

变频器用制动电阻选型

(编著：北京德润电器有限公司)

关于制动电阻的选择，也是读者询问得较多的一个问题，归纳起来，大致有以下三个方面：

(1)各种资料对于准确计算制动电阻的方法比较一致或接近，但不易计算，尤其是难以得到拖动系统的飞轮力矩(GD2)的数据；

(2)各种资料介绍的近似算法的计算结果不大一致，难以适从；

(3)按照说明书配置的制动电阻，也会冒烟或烧坏，不知何故？

1 基础知识 1.1 变频调速系统的降速过程

众所周知，在变频调速系统中，电动机是通过不断地降低频率来减速的。随着频率的下降，同步转速(旋转磁场的转速)也下降，电动机转子的实际转速超过了同步转速，转子绕组因正方向切割磁力线而处于再生制动状态。再生的电能反馈给直流回路，产生泵升电压。

1 引言

目前市场上变频器的制动方法大致有三种：能耗制动，直流制动，回馈（再生）制动。

目前关于制动电阻的计算方法有很多种，从工程的角度来讲要精确的计算制动电阻的阻值和功率在实际应用过程中不是很实际，主要是部分参数无法精确测量。目前通常用的方法就是估算方法，由于每一个厂家的计算方法各有不同，因此计算的结果不大一致。

2 制动电阻的介绍

制动电阻是用于将电动机的再生能量以热能方式消耗的载体，它包括电阻阻值和功率容量两个重要的参数。通常在工程上选用较多的是波纹电阻和铝合金电阻两种：波纹电阻采用表面立式波纹有利于散热减低寄生电感量，并选用高阻燃无机涂层，有效保护电阻丝不被老化，延长使用寿命，台达原厂配置的就是这样的电阻；铝合金电阻易紧密安装、易附加散热器，外型美观，高散热性的铝合金外盒全包封结构，具有极强的耐振性，耐气候性和长期稳定性；体积小、功率大，安装方便稳固，外形美观，广泛应用于高度恶劣工业环境使用。

3 制动电阻的阻值和功率计算

3.1 刹车使用率 ED%

制动使用率 ED%，也就是台达说明书中的刹车使用率 ED%。刹车使用率 ED%定义为减速时间 T1 除以减速的周期 T2，制动刹车使用率主要是为了能让制动单元和刹车电阻有充分的时间来散除因制动而产生的热量；当刹车电阻发热时，电阻值将会随温度的上升而变高，制动转矩亦随之减少。刹车使用率 $ED\% = \text{制动时间} / \text{刹车周期} = T1 / T2 * 100\%$ 。（图 1）

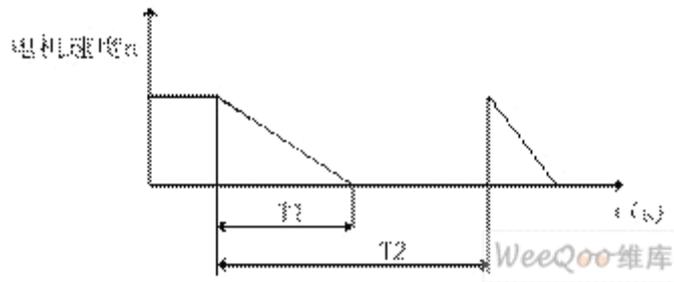


图 1 刹车使用率 ED%定义

现在用一个例子来说明制动使用率的概念：10%的制动频率可以这样理解，如果制动电阻在 10 秒钟能够消耗掉 100%的功率，那么制动电阻至少需要 90 秒才能把产生的热量散掉。

3.2 制动单元动作电压准位

当直流母线电压大于等于制动电压准位（甄别阈值）时，刹车单元动作进行能量消耗。台达制动电压准位如表 1 所示。

表一：电源电压的选择与 PN 直流电压的动作准位

230V 级 AC 电源电压	制动开始电压 + (P)、- (N) 母线 DC 电压	460V 级 AC 电源电压	制动开始电压 + (P)、- (N) 母线 DC 电压
190Vac	330Vdc	380Vac	660Vdc
200Vac	345Vdc	400Vac	690Vdc
210Vac	360Vdc	415Vac	720Vdc
220Vac	380Vdc	440Vac	760Vdc
230Vac	400Vdc	460Vac	800Vdc
240Vac	415Vdc	480Vac	830Vdc

容许输入电源电压 10% 的差值

3.3 制动电阻设计

(1) 工程设计。实践证明，当放电电流等于电动机额定电流的一半时，就可以得到与电动机的额定转矩相同的制动转矩了，因此制动电阻的粗略计算是：

$$R_B = \frac{2 * U_D}{I_{1/2}}$$

其中：

U_D 制动电压准位

I_{MNV} 电机的额定电流

为了保证变频器不受损坏，强制限定当流过制动电阻的电流为额定电流时的电阻数值为制动电阻的最小数值。选择制动电阻的阻值时，不能小于该阻值。

$$R_{Zmin} = \frac{U_D}{I_{MNV}}$$

根据以上所叙，制动电阻的阻值的选择范围为：

$$\frac{U_D}{I_{MNV}} < R \leq \frac{2 * U_D}{I_{MNV}}$$

制动电阻的耗用功率 当制动电阻在直流电压为的电路工作时，其消耗的功率为：

$$P_0 = \frac{U_D^2}{R}$$

耗用功率的含义：如果电阻的功率按照此数值选择的话，该电阻可以长时间的接入在电路里工作。

现场中使用的电阻功率主要取决于刹车使用率 ED%。因为系统的进行制动时间比较短，在短时间内，制动电阻的温升不足以达到稳定温升。因此，决定制动电阻容量的原则是，在制动电阻的温升不超过其允许数值（即额定温升）的前提下，应尽量减小容量，粗略算法如下：

$$P_B = \lambda * P * ED\% = \lambda * \frac{U_D^2}{R} * ED\%$$

为制动电阻的降额系数

$$\lambda = 1 - \frac{|R - R_B|}{R}$$

为实际的选用电阻阻值

P_B 为制动电阻的功率

（2）设计举例。根据以上的公式我们可以大致的推算出来我们需要的制动电阻的阻值和功率。以台达 VFD075F43A 变频器驱动 7.5KW 的电机作为例来说明，7.5KW 电机额定电流是 18A，输入电压 AC460，则有：

$$R_B = \frac{2 * U_D}{I_{M\Delta V}} = \frac{2 * 800}{18} = 88.9 \text{ 欧}$$

$$R_{B\min} = \frac{U_D}{I_{M\Delta V}} = \frac{800}{18} = 44.4 \text{ 欧}$$

因此制动电阻的阻值取值范围：

$$44.4 < R \leq 88.9$$

选择电阻阻值要选择市场上能够买到的型号和功率段为宜，选择阻值 75 欧。

$$P_B = \lambda * \frac{U_D^2}{R} * ED\% = 0.84 * \frac{800^2}{75} * 0.1 = 716W$$

根据实际的情况可以在计算的数值功率上适当的扩大。

4 结束语

制动电阻的阻值和功率的计算都是从工程的角度来考虑的，因此在实际的应用时需要结合现场的具体情况适当的该动，最终形成一个经济适用的选择方案。

制动电阻

百科名片

制动电阻器

制动电阻，是波纹电阻的一种，主要用于变频器控制电机快速停车的机械系统中，帮助电机将其因快速停车所产生的再生电能转化为热能。

目录

- [一、制动电阻的构件](#)
- [二、制动电阻的功用](#)
- [六、制动电阻的降额选择](#)
- [一、制动电阻的构件](#)
- [二、制动电阻的功用](#)
- [六、制动电阻的降额选择](#)

展开

编辑本段一、制动电阻的构件

- 1.1、陶瓷管：是合金电阻丝的骨架，同时具有散热器的功效；
- 1.2、合金电阻丝：扁带波浪形状，缠绕在陶瓷管表面上，负责将电机的再生电能转化为热能；
- 1.3、涂层：涂在合金电阻丝的表面上，具有耐高温的特性，功用是阻燃；

编辑本段二、制动电阻的功用

2.1、保护变频器不受再生电能的危害

电机在快速停车过程中，由于惯性作用，会产生大量的再生电能，如果不及时消耗掉这部分再生电能，就会直接作用于



变频器专用型制动电阻

变频器的直流电路部分，轻者，变频器会报故障，重者，则会损害变频器；制动电阻的出现，很好的解决了这个问题，保护变频器不受电机再生电能的危害；

2.2、保证电电源网络的平稳运行

制动电阻将电机快速制动过程中的再生电能直接转化为热能，这样再生电能就不会反馈到电源电网中，不会造成电网电压波动，从而起到了保证电源网络的平稳运行的作用。

三、制动电阻阻值的选择

制动电阻的选择除受到变频器专用型能耗制动单元最大允许电流的限制外，与制动单元也并无明确的对应关系，其阻值主要根据所需制动转矩的大小选择，

功率根据电阻的阻值和使用率确定。制动电阻阻值的选定有一个不可违背的原则：应保证流过制动电阻的电流 I_c 小于制动单元的允许最大电流输出能力，即： $R > 800/I_c$

其中：800 —— 变频器直流侧所可能出现的最大直流电压。

I_c —— 制动单元的最大允许电流。

为充分利用所选用的变频器专用型制动单元的容量，通常制动电阻阻值的选取以接近上式计算的最小值为最经济、同时还可获得最大的制动转矩，然而这需要较大的制动电阻功率。在某些情况下，并不需要很大的制动转矩，此时比较经济的办法是选择较大的制动电阻阻值、也因此可以减小制动电阻的功率，从而减少购买制动电阻所需的费用，这样的代价是制动单元的容量没有得到充分利用。

四、制动电阻电阻功率的计算

在选定了制动电阻的阻值以后，应该确定制动电阻的功率值，制动电阻功率的选取相对比较繁琐，它与很多因素有关。

制动电阻消耗的瞬时功率按下式计算： $P_{瞬} = 7002 / R$

按上式计算得到的制动电阻功率值是制动电阻可以长期不间断的工作可以耗散的功率数值，然而制动电阻并非是不间断的工作，这种选

取存在很大的浪费，在本产品中，可以选择制动电阻的使用率，它规定了制动电阻的短时工作比率。制动电阻实际消耗的功率按下式计算：

$P_{\text{额}} = 7002 / R \times rB\%$ $rB\%$ ：制动电阻使用率。

实际使用中，可以按照上式选择制动电阻功率，也可以根据所选取的制动电阻阻值和功率，反过来计算制动电阻所能够承受的使用率，从而正确设置，避免制动电阻过热而损坏。

五、制动电阻使用率的确定

制动电阻使用率规定了制动电阻的使用效率，以避免制动电阻过热而损坏，它会影响制动单元的制动效果。

制动电阻的使用率设置越低，电阻的发热程度越小，电阻上消耗的能量越少，制动效果越差。同时，制动单元的容量也没有得到充分利用。

理论上讲，制动电阻使用率为 100%时，对制动单元容量的利用最充分，制动效果也最明显，然而这需要较大的制动电阻功率的代价，使用者应

综合考虑。

在制动电阻阻值和功率都已经确定的前提下，对于减速较慢的大惯性负载，选取较低的电阻使用率会取得较好的效果。对于需要快速停机

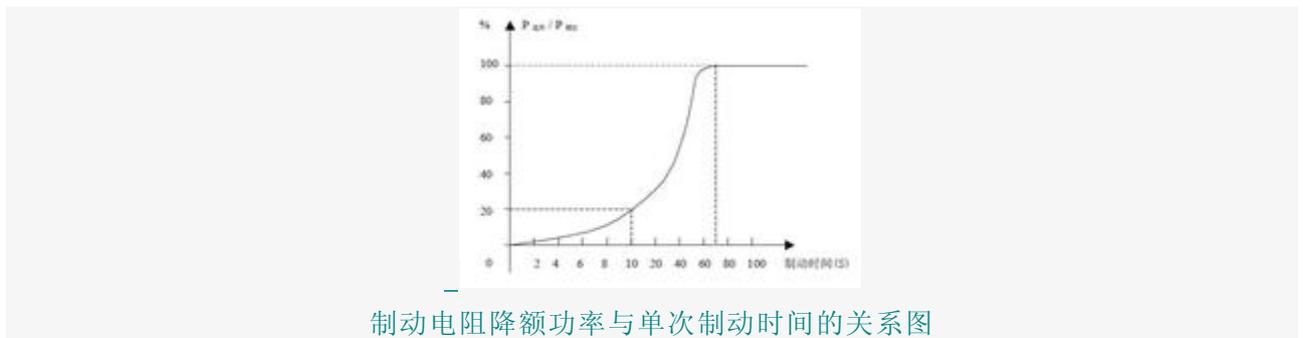
的负载，宜选取较大制动电阻使用率。

编辑本段六、制动电阻的降额选择

按照上述方法计算得到的制动电阻功率是足够的，根据负载性质的不同，还可以进一步降额选择。

6.1、非重复制动

所谓非重复制动，是指拖动系统在一个相当长的时间内只有一次减速制动过程，因此制动电阻在该段时间内只有一次消耗能量的过程，制



制动电阻降额功率与单次制动时间的关系图

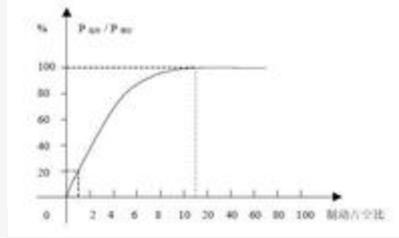
动电阻的功率也因此可以进一步减小，减小的幅度决定于制动电阻的耐冲击能力和单次减速制动的动作时间。

不考虑制动电阻耐冲击能力的因素，在非重复制动系统中，制动电阻的功率降额与单次减速制动时间的关系见《图：制动电阻降额功率与单次制动时间的关系图》；

可见，在制动时间小于 10S 的情况下，制动电阻的功率可选择到降额到 20% 以下。

6.2、重复制动

有些机械是需要反复制动的，如起重机械和龙门刨床等，在重复制动且制动时间较短的情况下，制动电阻的选用功率 $P_{\text{选用}}$ 与制动占空比（每次制动时间 t_b 与每两次制动之间的时间间隔 t_c 之比 t_b/t_c ）有近似线性关系。制动占空比越小，制动电阻功率的降额使用的幅度越大（ $P_{\text{选用}}/P_{\text{额}}$ 越小）。通过《图：制动电阻功率与制动占空比的关系图》可了解这种对应关系。



制动电阻功率与制动占空比的关系