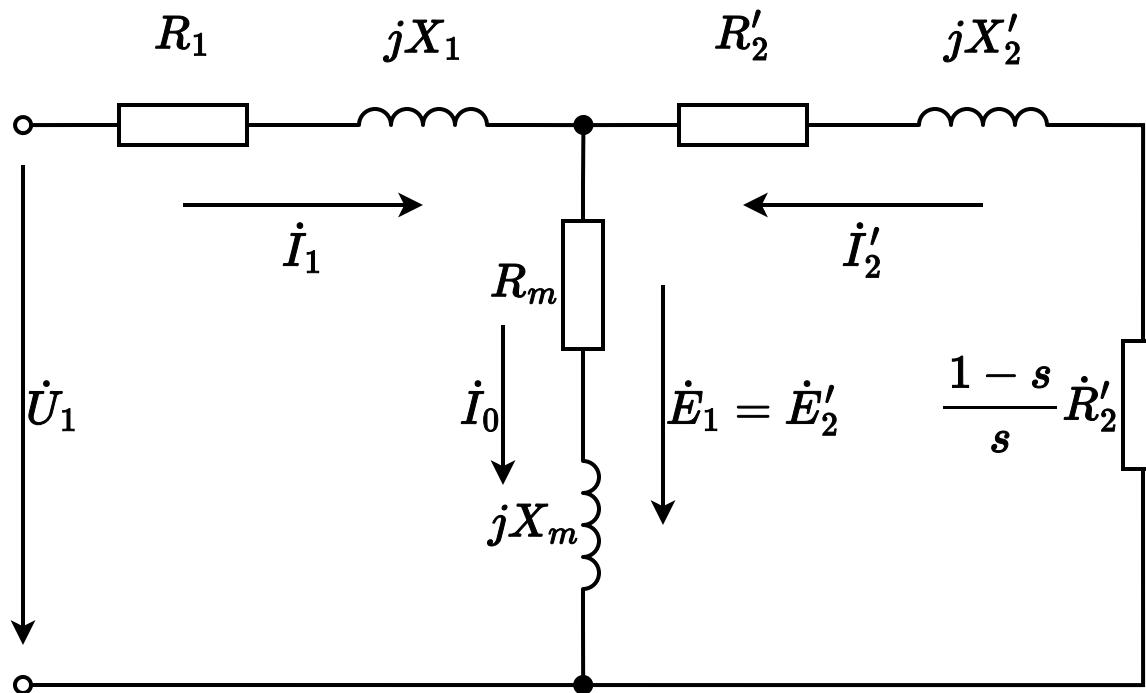


三相异步电动机 Y – △ 降压启动电路

周大添

上节回顾

三相异步电动机 T 型等效电路图



上节回顾

转子旋转时异步电动机的平衡方程

$$\left. \begin{array}{l} \dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1 \\ \dot{E}'_2 = \dot{I}'_2 \left(\frac{R'_2}{s} + jX'_2 \right) \\ \dot{I}_1 = \dot{I}_0 - \dot{I}'_2 \\ \dot{E}_1 = \dot{E}'_2 \\ \dot{E}_1 = -\dot{I}_0 Z_m \end{array} \right\} \quad (1)$$

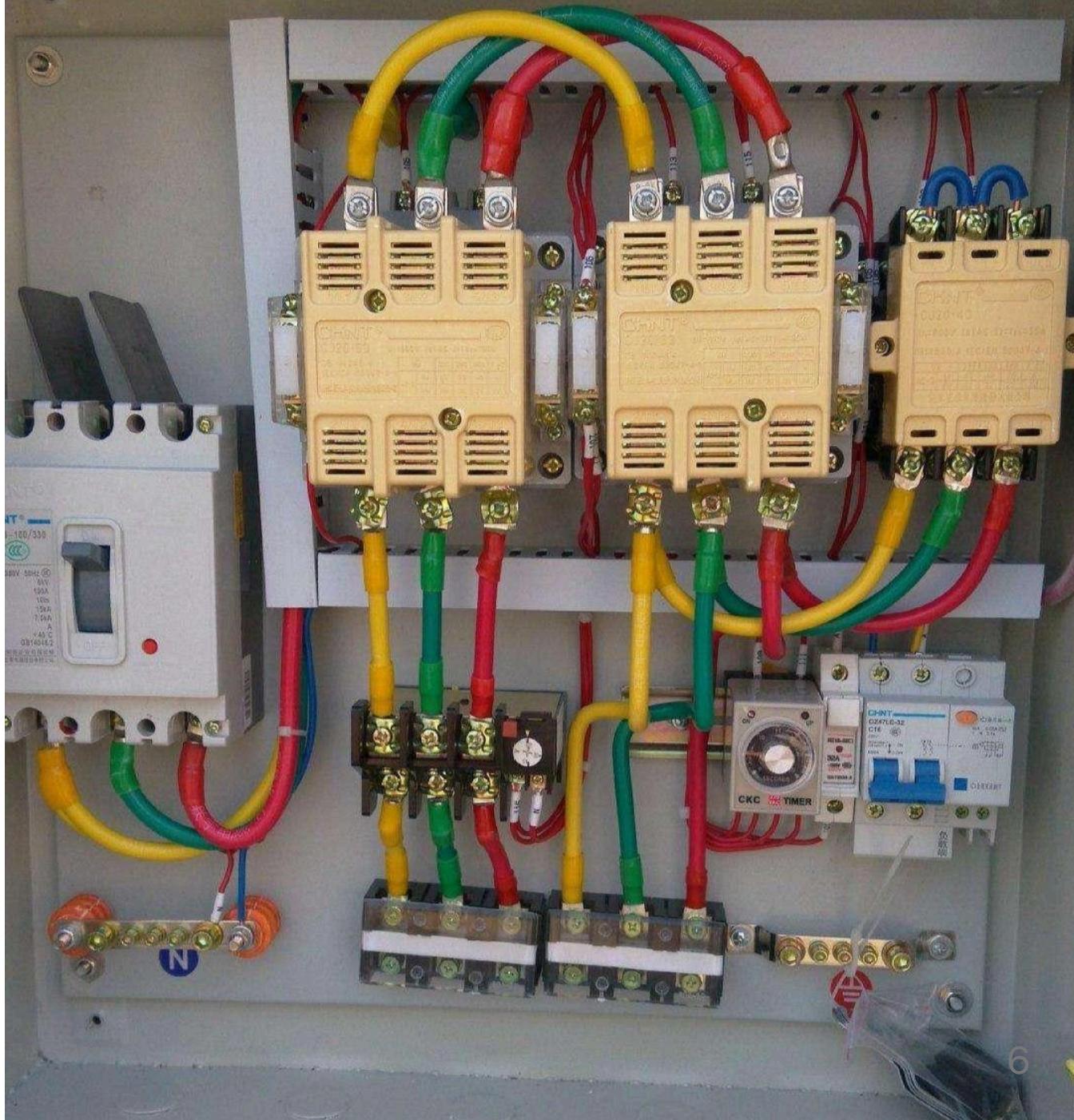
目 录

1. 异步电动机启动的条件
2. 启动电流和启动转矩
3. 直接启动及其问题
4. $Y - \Delta$ 启动原理
5. $Y - \Delta$ 启动控制电路

01

异步电动机启动的条件

三相异步
电动机
 $Y - \Delta$
降压启动
控制器
实物图



异步电动机启动的条件

启动电流要小

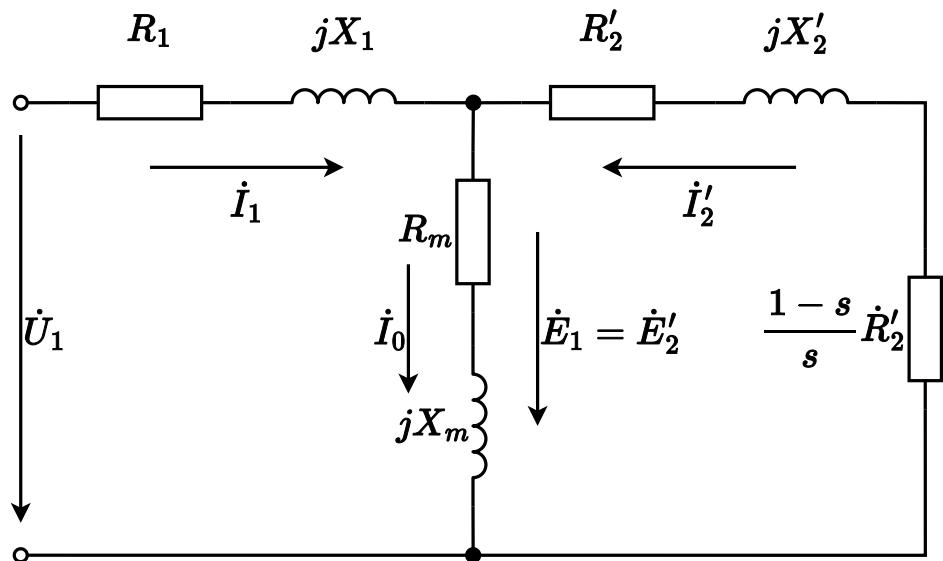
启动电流太大会对电机造成损伤，对电网产生冲击。

启动转矩要大

启动转矩太小将无法拖动负载。

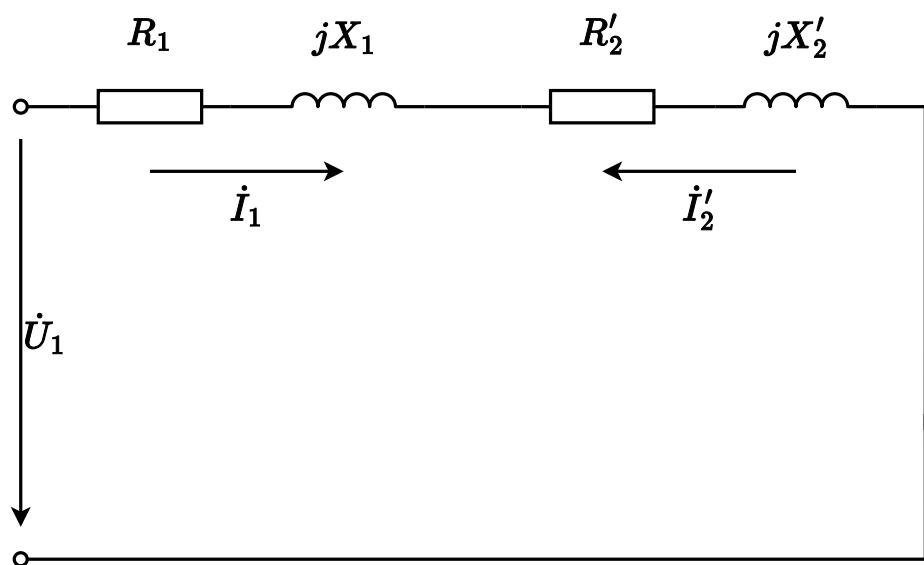
02

启动电流和启动转矩



异步电动机接电启动
的瞬间

- $n = 0$
- $s = 1$



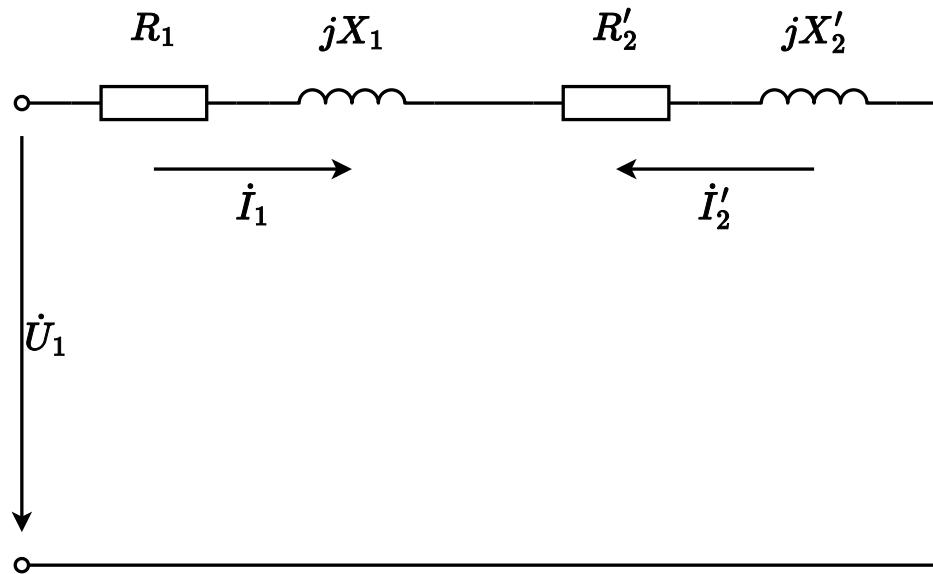
启动时 $s = 1$

负载阻抗 $R'_2 = 0$

励磁阻抗 Z_m 远远大于 漏阻抗 Z'_2

简化等效电路
忽略励磁支路

启动电流（相电流）



$$I_s = \frac{U_1}{Z_k} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad (2)$$

启动电流

一般笼型异步电动机阻抗标幺值 $Z_k^* = 0.14 \sim 0.25$ 。

在额定电压标幺值 $U_1^* = 1$ 下直接启动，启动电流标幺值

$$I_s^* = \frac{U_1}{Z_k^*} = 4 \sim 7$$

即

$$I_s^* = k_I = \frac{I_s}{I_N} = 4 \sim 7$$

启动转矩

启动转矩倍数

$$k_{st} = 0.9 \sim 1.3$$

| 想一想为什么？

结论

异步电动机启动时

- 启动电流很大 ($k_I = 4 \sim 7$)，
- 启动转矩并不大 ($k_{st} = 0.9 \sim 1.3$)。

03

直接启动及其问题

异步电动机直接启动

直接启动 指不采用其他启动设备，电机在额定电压和额定功率下直接启动。

在 **变压器容量较大，电机容量相对较小** 的情况下，笼型异步电动机可以采用直接启动。

额定功率在 7.5kW 以下的小容量笼型异步电动机可以直接启动。

降低启动电流的方法

异步电动机直接启动时启动电流 I_s^* 是额定电流的 4 ~ 7 倍。

过大的电流会导致

- 电机发热引起的 能量损耗 甚至 电机损坏,
- 变压器容量不足时导致的变压器 二次侧电压下降,
- 电路中的其他用电设备会因电压波动 运行不稳定,
- 甚至会导致 对电压波动敏感设备 (如电脑、路由器、交换机、工控机、服务器等) 的损坏。

降低启动电流的方法

为了避免启动电流 I_s^* 过大，根据

$$I_s = \frac{U_1}{Z_k} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad (2)$$

可以人工调节的变量有 U_1 和 R'_2 。

降低启动电流的方法

启动方法

- 降压启动
 - 定子串电抗（电阻）启动
 - $Y - \Delta$ 启动
 - 自耦变压器启动
 - 软启动
- 绕线形电机转子串电阻
 - 转子串电阻启动
 - 转子串频敏变阻器启动
-

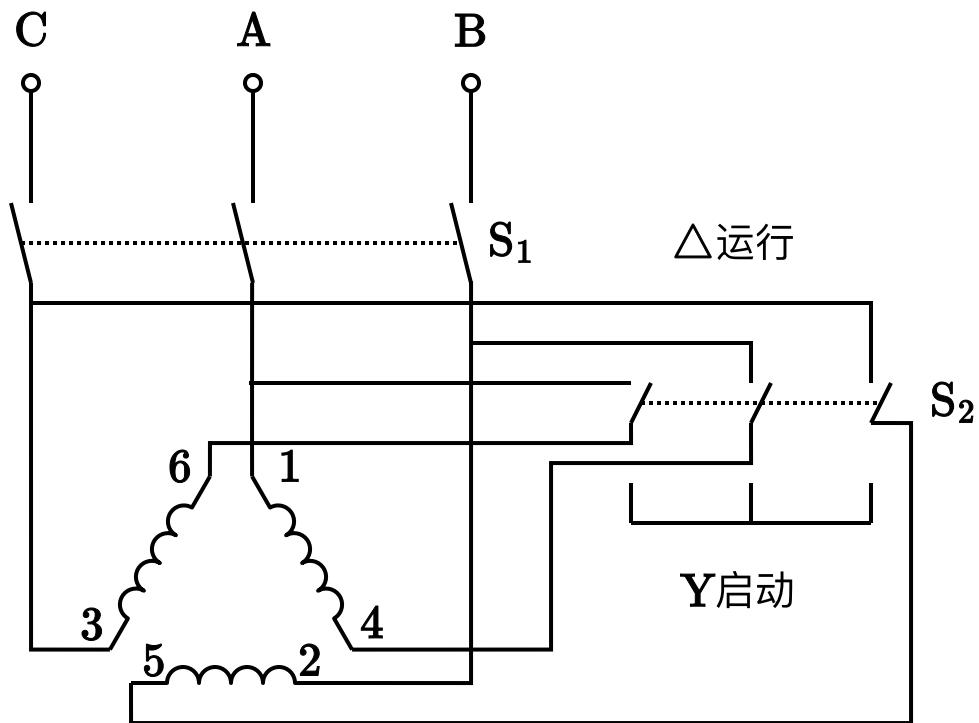
04

Y – △ 启动原理

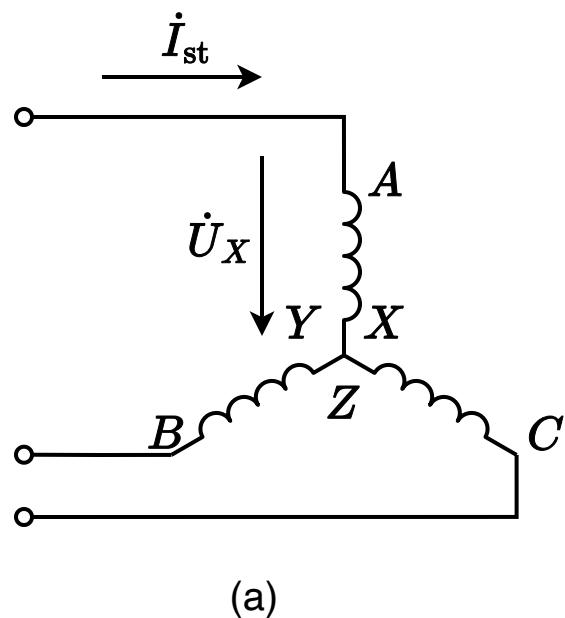
Y – △ 启动的条件

运行时定子绕组接成△形，且三相绕组首尾六个端点全部引出来的三相异步电动机才能采用 Y – △ 起动。

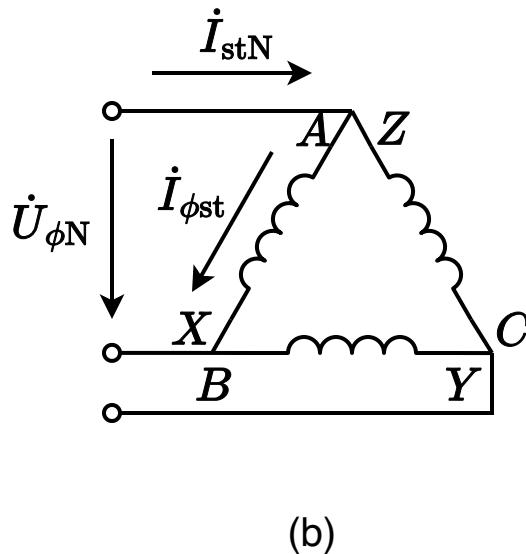
Y – △ 启动接线图



Y – △ 启动等效电路

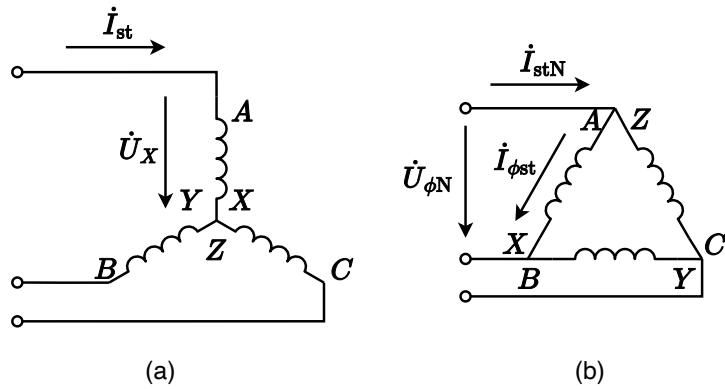


(a) Y 接法等效电路



(b) △ 接法等效电路

Y – △ 启动等效电路



由上图可以得到

$$\frac{U_X}{U_{\phi N}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

$$\frac{I_{st}}{I_{\phi st}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

Y – △ 启动线电流的关系

$$\frac{I_{st}}{I_{\phi st}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

△ 接法下 相电流 与 线电流 的关系有

$$\frac{I_{\phi st}}{I_{stN}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (5)$$

根据 (4) 式 (5) 式可得, Y 接法的启动 线电流 与 △ 接法的启动 线电流 之比

$$\frac{I_{st}}{I_{stN}} = \frac{1}{3} \quad (6)$$

Y – △ 启动转矩的关系

$$\frac{U_X}{U_{\phi N}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

$$T \propto U^2 \quad (7)$$

根据 (3) 式 (7) 式可得，Y 接法的启动转矩与 △ 接法的启动转矩之比

$$\frac{T_Y}{T_\Delta} = \frac{1}{3} \quad (8)$$

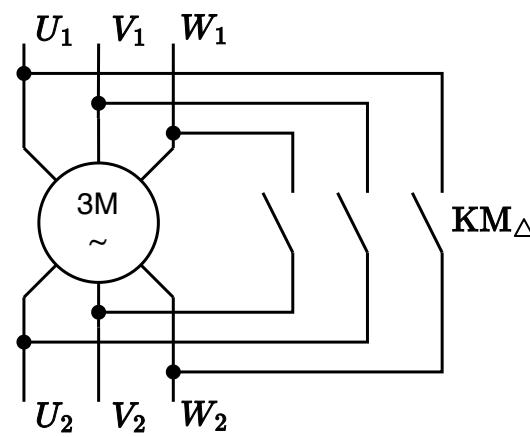
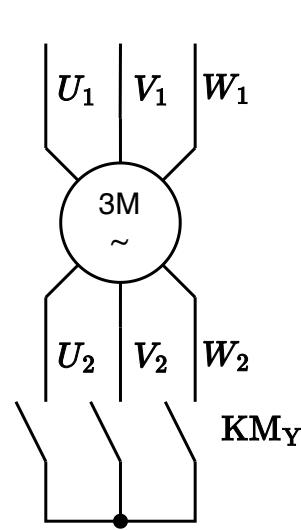
结论

Y 接法时的 线电流 I_{st} 与 转矩 T_Y 均为 △ 接法时的 $\frac{1}{3}$ 。

05

Y – △ 启动控制电路

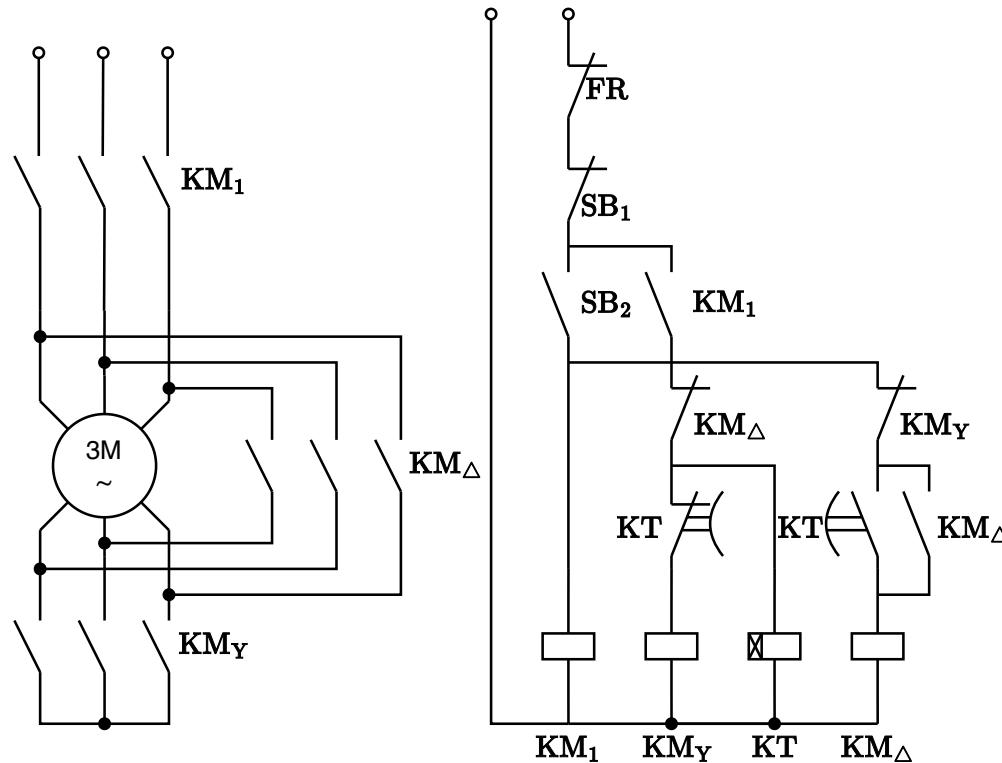
主电路



(a) Y 接法等效电路

(b) △ 接法等效电路

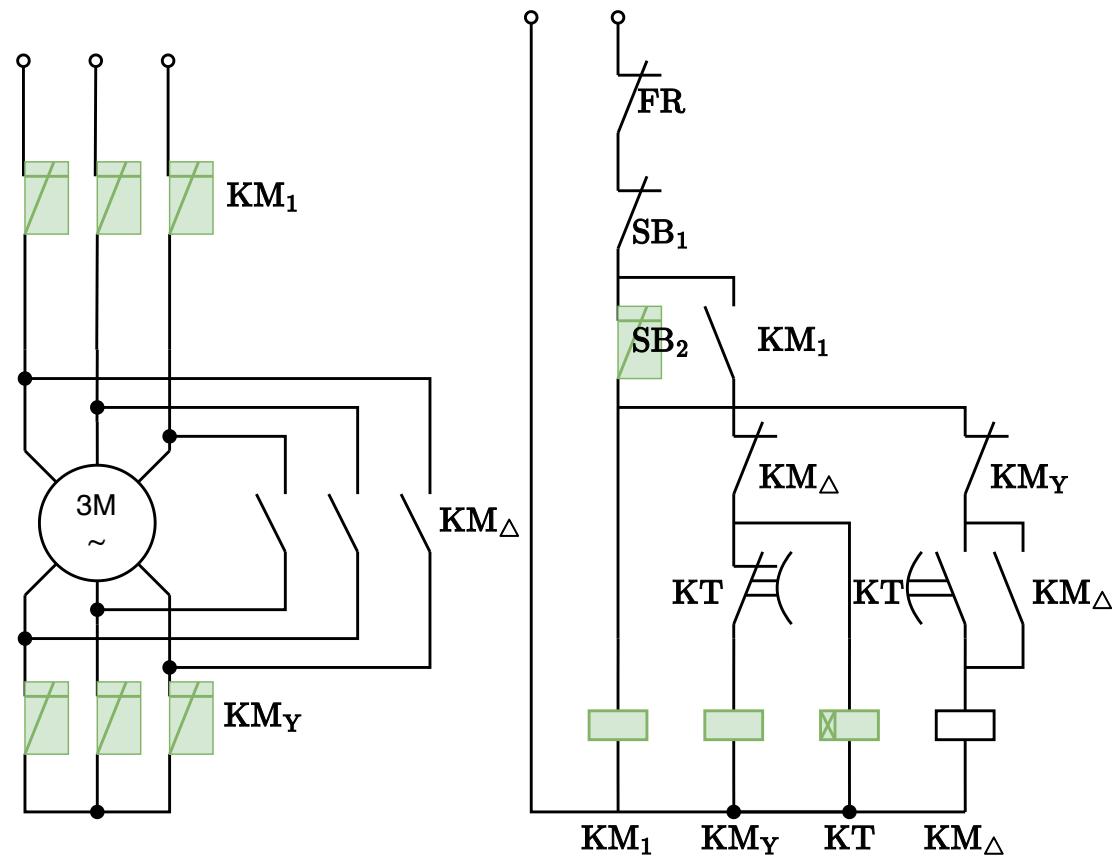
电机控制



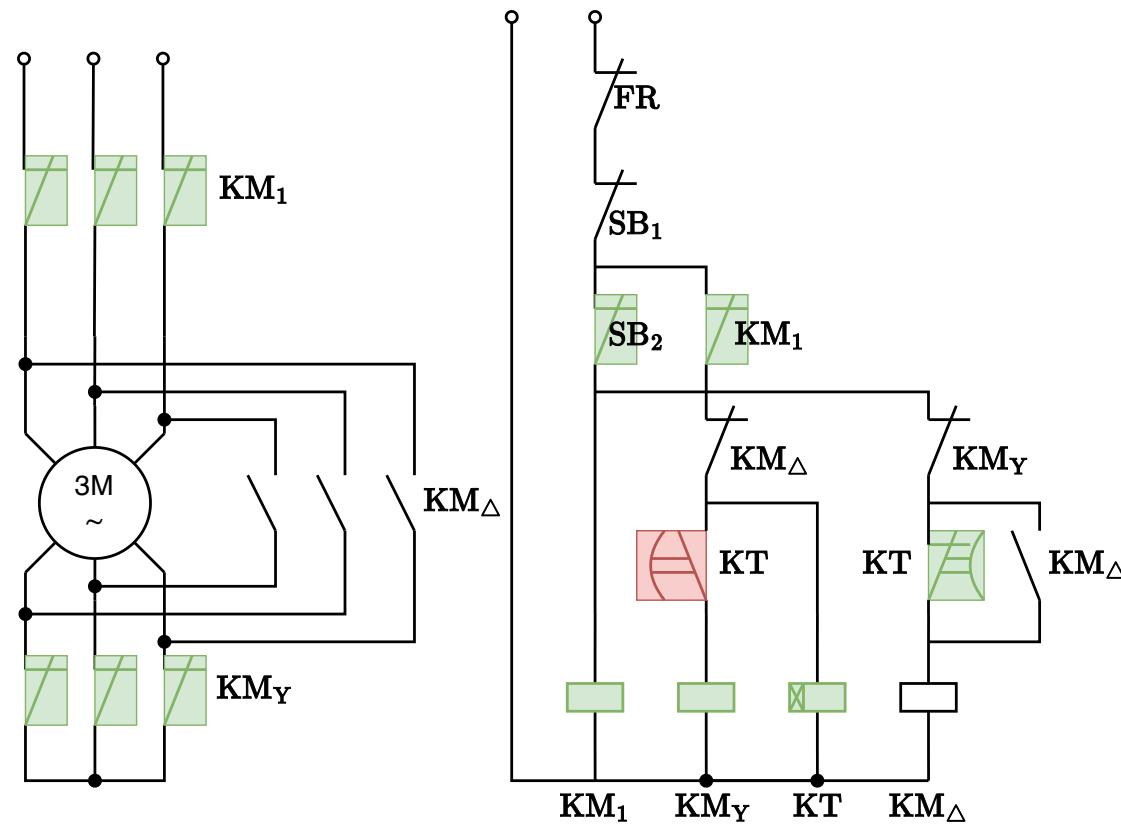
(a) 主电路

(b) 控制电路

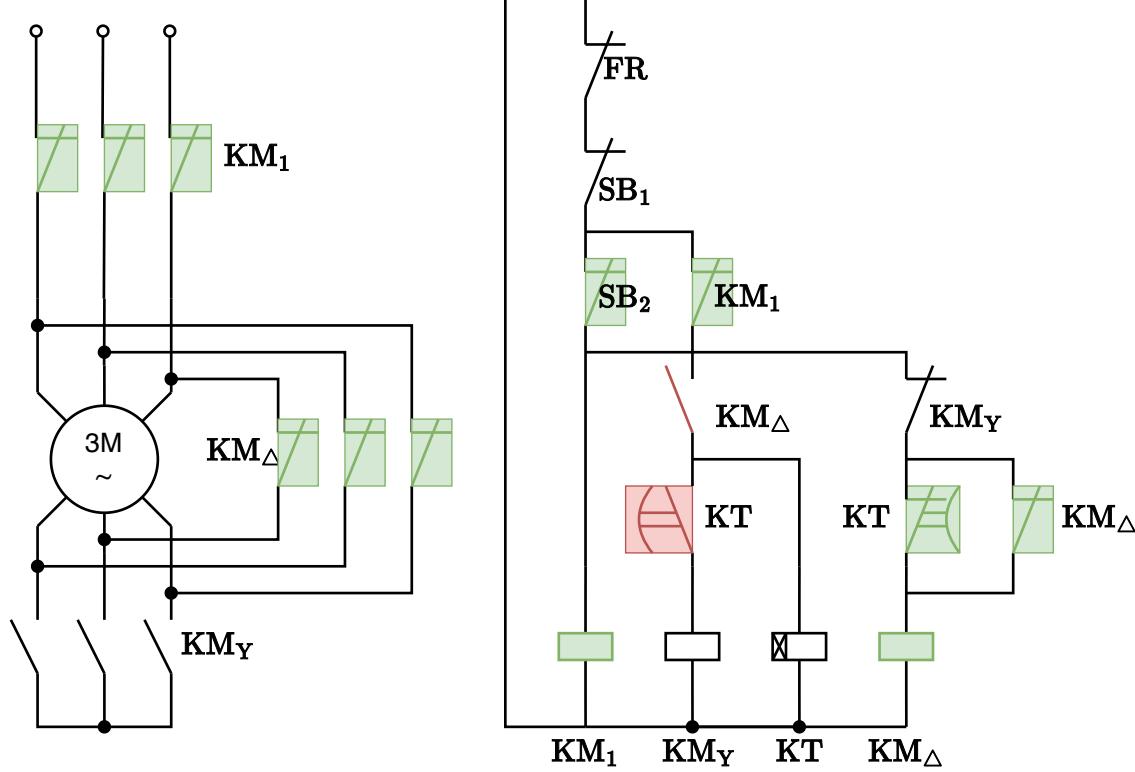
启动状态1



启动状态2



启动状态3



感谢聆听
