

文章编号:1007-6492(1999)03-0098-03

## 低压电动机的保护接线及短路保护元件特性分析

范迎珍<sup>1</sup>, 谈 晖<sup>2</sup>

(1. 郑州工业大学河南塑料模具中心, 河南 郑州 450002; 2. 黄河水利委员会勘探规划设计院, 河南 郑州 450003)

**摘 要:** IT 系统和 TN-C 系统是低压保护接线的两种常见形式, 对其应用于低压电动机的保护特性进行了比较, 并结合保护元件 NT、RTO 熔断器和断路器的安秒特性, 进一步阐明几种保护元件在低压系统典型接线中的保护特点. 对于普通的电动机保护可采用 HT 熔断器, 对重要的电动机进行保护时, IT 系统应选择带零序保护的断路器, TN-C 系统应采用断路器进行保护.

**关键词:** 低压电动机; 保护接地; 断路器; 熔断器; 短路保护

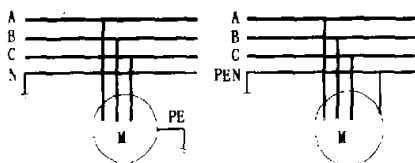
**中图分类号:** TM 772; TM 774

**文献标识码:** B

低压电动机的保护接线及低压系统短路保护是一种在设计与生产应用中经常碰到的问题. 本文选用目前广泛采用的 TT 和 TN-C 保护接线系统, 将其应用于低压电动机的保护中, 并对短路保护——断路器和熔断器进行探讨, 在给定低压电动机有关技术参数与系统原理接线等值计算的基础上, 选择出一种可靠的保护控制方案.

### 1 TT 系统和 TN-C 系统的特点

低压电动机的保护接线有两种较为典型的方式, 即 TT 系统和 TN-C 系统, 如图 1 所示.



(a) TT 系统接线

(b) TN-C 系统接线

图 1 保护接线形式

正常工作时, 对于 TT 系统而言, 由于直接接地, 用电设备金属外壳正常为零电位; 而 TN-C 系统则由于三相负荷不平衡, 使中性线内有电流通过造成中性线带有一定的电位, 电位高低与中性线的阻抗及通过中性线的电流大小成正比, 一般为几伏至十几伏, 最不利的情况可高达数十伏. 由于 TN-C 系统的外壳与中性线相连, 也将出现

此电位, 此时如有人触及此外壳, 可能会承受较高的接触电势, 造成危险, 因此, 设计中应尽量做到三相负荷平衡, 选用较大截面的中性线, 就可降低中性线电位. 只要措施得当, 就会避免造成危害. 在中性线断裂时, TT 系统的单相负荷仅仅是停止工作, 而 TN-C 系统不仅单相负荷停止工作, 而且断裂后所有设备外壳都将出现近似于相电压的高电位, 非常危险. 由以上分析可知, TN-C 系统不如 TT 系统安全可靠.

### 2 短路保护的选择

断路器和熔断器是低压系统短路保护最常用的元件, 其参数选择一般是以保护元件出口处最大短路电流为依据. 一般情况下, 由于低压厂用电系统的三相短路电流最大, 因此该值就成为保护元件校验值. 对于一般低压系统来说, 三相短路电流值最大为 20~50 kA 左右, 常用的低压开关如 DZ20, DWX15, ME 系列均可满足要求, 而 NT 系列熔断器具有 50 kA 及以上分断能力, 因此, 按最严峻的情况选择保护元件没有什么困难.

要保证保护元件可靠动作, 必须提供足够的短路电流. 中性点直接接地的低压用电系统中, 单相短路电流要比三相短路小得多, 因此, 单相短路电流也是保护元件选择的校验条件.

由于三相短路为对称短路, 因此无论 TN-C

收稿日期: 1999-04-08; 修订日期: 1999-05-28

基金项目: 橡塑模具国家工程研究中心建设项目 (J950000303076)

作者简介: 范迎珍 (1963-), 女, 山西省榆次市人, 郑州工业大学工程师, 主要从事低压配电方面的研究.

系统,还是 TT 系统,短路电流都是相同的;对于单相接地故障,两系统的短路电流是不同的<sup>[1]</sup>

$$I_d = \frac{V_x}{\sqrt{(\sum R)^2 + (\sum x)^2}} \quad (1)$$

式中:  $V_x$  为低压系统相电压;  $\sum R$  为相与零回路间电阻之和;  $\sum x$  为相与零回路间电抗之和。

式(1)为单相短路电流计算公式,相回路中的电阻和阻抗包括变压器的计算阻抗,电缆回路的阻抗,设备的接触电阻;零回路的阻抗为电缆中性线阻抗、电缆金属铠装层和接地(或接零)扁钢阻抗的并联值。对于 TN-C 系统,采用四芯电缆,零回路阻抗为中性线与电缆金属铠装层的并联阻抗。TT 系统采用三芯电缆,零回路阻抗为电缆金属铠装层与接地扁钢的并联阻抗,常规设计中接地扁钢按两根 40 mm×4 mm 计算。由于钢的阻抗远大于铝,因此 TT 系统零回路阻抗大于 TN-C 系统,而单相短路电流小于 TN-C 系统<sup>[2]</sup>。图 2 所示为低压系统的典型接线。 $R_1$ 、 $R_2$  为保护元件(断路器或熔断器); $L_1$  和  $L_2$  为电缆, $M$  为低压电动机。表 1 为负荷大小一定,变压器容量  $S_e=800$  kVA,电缆长度不同时,两种系统单相接地短路电流计算值,从计算结果可以看出,TN-C 系统的单相短路电流值比 TT 系统大得多;由于 TT 系统短路电流过小,所以无法保证保护元件可靠动作,因此,要保证保护元件具有足够的灵敏度,应增加零序保护装置。TN-C 系统虽然具有较大的短路电流,但由于其外壳带电的不安全性,因此其应用也受到了一定的限制。

表 1 单相接地短路电流计算

电机功率 $P_e/\text{kW}$	电缆(VLV22)参数		单相接地短路电流/A	
	$L_1$	$L_2$	TT	TN-C
7.5	3×35+1×16	3×6+1×4	770	850
	$L_1=100\text{ m}$	$L_2=10\text{ m}$		
	3×35+1×16	3×6+1×4	400	500
	$L_1=100\text{ m}$	$L_2=40\text{ m}$		
22	3×150+1×70	3×35+1×16	1250	2300
	$L_1=100\text{ m}$	$L_2=10\text{ m}$		
	3×150+1×70	3×35+1×16	650	1250
	$L_1=100\text{ m}$	$L_2=40\text{ m}$		
45	3×185+1×95	3×95+1×50	1000	2000
	$L_1=150\text{ m}$	$L_2=10\text{ m}$		
	3×185+1×95	3×95+1×50	800	1900
	$L_1=150\text{ m}$	$L_2=40\text{ m}$		

3 短路保护的 特性

断路器和熔断器是短路保护最常用元件。熔

万方数据

断器因价格低廉、短路容量大得到广泛应用;使用较多的是 NT 和 RTO 熔断器。

3.1 熔断器的 工艺特性

表 2 为熔断器选择公式,下面通过实例计算对比二者的保护特性。

表 2 熔断器的选择<sup>[1]</sup>

回路名称	单台电动机回路
熔断器	$I_c \geq \frac{I_Q}{a}$

说明:  $I_c$  为熔件额定电流;  $I_Q$  为电动机起动电流;  $a$  为熔件选择系数,对 RTO 取 2.5,对于 NT100 A 以下取 2.5,100~160 A 取 3,200 A 以上取 3.5。

以低压系统接线图 2 为例,首先确定熔断器  $R_2$  的值,  $R_2$  的选择见表 3:NT 型的  $I_c$  为 160 A, RTO 型的  $I_c$  为 200 A,其安秒特性曲线见图 3,图中  $I$  为短路电流, RTO200 A 的曲线除在 700~1000 A 与 NT160 A 基本重合外,在 700 A >  $I$  > 1000 A 时, RTO200 A 的曲线均位于 NT160 A 之上;当 700 A ≤  $I$  ≤ 1000 A 时,两种元件的动作灵敏度相似(能够同时熔断),当 700 A >  $I$  > 1000 A 时, NT160 A 的灵敏度都要高于 RTO200 A(熔断速度快)。

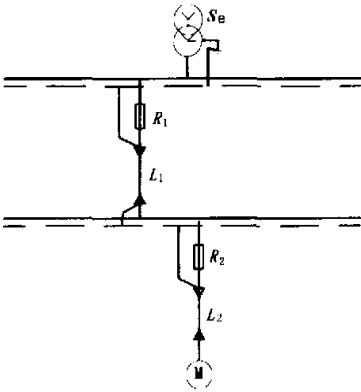


图 2 低压系统典型接线

表 3 熔断器的选择

电动机功率/kW	额定起动电流 $I_Q$ /A	额定工作电流/A	$I_c$ (NT)/A	$I_c$ (RTO)/A
30	398	57	160	200

下面确定图 2 中  $R_1$  的值,  $R_1$  根据级差配合的原则进行,级差配合是为了保证上下级保护元件动作的可选择性。电缆  $L_2$  出现短路故障时,  $R_2$  应该动作,上级保护元件  $R_1$  不应动作。RTO 和 NT 型熔断器级差配合方法有所差异。对于 RTO,根据短路电流大小级差为 2~5 级;假定回路  $L_1$  最大短路电流为 4 kA,此时级差为 4 级(200, 250, 300,

350 A 熔断配合时,只能选择 350 A 的熔件与 200 A 进行上、下级配合),  $I_e(R_2) = 350$  A; 对于 NT 熔断器,其熔断曲线方向误差  $\leq \pm 10\%$ , 保证前后级配合的额定电流比为 1:1.6,  $I_e(R_2) = 160 \times 1.6 \approx 250$  A. 由图 3 中可以看出, NT250 A 的曲线完全处于 RTO350 A 曲线下方, 所以说, NT250 A 的熔断速度比 RTO350 A 的快<sup>[1]</sup>.

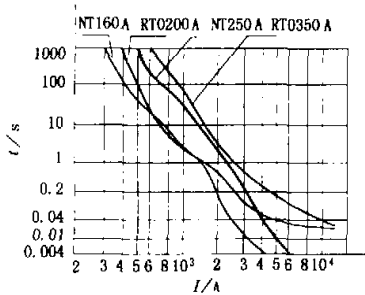


图 3 熔断器安秒特性曲线

综合  $R_1$ 、 $R_2$  两级保护的安秒特性, NT 明显优于 RTO, RTO 的选择受短路电流大小的影响, 而 NT 则不受影响. NT 熔断器还具有有限流特性, 它和交流接触器可组成 a 型或 c 型保护, 在发生短路时, 只损坏接触器, 不熔断熔丝. 因此, 如果要选择熔断器作保护, NT 应是首选.

### 3.2 断路器的工艺特性

断路器脱扣器的整定公式见表 4, 断路器与熔断器相比, 具有可调的高灵敏度. 仍以上例中的 30 kW 电动机保护作计算, 取  $K = 1.4$ , 则  $I_Z \geq 557$  A. 要保证 NT160 A 的熔断器动作, 则短路电

流必须大于 1 kA; 如果单相短路电流过小, 无法满足保护元件动作的灵敏度时, 断路器可与零序电流互感器配合来保证可靠动作, 此时就不能用熔断器作保护了; 在进行上、下级保护配合时, 断路器可通过改变脱扣电流或延时来实现分级保护, 而熔断器只能通过级差配合来实现. 由于熔断器的短路分断能力强, 在设计中常用 NT 熔断器加断路器的形式, 小的短路电流由断路器分断, 而大短路电流则由熔断器分断.

表 4 断路器的选择<sup>[1]</sup>

回路名称	单台电动机回路
断路器	$I_Z \geq KI_Q$

说明:  $I_Q$  为电动机起动电流;  $I_Z$  为脱扣器整定电流;  $K$  为可靠系数, 1.35 ~ 2.0.

## 4 结论

将 TT 及 TN-C 系统用于低压电动机保护各有优劣, 对于重要电动机进行保护时, TT 系统应选择带零序保护的断路器, TN-C 系统只用断路器即可, 如需增大单相短路电流, 可通过增大电缆的中性线截面获得; 对于普通电动机保护来说, NT 熔断器即可.

## 参考文献:

- [1] 戈东方. 电气工程电气设计手册电气一次部分[M]. 北京: 水利电力出版社, 1993.
- [2] 杜澍春. 交流电气装置的接地[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.

## Protection Wiring of Low-voltage Motors and Characteristic Analysis of Short-circuit Protection Component

FAN Ying-zhen<sup>1</sup>, TAN Hui<sup>2</sup>

(1. Henan Plastic Mold Center, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. Yellow River Conservancy Commission of Henan, Zhengzhou 450003, China)

**Abstract:** TT and TN-C system are typical of wiring of low voltage protection. This paper presents the idea to apply the two systems in low voltage electric motor protection, and compares two styles to show their advantages and shortcomings. Based on the wiring connections, with the "Ampere-Second" characteristic of the protection component HT, RTO fusion and circuit breaker, further analyze the protection characteristics of the several protection component in typical low voltage wiring. NT fusion is fit for the ordinary electric motor protection; when the TT system is used for the protection of important electric motor, the circuit breaker with zero-sequence protection should be selected. But for the TN-C system, circuit breaker is enough.

**Key words:** low-voltage motor; protection wiring; circuit breaker; fuse; short circuit protection