第9卷 第2期
1996年6月

盐城工业专科学校学报
Journal of Yancheng College of Technology

Vol. 9 No. 2
Jun. 1996

磁流体有源逆变系统逆变失败的分析*

王建冈
(盐城工专电气工程系,盐城,224003)

摘　要　分析了磁流体逆变系统逆变失败的原因、形式、过渡过程及系统中的参数对故障电流大小的影响。

关键词　逆变失败　故障电流

分类号　TM464

引　言

磁流体有源逆变系统是整体磁流体发电的能量变换装置中的一个重要环节,它介于电流合并电路与交流电网之间,如图1如示。逆变器的控制一侧要适应于合并电路的输出,而另一侧是交流电网,因而,逆变器的工作状态和稳定性受两者限制,这是磁流体发电逆变器的一个重要特点。

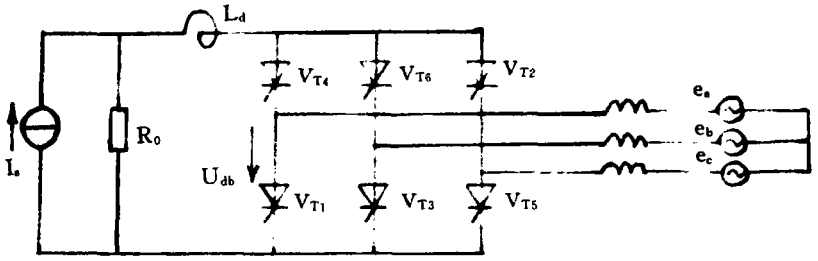

图1

逆变器正常运行时,能量从直流侧流向交流侧,若在运行中,出现逆变失败(此时,图1中的$U_{d\beta}$的极性改变),电路中两电源异极性相连,在线路中产生很大的过电流,将损坏设备,中断向交流电网输送功率。下面将分析磁流体有源逆变系统逆变失败的原因、形式、过渡过程及系统中的参数对故障电流大小的影响。

1　逆变失败的原因

造成磁流体有源逆变系统逆变失败的原因主要有:(1)磁流体发电机工况的变化,引起输出电流(或电压)的变化。(2)逆变系统内部故障,触发电路工作不可靠(脉冲延迟、脉冲丢失、误触发等)和晶闸管器质性损坏(如反向击穿)等。(3)交流电网电压发生畸变。

2　逆变失败的表现形式

逆变器逆变失败,从现象上看,是电流不能按正常换相程序,成功地由导通晶闸管转移到

* 收稿日期:1996－01－29

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

相继的晶闸管去，其表现形式有两种：一种是一次换相失败，故障电流经过接在变压器一个相

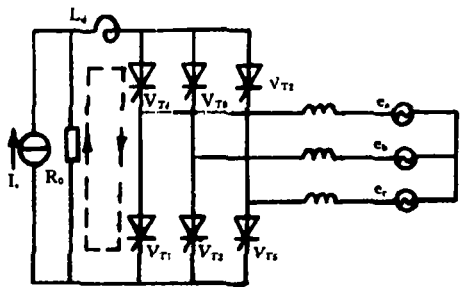

图 2

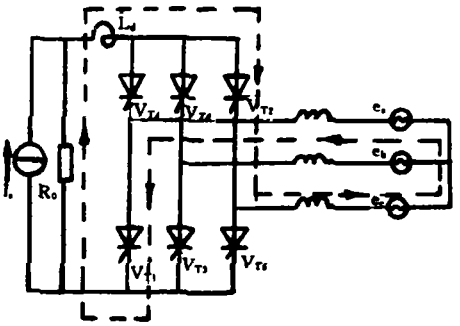

图 3

上的两个晶闸管，见图 2。在自然换向中，偶尔一次换向失败是能够自行恢复正常的。另一种是二次连续换向失败，见图 3，在变压器相间电压和直流电压的同时作用下，使变压器绕组和直流电路均有很大的故障电流通过。

在通常情况下，必须设法控制一次换相故障的发展，确保下一个换流晶闸管正常换相，避免二次换相失败，缩短故障过程，减小电流的增大，避免不正常的长时间导通。使逆变器从故障状态自行恢复正常。

为防止逆变失败，磁流体逆变系统采取了很多的保护措施，如采用微机进行燃弧角、定电流控制，晶闸管导通和关断状态检测、脉冲丢失检测和晶闸管击穿检测等等，在采取了上述控制保护措施后，由于种种原因，逆变系统仍发生了逆变失败，这就需要对其过渡过程作分析研究，为采取对策（比如设置强迫换流线路）提供依据。

3　逆变失败过程的分析和故障电流的计算

结合图 1 所示电路，以故障最严重的二次连续换相失败为例。

设 V_{T1}向 V_{T3}、V_{T2}向 V_{T4}两次换相失败，故障过程的波形见图 4，图中，约有半个周期，e_{ac}为正，使逆变器电压 U_{dp}为正，逆变器变成了整流运行。

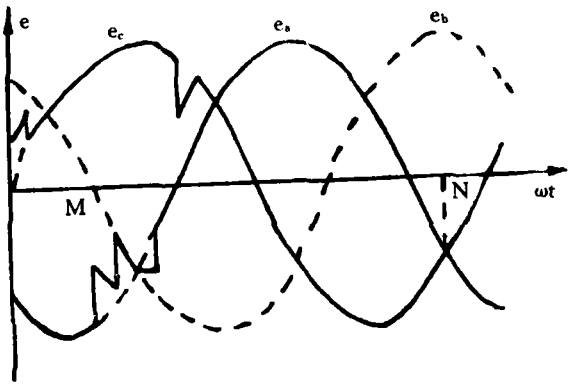

图 4

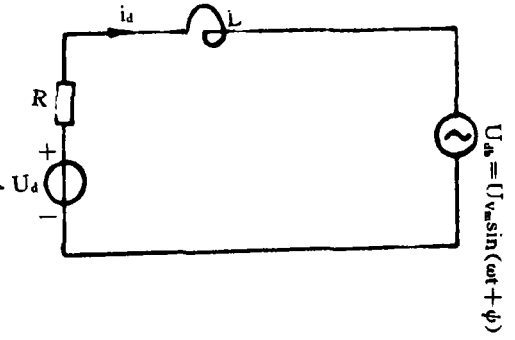

图 5

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

设交流电源的相电压的幅值为 V_{pm}，二次换相失败发生，发展过程(图4中的MN段)中，我们可近似认为 $U_{d\beta}=ec-ea$，那么

$$U_{d\beta}=U_{pm}\sin\omega t+U_{pm}\sin(\omega t+60°)$$
$$=\sqrt{3}U\,pm\sin(\omega t+30°)=U_{lm}\sin(\omega t+30°)$$

图5为二次连续换相失败时的等效电路。

其中：$V_d=I_sR_0$；$R=R_0+2r_T$(R_0 为电源内阻，r_T 为变压器单相电阻)；$L=L_d+2L_T$(L_d 为平波电感，L_T 为变压器单相电感)；U_{lm}为交流侧线电压的幅值；ψ 为交流侧线电压的初相位。

根据图5所示的电路，可列微分方程

$$U_d-U_{d\beta}=U_d-U_{cm}\sin(\omega t+\psi)=L\frac{di_d}{dt}+i_dR$$

设 $i_d(0)=0$，那么

$$i_d=\frac{U_d}{R}(1-e^{-(R/L)t})+\frac{U_{lm}}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}\sin(\omega t+\psi+A)$$
$$-\frac{U_{lm}}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}\sin(\psi+A)e^{-(R/L)t}\qquad A=\pi+\mathrm{arctg}(-\frac{\omega L}{R})$$

在实际系统中，直流侧电压 U_d、交流侧线电压幅值 U_{lm}确定，i_d 随R、L、t变化。

现以一模拟系统进行故障电流的计算。系统中的 $U_{lm}=63.6V$，$U_d=100V$。表1是L=20mH，R变化时的一组数据，表二是R=5Ω，L变化时的一组数据。

另外，表3列出了R=5Ω，L=20mH，$U_d=100V$，U_{lm}变化时的一组数据。

表1

R(Ω)	2	4	5	6	7	8
I_{max}(A)	52.3	32.8	27.6	23.9	21	18.7
I(A)	27.5	18.2	15.6	13.8	12.8	11.4

表2

L(mH)	1	5	10	12	14	16	18	20	25
ωt(度)	124	138	153	158	163	166	170	174	181
I_{max}(A)	32.7	32.1	30.8	30.1	29.5	28.9	28.2	27.6	26.2
I(A)	25.6	22.6	19.4	18.4	17.6	16.8	16.2	15.7	14.5

注：ωt 为电流从第二次换相失败开始到出现最大值的时间，以度表示；I_{max}为逆变失败达到的最大故障电流；I为故障在下一脉冲到达时的数值。

表3

U_{lm}(V)	50	63.6	70	75	82
I_{max}(A)	25.9	27.6	28.4	29.1	29.7
I(A)	16.2	15.7	15.4	15.2	15

4 系统中参数对故障电流大小的影响

(1)电阻R的影响　从表1可以看出，电阻R对 i_d 值的影响较大，但R大于某一数值后(模拟系统中R>5Ω)，影响趋于平缓。

(2)电感L的影响　平波电抗器在主电路中的作用，主要有三个方面：a、减小直流侧的交流脉动分量。b、小电流时保持电流连续。c、当主电路发生故障时，能抑制电流的上升速度。考虑以上作用时，则希望 L_d 值越大越好。

这里主要从发生故障时，抑制电流上升速度出发，看选择L值为多大合适，L值确定后($L_d=L-2L_T$ 也随之确定)，推算出直流侧允许的各次谐波电压值。

分析表2中的数据，可看出L越大，对电流上升速度抑制作用越大，但到了一定数值(模拟系统中L=20mH)后，效果就不明显了。 (下转第23页)

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

从表 1 中可以看出，在土质条件基本相同的情况下，每米桩长用 55Kg 水泥的粉喷法加固效果和按磷石膏：水泥＝1：4 的比例配粉，每米桩长总用灰为 50Kg 的粉喷法加固效果相比，后者复合地基承载力基本值略高于前者。

四、结论

采用磷石膏代替部分水泥作粉喷法的固化剂的研究成果，可以在苏北沿海地区软土地基加固工程中推广使用。如果用于深层搅拌浆喷法，施工过程中将不会出现增加工序的问题，因此，更有推广价值。

由于施工中磷石膏和水泥、土搅拌均匀程度比试验室内差，并且，磷石膏水泥土比水泥中每米桩长用灰量少，因此，在水泥中掺入磷石膏搅拌成水泥土之后，对复合地基的承载能力虽然有所提高，但是，其提高幅度没有根据室内试验结果预估的那样大。

参考文献

1　毛永祥. 粉喷法加固软土地基新技术综述. 华东公路. 1992，2

2　黄新，周国钧. 软土地基水泥固化剂适用条件浅析. 第七届土力学及基础工程学术会议论文集. 中国建筑工业出版社. 1994，10

3　胡同安，杨晓刚，刘毅. 水泥——磷石膏固化剂的试验研究. 第七届土力学及基础工程学术会议论文集. 中国建筑工业出版社. 1994，10

4　中华人民共和国国家标准. 建筑地基处理技术规范(JGJ79—91)

(上接第 16 页)

二次逆变失败后，采取的对策主要是在有效时间内(下一个脉冲到达之前)，关断逆变器工作，在下一个脉冲到达时，逆变系统再恢复正常工作。逆变失败后，线路中产生过电流，这时应考虑避免损坏晶闸管。晶闸管承受的过电流不能超过其允许的浪涌电流 I_M，$I_M=6I_T$，I_T 为通态平均电流。另外要考虑到关断逆变器工作时，由于电感存在，产生了电压 $L\frac{di_d}{dt}$，这个电压应小于晶闸管能承受的峰值电压。在表 1 到表 3 中，均列出了逆变失败后，在下一个脉冲到达时故障电流的大小，提供了必要的数据。

表 3 给出了交流侧线电压的大小对故障电流的影响，其他条件一定时，电压愈高，故障电流愈大。

参考文献

1　徐以荣，冷增祥. 电力电子学基础

2　任国先　电力电子技术. 上海科学技术文献出版社

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net