

关于《通用用电设备配电设计规范》第 2.3.5 条、第 3.5.5 和 3.5.6 条

专家意见的答复

针对部分专家希望对第 2.3.5-3 及 2.3.5-4 条继续推敲的意见，我们对电机起动过程进行了分析讨论，不当之处敬请指教。

一、关于第 2.3.5-3 及 2.3.5-4 条

原文：

2.3 低压电动机的保护

2.3.5 当交流电动机正常运行、正常起动或自起动时，短路保护器件不应误动作。短路保护器件的选择应符合下列规定：

- 1 正确选用保护电器的使用类别；
- 2 熔断体的额定电流应大于电动机额定电流，且其安秒特性曲线计及偏差后略高于电动机起动电流时间特性曲线。当电动机频繁起动和制动时，熔断体的额定电流应再加大 1~2 级。
- 3 瞬动过电流脱扣器或过电流继电器瞬动元件整定电流，应取电动机起动电流周期分量最大有效值的 2~2.5 倍。
- 4 当采用短延时过电流脱扣器作保护时，短延时脱扣器整定电流宜躲过起动电流周期分量最大有效值，延时宜大于 0.1 秒。

答复：

本条目的是：帮助设计人员如何确定保护电器的速断电流整定值。

电动机的起动过程：

从电源开关合闸开始，电动机转速从零到稳定转速的过程称之为起动过程。在该过程中电动机供电回路中的电流，称之为起动电流。起动电流呈现出从大到小最终到稳定工作电流的变化状态。由于这种变化状态是电动机必须要经过的正常状态，因此，我们设置保护装置的瞬时速断和短延时速断在

起动过程中应该躲过该电流的最大有效值。

下面，我们分析电机起动电流。首先，考虑电机的机械转动惯量较大，一般认为在开始的 **10** 个周波（**200ms**）内转速为零不变。分析此时起动电流变化过程，如果保护装置速断可正常工作，随着时间的加长，转速逐渐增加，反电势增加，电流将会随之减小，速断整定应能满足要求。

电动机等效电路见图 1、2

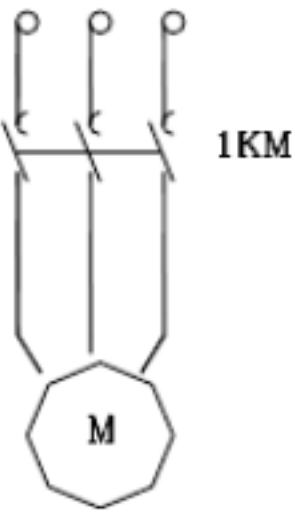


图1 电动机主回路

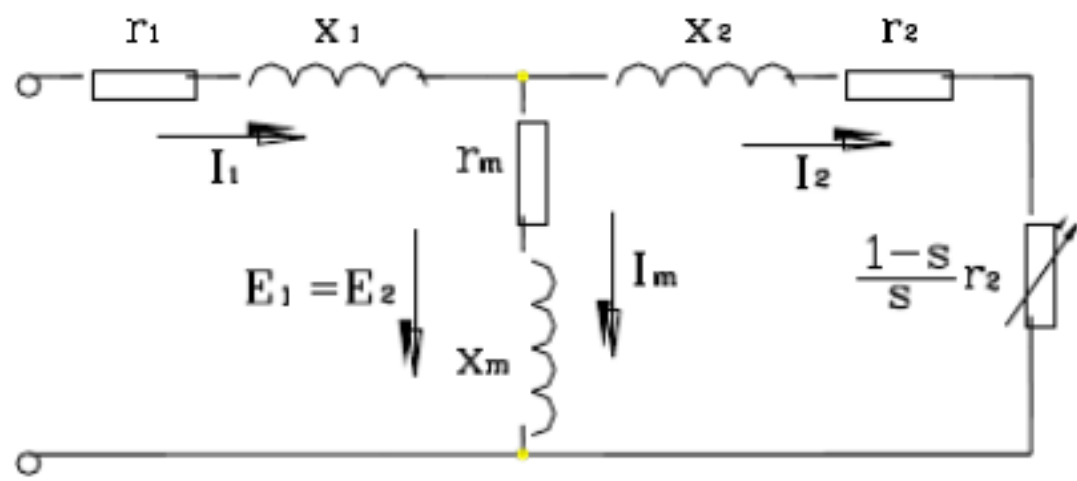


图2 异步电动机T形等效电路

异步电动机直接起动等效电路图见图 3、4（考虑起动初期 **S=1**）

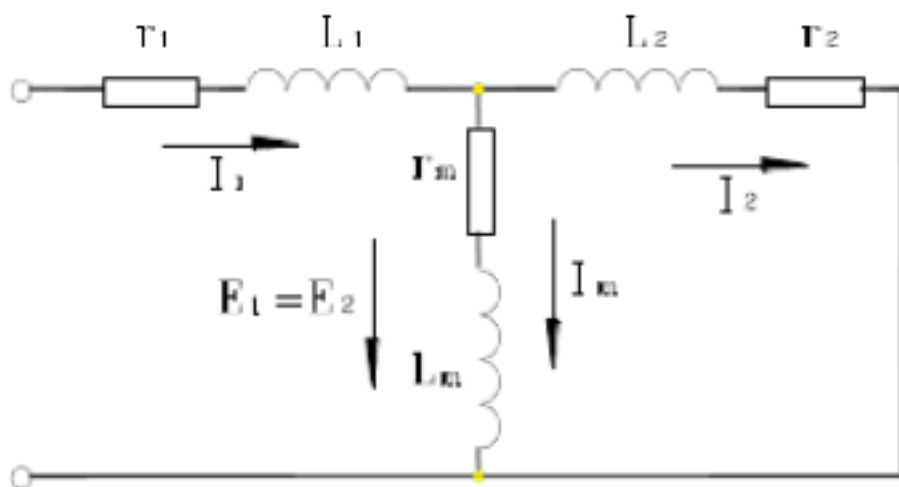


图3 异步电动机直接起动等效电路

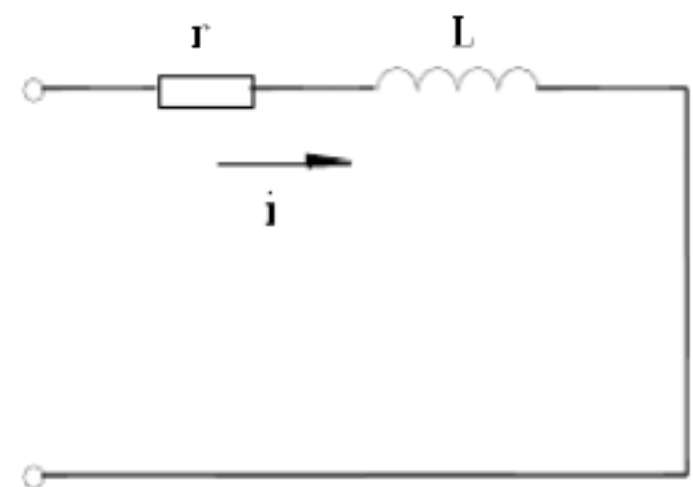


图4 异步电动机直接起动简化等效电路

根据异步电机直接起动的等效电路图，可得出如下方程：

$$L \frac{di}{dt} + ir = U_m \sin \omega t$$

$$i = -I_m \cos \omega t + I_m e^{-t/T}$$

$$I_m = U_m / Z$$

$$T = L / r$$

由上式可得电动机起动电流是由稳态周期电流分量 $-I_m \cos \omega t$ 和衰减的直流电流分量 $I_m e^{-t/T}$ 两部分组成，

电动机起动电流波形图见图 5

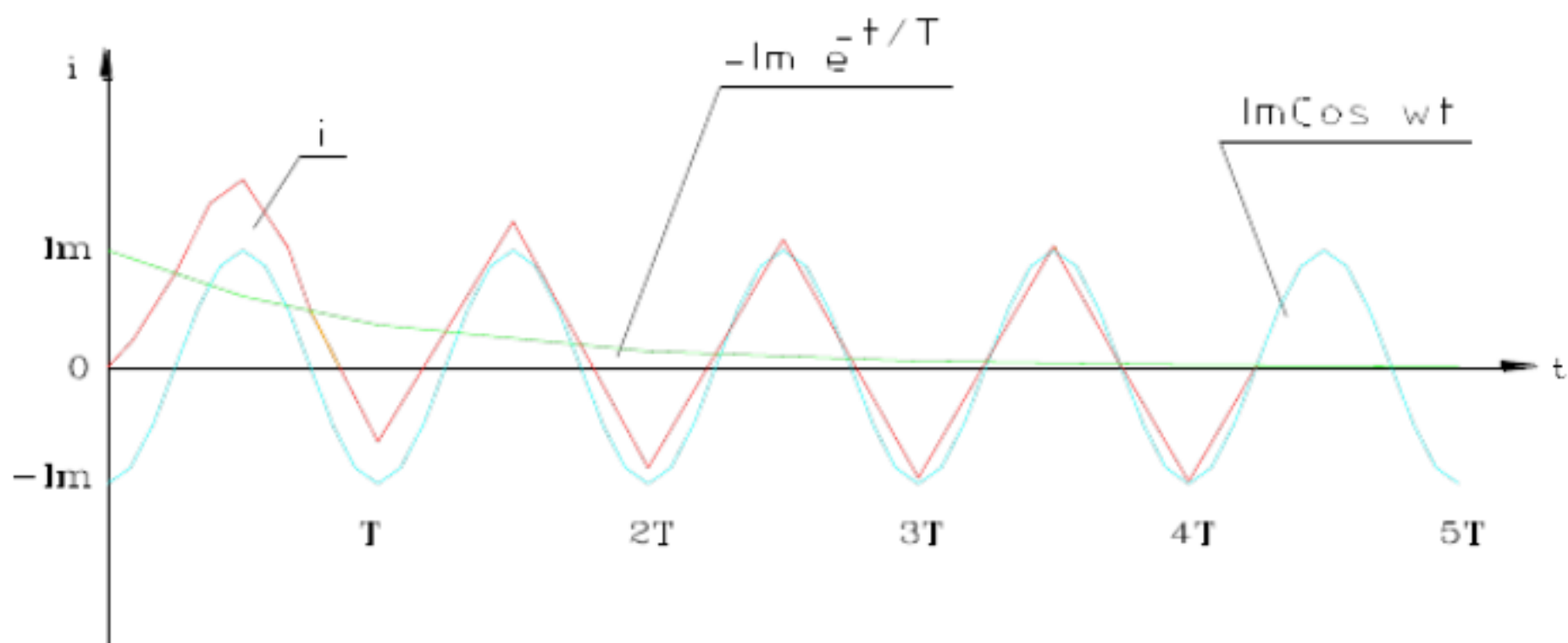


图5 异步电动机直接起动电流波形图

由图可见起动电流的最大瞬时值，即起动电流冲击值，将在起动经过半个周期后出现，在稳态周期电流分量最大值的 **1~2** 倍之间。通常约为稳态周期电流分量的 **1.8** 倍。

$$i_M = -I_m + I_m e^{-0.01/T} = (1 + e^{-0.01/T}) I_m = K_M I_m$$

$$\text{其中： } K_M = (1 + e^{-0.01/T}) \approx 1.8$$

起动电流有效值

$$I_t = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} i^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} (i_{\beta} + i_{\alpha})^2 dt} = \sqrt{(I_m / \sqrt{2})^2 + i_{\alpha}^2}$$

假设 t 在前后一个周期内 i_{α} 不变。由图 5 可知，起动最大有效电流值发生在起动后半一个周期内，其值为：

$$I_M = \sqrt{(I_m / \sqrt{2})^2 + (i_M - I_m)^2}$$

$$\text{当 } K_M = 1.8 \text{ 时 } \dots I_M \approx 1.51 \left(\frac{I_m}{\sqrt{2}} \right)$$

此处 $\left(\frac{I_m}{\sqrt{2}} \right)$ 是电动机起动电流周期分量最大有效值。电动机保护电器的瞬

时速断整定电流应大于电动机的冲击电流最大有效值 I_M 。考虑到系统可靠性，规范在此处选择 **2-2.5** 倍。

电机起动开始经过 **0.1** 秒即 **5** 个周波后，直流分量已衰减到忽略不计了。保护电器的短延时速断整定电流应大于电动机的稳态周期分量最大电流有效值。