一个文本文件，包含了从输入数据、初始化、计算期间和输出的所有提示信息；
- 稳定曲线文件（*.CUR），该文件是一个二进制文件，存储了输出曲线的相关信息，主要用于曲线作图程序调用显示计算结果曲线；
- 辅助数据文件（*.SWX），该文件是一个文本文件，按照列的形式输出计算结果，可以用EXCEL打开。

将计算结果输出到上述三个文件中，需要在输出数据选择卡中的对应位置填写输出选择代码，即数字1~7，分别表示如下含义：

- 0—无输出
- 1—输出文件
- 2—稳定曲线文件
- 3—输出文件和稳定曲线文件
- 4—辅助文件
- 5—输出文件和辅助文件
- 6—辅助文件和稳定曲线文件
- 7—输出文件、稳定曲线文件和辅助文件

(3) 计算过程中显示输出曲线的方法

所有的输出曲线都可以在计算过程中，随着计算的进行一同显示，需要将输出选择代码修改为9。

2 输出开始卡（90）

0										1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																				
9 0																																																																																									
A2																																																																																									
90CARD																																																																																									

本卡只需要在第1-2列填写90即可。
在所有输出卡之前，标志执行BPA输出程序部分。

3* 输出主控制卡（MH）

0	1									2	3									4	5									6	7									8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
MH																																								
A2	I2																																							

- | | |
|-----|--|
| 列 | 说明 |
| 1-2 | MH |
| 4-5 | NUMPLT：每个画面可画的曲线条数，省缺时为4，最大为15。 |
| 77 | IFPLOT，不为0，稳定计算完成后，不显示稳定计算曲线。 |
| 78 | INOPERSIST，不为0，显示完输出曲线后直接关闭，否则，显示对话框询问是否关闭 |

注：
1) 本卡不需要时可以不填写。

5.1 发电机输出控制卡 (GH)

若发电机的某些变量需要在一定范围内输出，则需填写CLASSIFICATION、MAX、MIN项，否则按实际值输出。

- CLASSIFICATION:**

=1, 发电机角度(相对或绝对的)限幅选择

=2, 滑差限幅选择

=3, 励磁电压限幅选择

MAX, 上限幅值

MIN, 下限幅值

注：

- 1) 如填参考发电机名, 则以后所有发电机打出的角度为对参考发电机的相对角度, 否则为绝对角度。
- 2) MAX、MIN不填时则实际上无限幅值。

5.2 发电机输出控制继续卡 (GHC)

2010 年 06 月

0										1										2										3										4										5										6										7										8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
G+		GENBUS						BASE		ID	VOL	CURRENT	EQ		EdP	EqP	EdPP	EqPP	SATD	SATQ	XDMOD	XQMOD	FD		TQ		R		X												GRP																																																
A2		A8						F4.0		A1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1											I3																																																	

注:

1) 如果不在G卡63-75列填写参考机, 则参考机为GH卡中的参考机;

6.1 线路输出控制卡 (LH)

0										1										2										3										4										5										6										7																																																																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																	
L H										MAX										MIN										CLASSIFICATION										MAX										MIN										CLASSIFICATION										MAX										MIN										NSYM										NTIM										TD										T1										T2									
A2										F6.0										F6.0										I1										F6.0										F6.0										I1										F6.0										F6.0										I3										I3										F4.3										F4.3										F4.3									

CLASSIFICATION=:

- MAX: 上限幅值。

MIN: 下限幅值。

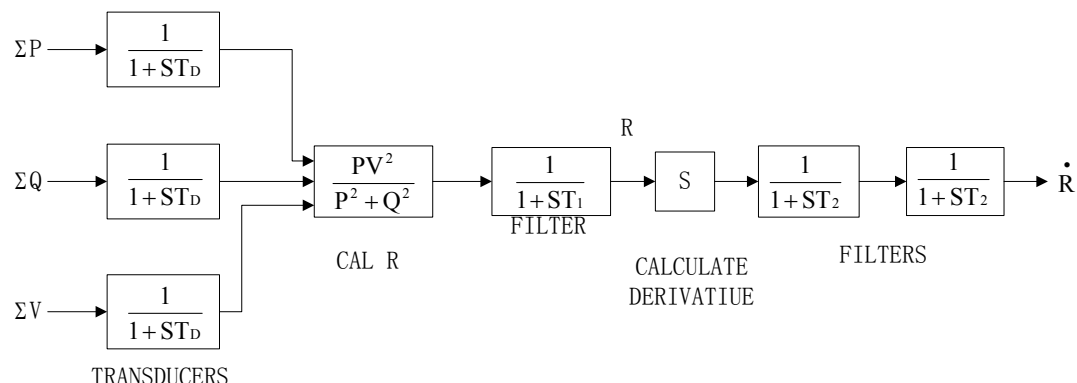
列

59-61 NSYM: 每隔NSYM时间步, 在视在阻抗图上画一个标识符, 省缺值4。

63-65 NTIM: 每隔NTIM时间步, 在视在阻抗图上打印时间(周), 省缺值为4。

67-80 TD、T1、T2: 用于计算线路视在电阻变化率R的时间常数(秒)。

省缺值为: TD=0.012秒 T1=0.053秒 T2=0.053秒



R和 \dot{R} 的计算框图

α : 点燃角	I: 直流电流
V: 直流电压	MOD: 调制输出信号
γ : 熄弧角	V_{α} : 内部状态变量
V'_{α} : 内部状态变量	μ : 滞后角
P: 直流功率	IGRP: 分组码

8.1 串补输出控制卡 (RH)

0										1										2										3										4										5										6										7																													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0										
RH										CLASSIFICATION										MAX										MIN										CLASSIFICATION										MAX										MIN										CLASSIFICATION										MAX										MIN									
										A2										I1										F8.4										F8.4										I1										F8.4										F8.4										I1										F8.4									

1: 固定串补电阻。	2: 固定串补电抗。
3: 固定串补MOV能量。	4: 可控串补电阻。
5: 可控串补电抗。	6: 可控串补触发角。
7: 可控串补MOV能量。	8: 串补支路电流。
MAX: 上限幅值。	MIN: 下限幅值

[illegible]

中国电力科学研究院系统所

1	卡片类型—R
4-11	节点1名称
12-15	节点1基准电压（kV）
17-24	节点2名称
25-28	节点2基准电压（kV）
30	回路号
33-74	串补各个变量输出标记。

分别填写A,B,C三相的串补参数，每一相的顺序为：固定串补的电阻、电抗、MOV吸收的能量；可控串补的电阻、电抗、触发角、MOV能量；串补支路电流。

A相各变量对应的位置分别为33、34、35、37、38、39、40、42；

B相各变量对应的位置分别为48、49、50、52、53、54、55、57；

C相各变量对应的位置分别为63、64、65、67、68、69、70、72。

如果没有不对称故障，只有A相对应的输出有效。

78-80 分组码

9 曲线振荡频率和阻尼比的输出功能（PY）

Prony是用指数函数的一个线性组合来描述等间距采样数据的数学模型，以后经过适当扩充，形成了能够直接估算给定信号的功率谱、频率、衰减、幅值和初相的算法。采用PRONY算法，可以计算某条曲线的振荡频率、衰减系数、阻尼比等，根据这些值可以判断是否衰减。本程序能够计算发电机、线路和节点的部分相关变量曲线的振荡频率、阻尼比。

填写方法有两种：

(1) 在发电机、线路输出卡中填写

在发电机输出卡G卡、线路输出卡L卡的第80列填写一个非零值，程序将自动计算对应的发电机功角、线路有功功率的衰减系数、振荡频率和阻尼比。

程序在稳定结果文件OUT文件末尾集中输出这些计算的衰减因子和振荡频率。

计算振荡频率、阻尼比时，可以针对整条曲线计算，也可以计算其中的一部分，即只计算某个时间段的振荡频率。对于本填写方式，可以采用MHC卡指定该时间段，具体格式如下：

列	格式	
1-3	A3	卡名称MHC
5-8	F4.0	起始时间 T_{MIN} （周波）
9-12	F4.0	结束时间 T_{MAX} （周波）

该卡填写在MH卡的后面。不填写此卡，则TMIN缺省值为0，TMAX缺省值为TEND，即对整个计算时间内的数据进行计算。该卡填写时间对所有需要计算振荡频率和阻尼比的曲线有效。

采用MHC卡选择时间段时，时间差一般应大于振荡周期的两倍。

(2) 填写振荡频率、阻尼比输出数据卡——PY卡

该卡可以用来计算发电机、节点和线路部分相关参数曲线的振荡频率和阻尼比，格式稍有差别。

发电机相关的PY卡格式如下：

										1										2										3										4										5										6										7										8																																										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																																																															
PY	NAME										KV					ID	NAME_REFGEN										BASE					ID	GBL					ANG					DEL W					EPD					EOP					MAIN FIELD SAT										PA					PAW					EXCITER SAT					REGULATOR OUT					PMPPE					PAVAR					PSS					T DAMP					IPD					TIME1					TIME2				
A2	A8										F4.0					A1	A8										F4.0					A1	A1					I1					I1					I1					I1					I1										I1					I1					I1					I1					I1					I1					I1					I1					F4.0					F4.0									

列	说明
1-2	标识PY
4-11	GEN_NAME，发电机名称
12-15	GEN_BASE，发电机基准电压
16	GEN_ID，发电机识别码
18-25	REFGEN_NAME，参考发电机名称
26-29	REFGEN_BASE，参考发电机基准电压
30	REFGEN_ID，参考发电机识别码
32	PY卡类型识别码，必须是字母 ‘G’
34	ANGL，发电机功角曲线代码，非零表示计算
36	DEL_W，发电机速度偏差代码，非零表示计算
38	EFD，发电机励磁电压代码，非零表示计算
40	EQP，发电机磁链代码，非零表示计算
42	MAIN FIELD SAT，发电机主磁场饱和代码，非零表示计算
44	PM，发电机机械功率代码，非零表示计算
46	PMW，发电机电磁功率代码，非零表示计算
48	EXCITER SAT，发电机励磁饱和代码，非零表示计算
50	REGULATOR OUT，发电机调压器输出代码，非零表示计算
52	PM-PE，发电机加速功率代码，非零表示计算
54	PMVAR，发电机无功功率代码，非零表示计算
56	PSS，发电机PSS信号输出代码，非零表示计算
58	T DAMP，发电机阻尼力矩代码，非零表示计算
60	IFD，发电机励磁电流代码，非零表示计算

1) 采用PY卡填写时,可以计算发电机、节点、线路相关变量曲线的振荡频率和阻尼比,根据需要在对应位置填写非零整数即可;

3) 可以对整个曲线进行计算,也可以对其中的一部分计算,此时需要在PY卡中的62-69列填写起始时间和结束时间,为了保证计算结果的准确性,该时间差应大于振荡的两个周期。

4) 在计算发电机功角的振荡频率和阻尼比时，可以在PY卡中的18-30列填写参考发电机，如果没有填写参考发电机，则参考发电机为GH卡中的参考发电机。只要参考发电机不同，可以同时填写多张针对同一台发电机的PY卡。

1) 采用PRONY算法，能够计算出多个不同幅值、相角、衰减系数和振荡频率，但是其中只有1个或者2个是主要的，本程序从这些数据中挑选出2个主要的振荡模式输出，通常情况下，第一个振荡模式为主要的振荡的模式，有时第二个是主要的振荡模式。

$$\omega_i \text{ 为振荡频率, 阻尼比为 } \zeta_i = \frac{-\alpha_i}{\sqrt{\alpha_i^2 + \omega_i^2}}。$$

本功能的目的是输出指定分区内指定电压等级的节点中部分暂态最低的节点和低电压时间最长的节点，OBV+卡是OBV卡的补充。

	1									2									3									4									5									6									7									8
BV	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18	Vmin	Vmax	N	Vlim	Vtim	Vmin lim																																								
A3	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	F5.0	F5.0	I2	F4.3	F3.3	F3.3																																									

OBV, 类型标识

• • • • •

(第5-57列可以填写18个分区名, 每两个分区名之间有一个空格)

78-80 最低电压限制值 (标么值)

[illegible]

• • • • •

(第5-57列可以填写18个分区名, 每两个分区名之间有一个空格)

64-68 Vmax, 电压等级范围最大值 (kV)

1) 本卡的目的是输出暂态电压较低的部分节点和低电压时间较长的部分节点，每组OBV/OBV+卡的输出数据包含两组，第一组按照低电压时间长短的顺序输出部分节点，第二组按照最低暂态电压大小顺序输出部分节点，输出的节点数缺省都为30个。

2) 每张OBV卡最多可以填写18个分区，如果没有填写任何分区，则本卡适用于整个系统。

3) 第59-68列可以填写输出节点电压等级范围。如果只有电压等级最小值为0, 则其缺省值为0.0; 如果只有电压等级最大值为0, 则其缺省为一个很大的数值; 如果电压等级最大值和最小值都为0, 则缺省可以输出500kV及以上电压等级的节点电压。

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
OLT	Z	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
A3	A1	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2

列	说明
1-3	OLT，数据卡标识
6	CTYPE，填写类型代码（必须填写Z）
8-9	Z1，分区1名称
11-12	Z2，分区2名称
14-15	Z3，分区3名称
17-18	Z4，分区4名称
20-21	Z5，分区5名称
23-24	Z6，分区6名称
26-27	Z7，分区7名称
29-33	VMIN，电压等级范围最小值（kV）
34-38	VMAX，电压等级范围最大值（kV）
39-43	IN，缺省额定电流（潮流数据中没有填写时采用本电流作为额定值）
44-48	OVER_PER，判断过载的百分比（%）（检查过载时，当实际电流超过额定电流与本百分比乘积时，认为过载）
50-51	N，判断最终过载的数据点数（判断计算结束后是否过载，采用计算结束前多个点的平均电流值进行判断）

按照区域形式填写的格式如下：

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
OLT	A	AREA1	AREA2	VMIN	VMAX	IN	OVERPER	N
A3	A1	A10	A10	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	I2

列	说明
1-3	OLT，数据卡标识
6	CTYPE，填写类型代码（必须填写A）
8-17	AREA1，区域1名称
18-27	AREA2，区域2名称
29-33	VMIN，电压等级范围最小值（kV）
34-38	VMAX，电压等级范围最大值（kV）
39-43	IN，缺省额定电流（潮流数据中没有填写时采用本电流作为额定值）
44-48	OVER_PER，判断过载的百分比（%）（检查过载时，当实际电流超过额定电流与本百分比乘积时，认为过载）

50-51 N, 判断最终过载的数据点数（判断计算结束后是否过载，采用计算结束前多个点的平均电流值进行判断）

注：

1) 该卡用于检查线路过载情况，暂时不能用于变压器，只适用于潮流中用L或E卡填写的支路，对于电抗小于0.001pu的支路（认为是小开关支路或其它非实际支路）以及电抗为负值的支路，不进行过载判断。

2) 该卡可以按照线路、分区、区域形式填写，对于同一条支路，如果在不同的OLT卡出现，如果对其设定的参数都相同，则认为重复，忽略其中的一个；如果不同，则认为是两个。例如如果对于同一条支路，设定的检查过载百分比不同，认为两个支路，对两种情况都进行判断。

3) 数据卡中的缺省额定电流用于设置线路的额定电流，如果潮流中线路有额定电流值，则该值无效。该值可以不填写，此时如果潮流中线路没有额定电流时，忽略该线路，不进行过载判断。

4) 判断过载时，可以在额定电流基础上乘一个百分数作为判断过载的标准，该值如果不填写或者为0，程序缺省设置为90%。该值填写百分数，例如90%，则填写90，而不是0.9。

5) 对于分区、区域形式的数据卡，可以指定电压等级范围，如果最大最小值都不填写或者都为0，则缺省设置为220kV以上电压等级。

6) 在稳定计算结束后，程序根据最后几个点的平均值判断线路是否过载，数据卡中可以指定该点数，缺省为10个点。

7) 该卡输出内容包括三个部分，第一个部分是初始状态下线路过载的数据表，第二个部分为计算结束后线路过载的数据表，第三个部分为计算过程中线路过载的数据列表，仅输出过载的线路信息，按照过载百分比从大到小的顺序输出，最大输出100个。

8) 稳定计算过程中的判断线路过载时的电流值采用线路前后两侧的电流平均值进行判断（一般情况下，线路两侧电流值稍有差别，但差别不大），初始状态下判断过载电流采用线路两侧电流的最大值。

9) 该卡填写的位置位于稳定数据文件中CASE卡和计算控制卡FF卡之间的任何位置，输出内容位于稳定输出结果文件（*.OUT）的后面。

[illegible]

列	说明
1-2	99

1) 本卡作为输出结果的标志, 必须填写。

此部分数据卡的主要目的是根据用户需要输出部分总结性的信息。此部分包含有一组数据卡，其中的第一张卡为SUBEGIN，最后一张为SUEND，其它数据卡位于两者之间。该组数据卡必须放在稳定数据文件最后。

1) SUBEGIN

2) SUEND

3) SU

4) L卡——输出线路初始有功功率（功率累加）

5) T卡——输出变压器支路的有功功率（功率累加）

6) B卡——输出节点初始电压和最低暂态电压

输出节点的初始电压：B卡的格式与潮流中B卡的格式基本相同，不同的是4-6列的所有者代码必须为空。实际应用时将潮流中的B卡直接拷贝并保持4-6列为空即可。这样可以输出该节点的潮流节点电压。

输出最低暂态电压：B卡的格式与稳定输出卡B卡的格式完全相同，输出该节点的最低暂态电压（故障期间除外）。

7) G卡——输出发电机暂态过程中的最大摆角

格式与稳定发电机输出卡G卡的格式完全相同。该摆角是相对于GH卡参考机的摆角，如果没有参考机，则为绝对角。

8) G+卡——输出发电机的初始功率（功率累加）

该卡的格式与稳定发电机输出卡G卡的格式基本相同，不同之处就是在第2列填写“+”号。该卡输出发电机初始的有功功率，遇到连续的多个G+卡时，功率累加。

9) BL卡——输出BV卡中指定范围内的最低暂态电压信息

该卡只需要在1-2列填写“BL”即可，它输出OBV卡中指定范围内的最低暂态电压相关的信息，如果没有填写OBV卡，则此卡无效。

10) GM卡——输出OGM卡指定范围内功角差最大的发电机相关信息

该卡只需要在1-2列填写“GM”即可，它输出OGM卡指定范围内功角差最大的发电机相关信息，如果没有填写OGM卡，则此卡无效。

11) FT卡——输出故障卡

本卡只需要在1-2列填写“FT”即可，可以输出稳定计算的故障数据卡。

例如：

如果在稳定数据文件中OGM卡后面填写

```
SUBEGIN
SU ***断面潮流
L   BUS1   525. BUS2   525. 1 2840 .01407.12628      .07080
L   BUS1   525. BUS2   525. 2 2840 .01407.12628      .07080
SU ***变压器潮流
T   TBUS1   525. TBUS2   1.0   801 .00050.15510          500.0 1.0
SU **节点电压初值
B   BUS1   525.
SU **发电机厂出力
G+ GEN1   15.8   3
G+ GEN2   15.8   3
SU 故障卡为
FT
SU ***暂态最低电压
B   BUS1   525. 3
SU **发电机的最大摆角
G   GEN1   15.8   3
BL
GM
```

SUEND

稳定结果文件OUT文件中的输出内容形式如下：（其中的数据为假定的）

```

***断面潮流1000MW,
***变压器潮流200MW,
**节点电压初值530kV,
**发电机厂出力340MW,
故障卡为
LS  母线B   230.  母线1   230.      1  0.0
LS -母线B   230. -母线1   230.     -1  5.
***暂态最低电压0.76pu,
**发电机的最大摆角156度,
最低电压值是0.68, 对应节点" BUS2   525." , 低于0.75持续时间30周波,
功角差最大的发电机是" GEN1  15.8" 和" GEN2   10.5" , 最大功角差为88度。

```

注：

- 1) 上述算例的内容都是假设的，只为了说明该组卡的使用方法和结果的输出形式，其中的*号为发电机名、线路名等名称。
- 2) 该组卡的位置必须放在OGM卡之后，并且以SUBEGIN卡开始，SUEND卡结束。
- 3) SU卡是用于输出中提示型的文字，一般都应该有。对于B卡和G卡，如果前面没有SU卡，程序可以输出缺省的说明性文字；而T卡、L卡、G+卡则不能输出，因此前面应有SU卡，否则只输出计算的结果。
- 4) BL、ST、GM卡的说明性文字是固定的，一般不需要前面有SU卡。
- 5) 计算线路潮流的L卡、计算变压器潮流的T卡只需从潮流数据中拷贝对应的数据卡即可；输出节点潮流电压的B卡只需考虑潮流中的B卡，并保持4-6列的拥有者内容为空。
- 6) 计算暂态最低电压的B卡和发电机最大功角的G卡与稳定输出卡中的B卡和G卡完全相同。
- 7) BL卡必须有对应的OBV卡，即必须在节点输出卡中含有OBV卡，否则这两个卡无效。
- 8) GM卡必须有对应的OGM卡，否则该卡无效。

参考文献

- [1] 张力平、印永华、汤涌、严荣，《BPA暂态稳定程序简要使用说明》上册，电力科学研究院，1986年
- [2] 汤涌、印永华，《BPA暂态稳定程序简要使用说明》下册，电力科学研究院，1986年
- [3] 汤涌、卜广全，《BPA人机会话程序及作图程序使用说明》，电力科学研究院，1986年
- [4] 张一、印永华译，张力平校《BPA暂态稳定程序用户手册》，电力科学研究院，1984年
- [5] Computer Representation of Excitation Systems. IEEE COMMITTEE REPORT, IEEE PAS-Vol.87, No.6 JUNE 1968.
- [6] Excitation System Models for Power System Stability Studies. IEEE COMMITTEE REPORT. IEEE PAS-Vol. 100, No.2 Feb. 1981.
- [7] Dynamic Models for Steam and Hydro Turbines in Power System Studies. IEEE Committee Report. IEEE PAS-Vol. 92, No.6 Nov.-Dec. 1973.
- [8] Fast Transient Stability Solutions. Herman Dommel. Nobuo Sato. IEEE PAS-Vol.91. July/Aug.1972.
- [9] Multiterminal HVDC System Representation in a Transient Stability Program, Bonneville Power Administration U.S. Department of Energy.
- [10] 西安交通大学等，《电力系统计算》，水利电力出版社，1978年
- [11] [美] P.M.安德逊，A.A.佛阿德，《电力系统的控制与稳定》第一卷，水利电力出版社，1979年
- [12] BPA Transient Stability Program User's Guide, Bonneville Power Administration,1987.
- [13] 汤涌，BPA暂态稳定程序用户手册（中国版2.0），能源部电力科学研究院，1991年8月
- [14] 汤涌、刘增煌、卜广全，BPA稳定程序新功能使用说明，电力工业部电力科学研究院，1996年9月

附录A DEBUG卡

29	直流数据
30	子程序INPUT3中的电机变量
31	子程序INITIAL2中的电机变量
32	初始负荷表示表
33	饱和计算
34	无用
35	子程序DERIV中的发电机功率表
36	母线编号和发电机编号的分叉对照表
37	MATMOD中的Y阵，DCSUB中的直流数据表，CNTRL中的DNX， DNXRLY
38	自动减负荷
39	负荷饱和数据，INPUT1中的改变卡数据
40	简化直流线路模型
41	ZNO模型
42	无用

T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 、 T_6 为时间窗口，若这些时间不为零，则只在指定的时间段内给出DEBUG信息，如： T_1 、 T_2 非零，则只在 $T_1 \leq T \leq T_2$ 内给出DEBUG信息，对 T_3 、 T_4 和 T_5 、 T_6 也同样处理。

附录B 4.10版本相对4.0版本的主要修改说明

本附录主要介绍了4.10版本相对4.0版本的主要修改说明。

一、励磁模型FM-FV进行了改进

在原有的FM-FV励磁模型中增加了串联PID环节的限幅，在原有的FU和FV模型的输出增加了修订，因此增加了F#卡用于填写这些部分相关的参数，详细参考3.5.3和3.5.4节。

增加了并联PID环节，代替原有的串联PID环节，需要采用三张卡填写改进后的模型参数，即FM-FV、F+、F#，详细参考3.5.5和3.5.6节。

对发电机低励部分进行了修改，增加了折线型的低励限制形式，增加了EL+卡，用于填写对应的参数，详细参考3.5.7和3.5.9节。

励磁模型内部变量输出卡OEX卡中增加了部分变量的输出，详细参考3.8节。

二、调速器模型的改进

增加了GM/GM+类型的调速器控制系统模型，主要用于水电机组调速器的模拟，详细参考5.3.5节；

调速器控制系统GJ和四幅系统模型GA中增加了纯延迟环节，用于模拟实际系统中的纯时间延迟，具体参考5.3.1和5.3.3节；

三、无功补偿设备模型

增加了SVC控制系统模型相关变量的输出卡OVC卡，不再需要使用G卡输出，输出的变量更多，具体参考8.1.2节；

增加了STATCOM简化的控制系统模型，具体参考8.2.2节；

增加了STATCOM控制系统模型相关变量的输出卡OVG卡，不再需要使用G卡输出，具体参考8.2.3节；

增加了可控高抗的模性VR、VF卡和相关变量输出卡OVR卡，详细参考8.4节。

四、零序参数处理方法的改进

零序参数的处理中增加了自动进行匹配的功能，稳定数据中填写所有的零序卡，调整潮流时不需要对稳定中的零序卡进行调整（修改名字的除外）。XR卡不能自动处理。

五、输出部分的改进

删除了MH卡中的大部分参数，MH卡不需要时可以不填写，具体参考第4章第3节；

节点输出数据卡B卡中增加了电压角度的输出选项，可以指定输出角度，具体参考第四章4.2节；

发电机输出部分增加了G+卡，用于输出更多的变量，具体参考5.4节；

自动寻找最低电压功能BV卡名称改为OBV，其他格式没有变化，具体参考第四章第10节；

对寻找机组最大功角差的功能OGM进行了调整，可以填写多组OGM\OGM+卡，具体参考第四章第11节；

增加了寻找暂态计算过程中过载的线路的功能OLT卡，具体参考第四章第12节；

暂时删除了作图卡MV卡；

输出控制卡BH、GH、LH、DH、RH，在不需要时可以不填写，以前版本的程序必须填写；

六、其它方面的改进

励磁模型FX的继续卡F+卡名称改为FX+卡，参考3.6节；

增加了PSS模型SB\SB+类型，参考4.6节；

附录C* 4.15版本相对4.10版本的主要修改说明

一、风电模型的改进

增加了固定转速风电机组模型的双质量块模型模拟功能，增加了MW+卡，参见第三部分6.1.2节；

对原有的GE双馈风电机组模型进行了调整，增加了GE直驱类型风电机组，针对两种模型增加了一个统一的数据卡WINDG_GE卡，具体参考第三部分6.2节。

增加了适用于所有风电机组的输出卡OMW卡和适用于GE风电机组模型的OMX卡，参见第三部分6.5节。

由于GE风电机组模型调整比较大，因此原来程序的GE风电机组模型在新程序中无法使用，必须更换为新的填写方式。

二、励磁、PSS模型的改进

增加了可以指定励磁曲线数据文件的励磁模型E*，采用该功能，可以将任意励磁输出曲线数据存储在文本文件中，参见第三部分3.7节；

增加了PSS模型SD，参见第三部分4.8节；

三、继电保护模型的改进

对快速解列模型AL进行了完善，增加了一段、二段的控制保护功能，参见第三部分11.2节；

对发电机转速保护功能RW进行了扩展，增加了RW+卡，参见第三部分11.17节；

四、输出部分的改进

对于计算时间较长的数据，计算过程中能够输出多条曲线，就可以计算过程中监测较多变量，针对此问题增加了计算过程中可以同时显示输出曲线的功能，参见第四部分第1节；

稳定计算完毕后，输出曲线显示完成将会输出一个对话框，询问是否关闭，程序增加了可以不输出该对话框的功能，参见第四部分3节；

如果需要输出大量的发电机输出信息，按照单个节点输出比较麻烦，因此增加了按照分区输出的功能，参见第四部分5.3和5.4节；

增加了输出线路两侧节点角度差的功能，参见第四部分6.3节。

增加了输出发电机端口等值电阻和电抗的功能，参见第四部分5.4节。

五、其它改进：

增加了指定稳定参数文件的数据卡PARA_FILE，使用该功能可以将稳定参数存放在一个固定的文件中，稳定数据文件中仅填写故障卡、输出数据等，参见第二章的第6节；

计算工频过电压功能部分，增加了线路三相无故障跳开的工频过电压形式，参见第三章1.2.10；

增加了能够根据电压离散控制可控高抗容量的功能，参见第三部分8.4.3节，并且增加了对应的输出功能，参见第三部分8.4.5节；

附录D 常见问题及部分修改说明

(1) 浮点数输入注意事项

对于所有数据卡中浮点数都有缺省的处理格式，基本形式为Fm.n，其中的m表示该数据占据的列数，n表示缺省的小数位。

如果在填写数据时，加入了小数点，则程序读入后的数值就是所填写的数，即使输入浮点数的格式与要求的格式不同；如果输入的数据没有小数点，则按照缺省处理，读入后自动截取n位小数，如果输入数据达不到n位，则前面补0；如果填入的数据中含有空格，忽略。

例如：

F6.5，表示要求输入一个浮点数，占有的最大列数为6列，缺省小数点后的位数为5位。

如果输入‘123456’，由于没有小数点，则程序缺省处理为1.23456；如果输入‘10’，程序读入后缺省处理，前面自动补零，小数点后截取5位，该数变成了0.00010。

如果输入‘10.’，由于有小数点，程序读入后为10.0；如果填写‘.12345’，则程序读入后为0.12345。

因此，填写浮点数时最好填写小数点，这样即可以减少出错又可以增加可读性；如果不填写小数点，程序将缺省处理，最好满格填写。

(2) 稳定数据中数据卡顺序问题

稳定数据中所有数据应按照一定的次序填写，否则程序可能会读入出现错误。通常情况下，按照如下顺序：

- CASE卡
- LS故障操作卡
- 发电机卡（包括发电机相关的调节系统、马达等）
- 零序卡
- 直流卡
- 负荷特性卡
- FF计算控制卡
- 输出卡

上述几大类卡片顺序是固定的，应遵循。同类卡片内部可以任意放置，如零序卡片类，LO、XO、XR及LM等卡片可以集中也可以交叉放置。

详细情况可参考第一章第2节。

(3) 发电机标么参数的基准容量问题

发电机模型数据卡MF卡和M卡中所有电阻和电抗参数的基本容量都是MF卡中29-32列填写的容量值，同时该容量也是部分PSS、励磁模型中部分参数的基准容量，具体包括：

- 发电机M卡、MF中的电阻和电抗；
- PSS模型SP卡和SG卡中的KQS，SH卡中的KP，SH+卡中的KPM和KPE，SI卡中的Kr（PSS卡中不指定情况下）；
- 励磁模型ED卡中的KI；所有F开头的励磁模型卡中的RC和XC；励磁模型FD卡中的KI；励磁模型FJ卡中的KC；励磁模型FL卡中的XL和KI；
- 双轴汽轮发电机调速器和原动机模型GC卡中的DH。

因此该参数是一个比较重要的参数。该参数如果没有填写，则为系统基准容量。

对于实际的发电机模型，电阻电抗参数的基本容量一般都是以发电机额定容量为基准的，如果MF卡中29-32列填写的容量值不等于发电机额定容量，必须根据基准容量对参数进行折算；如果MF卡中的29-32列的基准容量填写发电机的基准容量，则可以避免折算问题，减少出错。

因此，建议填写新的发电机数据时，在MF卡中29-32列填写发电机的额定容量。

(4) 支路电抗问题

以前版本的程序处理复故障时需要增加小开关支路，该支路电抗一般较小；同时在进行特殊处理时，也可能增加小电抗支路修改网络的拓补结构，因此在现在数据中仍然存在大量的小电抗支路。

支路电抗不能出现非常小的情况，否则，可能会导致计算出错。因此在需要增加小电抗支路时，一般建议电抗不小于0.0001pu，电阻为0。

(5) 计算步长的选择

稳定计算时，需要在FF卡中指定计算步长。不同的计算步长对计算结果有一定的影响，特别是在极限方式下，步长应尽量取得小一些，则功率极限数值较为准确，但是由于步长减小后计算步数增加，累计误差可能会增加，因此计算步长也不必太小，一般取值0.5周波即可。而在离功率极限较远处，则可以放大步长，以节省计算时间。

由于目前数据中一般都采用发电机详细模型，大部分采用马达负荷，应尽量采用较小的步长，一般建议采用0.5周波，程序缺省为1.0周波。

(6) 计算不平衡信息

稳定计算开始之前，需要对稳定数据进行输入、初始化，在此期间进行了大量的处理，处理完成后重新计算节点电压，该电压应该与潮流中各节点电压相同，否则说明数据存在问题，程序会给出错误信息并中止计算。该错误信息如下形式：

“初始化不平衡、计算中止；电压差别最大的节点为“节点名”，潮流电压为“电压值”，稳定计算前电压为“电压值”；”

该信息说明指定的节点附近有错误数据存在，常见的问题如下：

- 潮流中节点有无功出力，但是稳定中没有对应的发电机或无功补偿数据；
- 潮流中存在电抗很小的支路，一般小于0.0001；
- 潮流收敛性较差。

因此出现该问题，应主要从上述三个方面检查数据。

(7) 存在马达负荷时注意的问题

如果负荷模型采用马达模型，应避免容量较小的马达，否则，程序可能会出现计算错误；同时容量较小的马达一般对计算没有影响，因此在使用时建议删除较小的马达，一般建议删除容量在1.0MVA及其以下的马达。

在使用MI或ML卡填写某个节点的马达时，小容量的马达应避免填写；采用MJ和MK卡填写分区和区域形式的马达负荷时，可以在数据卡中30-32列填写形成马达的最小负荷值，这样在形成马达时，负荷小于该值的节点将不采用马达负荷。

(8) 稳定曲线结果文件 (*.CUR)

原来程序在进行稳定计算完成之后，需要按任意键直到所有输出曲线画面显示完毕后，才能形成稳定曲线文件 (*.CUR)。现在程序对此进行改进，不再需要按任意键，在计算完成后并显示第一个输出曲线画面时，曲线文件已经形成，如果不需要看所有的曲线，则直接关闭计算窗口即可。

(9) 监视曲线中最大发电机功角曲线

稳定计算过程中，通常会动态显示三条监视曲线，分别为最大发电机功角差曲线、最低母线电压曲线、最低频率曲线，其中最大发电机功角曲线为全系统所有发电机的最大功角差。

如果整个系统是由多个同步网组成的（它们之间可能没有联系或采用直流相连），此时显示功角差曲线时对应最大功角差的两台发电机可能不在一个同步网内，这样显示的功角差实际上没有意义，同时可能会导致误解。

本程序最大功角差曲线显示的是同步网中功角差最大的发电机。如果有故障操作，则仅显示故障操作所在同步网中的最大功角差；如果没有故障操作，则所有同步网中寻找各自的最大功角差，显示其中的最大值。

(10) 稳定数据中发电机及其相关数据卡的处理方式

潮流数据中如果有有功出力，稳定数据中必须同时对应发电机及其相关数据卡，否则，会给出错信息；如果潮流数据中没有有功出力，稳定中有对应的发电机数据卡，原来的程序会给出警告信息，但是该发电机数据卡仍然有效，即仍然作为发电机处理，参与计算。实际上，大多数情况下，潮流数据中没有有功出力，表示该发电机停运，稳定数据中不应该有发电机数据卡，应该删除稳定中的发电机数据卡，否则会对稳定计算结果产生影响。如果调整的机组较多，需要同时调整潮流数据和稳定数据。

新程序对该问题进行了修改，调整后，

- 如果潮流中发电机的有功无功出力为0，则自动删除稳定数据中该发电机相关的数据卡，给出警告信息；（原程序不删除，参与计算）
- 如果稳定数据中发电机及其相关数据卡的发电机在潮流数据中不存在，则自动删除该发电机相关数据卡，并给出警告信息；（原程序给出错误信息，中止计算）

在作上述修改后，新程序在调整潮流时，可以不必删除稳定中的发电机相关数据卡。

(11) 稳定数据中零序卡的处理方式

原来程序中线路零序卡LO和LO+卡、变压器零序卡XO卡等零序数据卡，在调整潮流时，需要同时调整零序参数，如果出现不匹配，会给出错误信息。现在程序对零序卡进行了处理，增加了自动匹配的功能，在调整潮流时，例如停运线路，不必同时停运稳定参数中的零序参数，程序没有检测到该线路则会自动处理零序参数。

附录E* 程序使用的部分提示

程序在使用过程中需要注意一些问题，在此进行了简单总结。

(1) 故障卡

- 复故障不再需要添加小开关支路；
- 故障卡包括LS卡和FLT卡，FLT卡是对部分常用功能的简化填写方式；
- 不同的LS卡和FLT卡之间可以任意组合；
- 短路故障可以填写线路中间任何一个点的故障（包括单相、两相短路）；
- 切负荷操作建议采用FLT卡填写，该卡比较简单；
- FLT卡中有短路电流、潜供电流、工频过电压的简单填写方式，如果能够满足要求，建议采用FLT卡填写；

(2) 线路高抗

4.X版本中的高抗卡可以使程序能够自动处理高抗，避免手动处理。部分较新的功能只有在如下方式填写高抗的基础之上才能正确计算：

- 潮流中采用L+卡填写容量；
- 稳定中采用LO+卡填写零序参数。

(3) 发电机模型

- 潮流中的发电机不建议采用多台发电机合并的方式填写，建议采用一台发电机对应一台变压器的方式填写；
- 稳定中的发电机参数不建议采用多台发电机合并的方式填写，建议按照单台发电机的方式填写；

- 稳定中发电机数据卡MF或MG卡中29-32列建议采用发电机额定容量，这样可以避免大量参数的折算，不建议采用其它容量；
- 稳定中的发电机能够根据潮流中的发电机开机情况进行自动匹配，因此在调整潮流开机数据时，不必要修改稳定中的发电机参数，只要保持稳定中的所有发电机参数有效即可；

(4) 串补模型

- 潮流串补一般可采用电抗为负的线路数据卡L卡表示；
- 稳定中零序参数必须填写，并且电抗与潮流中的一致；
- 稳定中串补数据卡RZ卡应该填写，特别是串补所在线路故障时，如果不填写RZ卡，计算结果可能会出错；
- 串补支路不能填写任何形式的故障和操作。

(5) 零序卡

- 稳定数据中零序相关数据卡（XR卡除外），程序能够与潮流数据进行自动匹配，因此在调整潮流时不需要再调整稳定中这些数据卡，保持这些零序数据卡有效即可。（潮流中的名字改变的情况除外、XR卡需要手动调整）
- 一条线路只能对应一个线路零序卡（LO卡），一个变压器只能对应一组变压器零序卡（XO卡），重复的忽略；
- 线路高抗潮流中建议采用L+卡填写，稳定中建议采用LO+卡填写；
- 变压器零序卡建议都采用XO卡，不建议采用XR卡；
- 尽量不采用XR卡填写零序参数，无法用其它数据卡表示的零序对地支路再采用XR卡填写，XR卡不检查重复。

(6) 低压低频减负荷卡

- 建议采用12.1.5-12.1.7的新的自动减负荷卡；
- 使用新的减负荷卡，需要在CASE卡23填写1；

(7) 输出数据卡

- 输出数据卡一般需要填写在计算控制数据卡FF卡之后99卡之前，字母O卡头的输出卡，例如OVC、OGM、OBV、OLT等，可以填写在CASE卡之后99卡之前的任何位置。
- 输出控制相关数据卡MH、BH、GH、LH、RH、DH不需要填写数据时可以不填写；
- 99卡必须填写；
- 计算控制数据卡FF卡之后99卡之前的输出数据卡的顺序可以随意放置；
- 输出卡不进行重复检查，因此重复的输出卡会重复输出，因此可以同时输出同一台发电机相对不同发电机的功角差；

- 原来程序中的中间文件*.SOL和*.OPT不再存在，原来程序CASE卡16-17列的数字不再有效；
- MH卡中的大部分参数已经被删除；
- 作图卡MV卡不再使用；
- 输出的曲线文件*.CUR在计算完成后就已经输出，不再需要按任意键直到所有曲线显示完毕；
- 输出的文本文件*.SWX文件可以用EXCEL文件打开；
- 如果在计算过程中需要看到更多的曲线，可以将输出代码改为9。

(8) 其它注意的问题

- 浮点数填写时尽量填写小数点；
- 计算步长一般推荐0.5周波，最好不要超过1.0周波；
- 支路电抗不要小于0.0001pu；
- 对于负荷相对较小的点，避免采用马达参数；