

1 直流电机的基本理论

1.1 直流电机的原理

1.1.1 直流电动机原理

1. 电枢: 绕轴转动的绕组
2. 换向片: 铜片, 换向过程中使用
3. 换向器: 换向片组合
4. 做功关系: 直流通过换向变成交流, 克服反电动势, 旋转

1.1.2 直流发电机原理

基础结构相同, 但是功能关系不同 1. 做功关系: 电机向负载输出电功率, 动机向电机输出机械功率。

1.2 直流电机的原理

1.2.1 主要部件

1. 定子:
 - 1) 主磁极: 励磁绕组绕在主磁极铁心上, 下方有极靴用来使气隙中磁场分布均匀, 起到固定励磁绕组的作用
 - 2) 换向磁极: 和电枢绕组串联, 在换向过程中抵消电流变化产生的电动势从而保护线路
 - 3) 机座
 - 4) 电刷装置
 - 5) 端盖
2. 转子:
 - 1) 电枢铁心:
 - 2) 电枢绕组: 相邻两个线圈的端部接到同一个换向片上, 不同的线圈之间为串并联关系
 - 3) 换向器:
 - 4) 转轴:
 - 5) 风扇:

1.2.2 励磁方式

他励, 并励, 串励, 复励, 后三个同是自励

以电枢 (电动机与发电机) 和励磁绕组的供电方式分类:

他励: 两部分分开供电

并励: 两部分同一个电源供电, 且并联

串励: 两部分同一个电源供电, 且串联

复励: 有两个励磁绕组, 一个串一个并 (两组串并组合都可以)

1.3 额定值

1. 额定电压 U_N

发电机 U_N : 输出电压额定值

电动机 U_N : 输入电压额定值

2. 额定电流 I_N

发电机 I_N : 输出电流额定值

电动机 I_N : 输入电流额定值

3. 额定功率 P_N

发电机 P_N : 输出电功率的额定值 ($U_N I_N$)

电动机 P_N : 输出机械功率的额定值 ($U_N I_N \eta_N$)

4. 额定转速 n_N

5. 额定励磁电压 U_{fN}

6. 额定励磁电流 I_{fN}

额定状态: UIPn 全额定

满载状态: $I = I_N$

1.4 直流电机的电枢反应

1.4.1 原理

直流电机工作时的磁通势

1. 励磁磁通势: 由励磁绕组通电流产生的磁通势, 在气隙之间磁感应强度基本相等

2. 电枢磁通势: 有电枢绕组通电枢电流产生

上述两磁通势合成为电机的工作总磁场, 在电机负载变化是, 电枢电流变化, 电枢磁通势变化, 使得合成磁通势也变化, 电枢磁通势对合成磁通势的影响称为电枢反应

1.4.2 影响

1. 磁场被扭歪, 使得磁场的物理中心线和几何中心线分开, 在电刷短路时换向线圈电动势不为零, 增加了换向困难

2. 一半磁极磁通增加, 一半磁极磁通减少。磁路不饱和时, 增加与减少的磁通相同, 每极磁通不变。磁路饱和时, 增加的少, 减少的多, 每极磁通减少, 电动势和电磁转矩随之减小

1.5 直流电机的电磁转矩和电动势

1.5.1 电磁转矩

1. 电磁转矩大小

$$T = C_T \Phi I_a$$

其中 $C_T = \frac{2pN}{\pi}$ 由电机结构决定, 称为转矩常数。T 单位 (N·m)

2. 电磁转矩方向: 由磁场方向和电枢电流 I_a 方向决定, 改变其中一个时改变转矩方向

3. 电动机中, 电磁转矩方向和转子转动方向相同, 为拖动转矩

发电机中，电磁转矩方向和转子转动方向不同，为制动转矩

1.5.2 电动势

1. 电动势大小

$$E = C_E \Phi n$$

其中 $C_E = \frac{4pN}{60}$ 时由电机结构决定的常数，称为电动势常数

2. 电动势方向: 由磁场方向和转子的转动方向决定，其中之一改变则电动势方向改变

3. 电动机中，电动势方向和电枢电流方向相反，为反电动势；

发电机中，电动势方向和电枢电流方向相同，为电源电动势

note:

$$\frac{C_E}{C_T} = \frac{2\pi}{60} = 9.55$$

1.6 直流电机的运行分析

1.6.1 他励电动机

1. 电流: 励磁电流

$$T_f = \frac{U_f}{R_f}$$

电枢电流:

$$I_a = \frac{U_a - E}{R_a}$$

$$I_a = \frac{T}{C_T \Phi}$$

note:1) 电枢电流变化特点 p195

2) 忽略空载转矩，电动机稳定运行时， $T = T_L$ 故电枢电流大小由 T_L, φ 决定

3) $I = I_{aN}$ 时为满载，允许短时间过载，过载能力 $\alpha_{MC} = \frac{I_{amax}}{I_{aN}}$

2. 转速

$$n = \frac{E}{C_E \Phi} = \frac{U_a - R_a I_a}{C_E \varphi}$$

$$n = \frac{U_a}{C_E \varphi} - \frac{R_a}{C_E C_T \Phi^2} T$$

机械特性显示为硬特性

note: 励磁电路断电时可能发生两种事故 1) 闷车电动机不断减速直到停转 I_a 过大可能烧坏

2) 飞车电动机不断加速直到超过允许值

3. 转向

1.6.2 并励电动机

1.6.3 串励电动机

1. 优点: 1)

2)

2. 转速

3. 机械特性

note:

1.6.4 复励电动机

1. 种类:

2. 优点:

1.7 直流电动机的功率和转矩

1.7.1 功率

1. 功率平衡方程式

2. 损耗

3. 功率转递过程

1.7.2 转矩

1. 输出转矩:

2. 电磁转矩:

3. 空载转矩:

note: 直流电动机在稳定运行时, 输出转矩等于负载转矩;

若忽略空载转矩, 则输出负载电磁三转矩相等

1.8 直流发电机运行分析

1.8.1 他励发电机

1. 空载运行:

空载特性:

2. 负载运行:

外特性:

1.8.2 并励发电机

1. 自励条件: 1)

2)

3)

2. 运行分析

1.8.3 串励发电机

1.8.4 复励发电机

1. 分类: