

异步电动机转子相感抗 X_{20} 计算方法分析

曹玉泉,艾清慧,白丽丽,张 岩

(大庆石油学院 电力工程系,黑龙江 大庆 163318)

[摘 要] 针对异步电动机转子相电阻 r_2 容易测量,而转子相感抗 X_{20} 不易测得,且尚无计算 X_{20} 关系式的现状,以电工理论为基础,定义电机最大转矩 T_m 和起动转矩 T_{st} 的比值为启动系数 λ_{st} ,分析得出了用转子相电阻 r_2 和启动系数 λ_{st} 计算 X_{20} 的公式。在额定条件下,异步电动机的 T_m 和 T_{st} 是恒定的, λ_{st} 是易于得出的常数,因而在已知转子相电阻 r_2 的条件下,利用该公式即可方便地计算转子相感抗 X_{20} ,并可由 X_{20} 的计算公式进一步得出电动机临界转差率 s_m 的计算公式。

[关键词] 异步电动机; 转子相电阻; 转子相感抗; 最大转矩; 起动转矩; 启动系数

[中图分类号] TM343

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)04-0189-03

Analysis of computing method of rotor phase inductance X_{20} of induction motor

CAO Yu-quan, AI Qing-hui, BAI Li-li, ZHANG -Yan

(Department of Electrical Engineering of Daqing Petroleum Institute, Daqing, Heilongjiang 163318, China)

Abstract: The rotor phase resistance r_2 of induction motor is quite easily measured, but the measurement of rotor phase inductance X_{20} is not so easy, there is no relation formula to compute X_{20} , either. Based on the electro-technology theory, this study defines the ratio of maximum torque T_m to starting torque T_{st} as the starting modulus λ_{st} , and reaches a conclusion that X_{20} can be calculated by using the rotor phase resistance r_2 and the starting modulus λ_{st} . For whichever induction motor, on rated conditions its maximum torque T_m and starting torque T_{st} are invariable, and λ_{st} is an easy educible constant. Therefore, under the condition of knowing rotor phase resistance r_2 , it's due to the function relation that it's possible to calculate the rotor phase inductance X_{20} more conveniently, moreover, the calculating formula of the critical slip s_m is established thereafter.

Key words: induction motor; rotor phase resistance; rotor phase inductance; maximum torque; starting torque; starting modulus

异步电动机是生产实践中应用十分广泛的电力拖动设备,也是电机理论研究的重要内容之一。众所周知,异步电动机转子相电阻 r_2 和转子相感抗 X_{20} 是电机机械特性的重要影响因素。但关于 r_2 与 X_{20} 之间的内在联系,即使电工技术和电机类著作也未作必要的研究^[1-5]。本文依据电机理论,利用电机技术资料中的最大转矩 T_m 和起动转矩 T_{st} 的比

值 λ_{st} ,确定了转子相电阻 r_2 与转子相感抗 X_{20} 的关系,并得出了由 λ_{st} 计算临界转差率 s_m 的新公式,以期电机机械特性的研究提供方法上的支持。

1 异步电动机的最大转矩和起动转矩

异步电动机(含绕线式电机)机械转矩 T 的计算公式常表示为^[1-3]:

[收稿日期] 2006-03-10

[作者简介] 曹玉泉(1945—),男,黑龙江泰来人,教授,主要从事电力电子技术及其应用研究。

$$T = K \cdot \frac{s r_2 U_1^2}{r_2^2 + (s X_{20})^2} \quad (1)$$

式中: K 为常数; s 为电机转差率; r_2 为电机转子每相绕组的电阻, Ω ; X_{20} 为转子不动时转子每相绕组的感抗, Ω ; U_1 为定子每相绕组的外加电压, V 。

依式(1)可以画出异步电动机机械特性曲线 $T = f(n)$ 或 $T = f(s)$ 。如图 1 所示^[4-6], T_m 为最大转矩, T_{st} 为对应 $n = 0$ 时电机的起动转矩。设对应最大转矩 T_m 的转差率为临界转差率 s_m ^[1,7], 则有

$$s_m = \frac{r_2}{X_{20}} \quad (2)$$

一般 $r_2 \leq X_{20}$, 故 $s_m \leq 1$ 。用 s_m 代换式(1)中的 s , 可得最大转矩 T_m 为^[1-3]

$$T_m = K \cdot \frac{s_m r_2 U_1^2}{r_2^2 + (s_m X_{20})^2} = K \cdot \frac{U_1^2}{2 X_{20}} \quad (3)$$

电机在起动时, 由于 $n = 0$, 故起动转差率 $s_{st} = 1$; 由式(1)可知, 起动转矩 T_{st} 为

$$T_{st} = K \cdot \frac{s_m r_2 U_1^2}{r_2^2 + (s_m X_{20})^2} \quad (4)$$

当电源电压 U_1 和转子相电阻 r_2 、转子相感抗 X_{20} 确定时, 由式(3)和式(4)可知, 最大转矩 T_m 和起动转矩 T_{st} 均恒定不变。

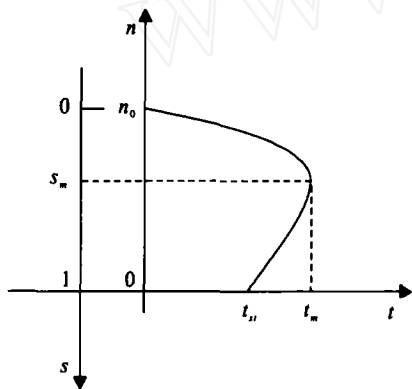


图 1 异步电动机的固有机械特性曲线

Fig. 1 Natural mechanism performance curve of asynchronous motor

2 转子相感抗 X_{20} 与转子相电阻 r_2 的关系

设 λ_{st} 为电机的起动系数, 有

$$\lambda_{st} = \frac{T_m}{T_{st}} \quad (5)$$

由式(3)、式(4)并利用式(5)的关系得:

$$\frac{T_m}{T_{st}} = \lambda_{st} = \frac{1}{2} \left(\frac{r_2}{X_{20}} + \frac{X_{20}}{r_2} \right) \quad (6)$$

绕线式异步电机的转子相电阻 r_2 比较容易测量, 或可由转子线规和转子铜重计算出来。而转子相感抗 X_{20} 不易测量, 为此利用式(6), 在已知 r_2 的条件下, 可以求出 X_{20} 的值。即

$$X_{20}^2 - 2 \lambda_{st} \cdot r_2 \cdot X_{20} + r_2^2 = 0 \quad (7)$$

解关于 X_{20} 的一元二次方程, 得:

$$X_{20} = r_2 (\lambda_{st} \pm \sqrt{\lambda_{st}^2 - 1}) \quad (8)$$

由于式(6)中的 $\frac{r_2}{X_{20}} + \frac{X_{20}}{r_2} \geq 2$, 故可知 $\lambda_{st} \geq 1$ 。

这与文献[4,8]的结论一致。

由于 $s_m \leq 1$, 即转子固有相电阻 r_2 一定小于或等于转子相感抗 X_{20} 。因此要求式(8)应满足:

$$\lambda_{st} \pm \sqrt{\lambda_{st}^2 - 1} \geq 1 \quad (9)$$

故式(9)中根号前应取“+”号, 即

$$X_{20} = r_2 (\lambda_{st} + \sqrt{\lambda_{st}^2 - 1}) \quad (10)$$

式(10)清楚地表明了 X_{20} 与 r_2 的内在联系。

式(9)中根号前若取“-”号, 将出现 $X_{20} < r_2$ 的结果, 这与实际不符(分析从略)。

3 转子相感抗 X_{20} 的计算

目前, 尚不能以试验方法测出异步电机转子相感抗 X_{20} 的大小, 即使对于大中型电动机, 也只能粗略地进行估算。若采用本文提出的公式(10), 可在已知 r_2 、 λ_{st} 的条件下, 方便地求出 X_{20} 的值。

一般电机的技术资料中, 都可查到 T_m/T_N 、 T_{st}/T_N 的值 (T_N 为电动机的额定转矩, $N \cdot m$), 故可认为 $\lambda_{st} = T_m/T_{st}$ 为已知。而对于异步电动机的转子相电阻 r_2 , 可根据异步电机短路试验测得的数据, 并利用相应公式求出转子相电阻 r_2 的值^[9]; 也可由转子线规和转子铜重计算出来。对于异步电机中的绕线式电机, 还可以直接测量 r_2 或利用下式进行计算^[4,10]:

$$r_2 = \frac{s_N \cdot E_{20}}{\sqrt{3} \cdot I_{2N}} \quad (11)$$

式中: s_N 为绕线式电机的额定转差率; E_{20} 为转子不动时绕组的相电动势, V ; I_{2N} 为转子的额定线电流, A 。可见, 将 r_2 带入式(10)便可求出 X_{20} 。

4 计算临界转差率 s_m 的公式

在已知 r_2 和 X_{20} 的条件下, 一般可由式(2)确定 s_m , 但若利用式(10)并由式(2)可得:

$$s_m = \frac{r_2}{X_{20}} = \frac{r_2}{r_2(\lambda_{st} + \sqrt{\lambda_{st}^2 - 1})} = \frac{1}{\lambda_{st} + \sqrt{\lambda_{st}^2 - 1}} \quad (12)$$

由电机的一般技术资料确定 λ_{st} 后,不必确定 r_2 和 X_{20} ,即可由式(12)方便地确定 s_m 的值,可见式(12)具有较强的实用性。

5 结 论

1)异步电动机转子相感抗 X_{20} 和转子相电阻 r_2 具有内在的联系,其关系由式(10)确定。

2)由电动机的技术资料,可以获得 λ_{st} ;由电机的短路试验或依据式(11)可求出 r_2 ;进而可由式(10)确定 X_{20} 的值。

3)临界转差率 s_m 与电机起动系数 λ_{st} 之间的关系由式(12)确定,式(12)是一个计算 s_m 的新公式。

[参考文献]

- [1] 秦曾煌. 电工学上册[M]. 6版. 北京:高等教育出版社,2004: 211-214.

- [2] 张秀然. 电工技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001:123.
 [3] 申凤琴. 电工电子技术及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2002:79.
 [4] 李发海,王 岩. 电机与拖动基础[M]. 北京:清华大学出版社,1997:251,275,279.
 [5] Ильинский Н Ф, Козаченко В Ф. Общий курс электроприбора[M]. Москва:Энерго Атомиздат,1992:206.
 [6] 曹玉泉,高 微,颜伟中. 异步电动机非额定运行机械功率变化规律的研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(4):93-96.
 [7] 屈维谦. 异步机转矩公式及转差率的讨论[J]. 变频器世界,2003,7(4):19-21.
 [8] 电工手册编写组. 电工手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1981:253-308.
 [9] 李发海,陈汤铭,郑逢时,等. 电机学[M]. 2版. 北京:科学出版社,1991:476.
 [10] 麦崇裔. 电机学与拖动基础[M]. 广州:华南理工大学出版社,1998:200.

(上接第188页)

势相同,而电阻与两生理参数的变化趋势相反,而且电参数值较生理参数值的变化趋势明显。因此,利用电参数的变化情况判断植物的生理状态进而诊断植物旱情是完全可能的。

本研究仅分别以1个品种的吊兰、玉米和小麦为对象,初步研究了电特性与生理特性的关系,由于同一种类不同品种植物具有不同的生长特性,进一步研究同一种类不同品种植物的电特性,对了解不同品种植物的抗旱性将具有十分重要的指导作用。另外,由于本试验是在实验室内进行的,因此没有考虑光照、温度和湿度等因素对植物电特性参数的综合影响。为了充分了解植物电特性的变化规律以及电特性与植物生理特性之间的密切关系,还必须以大田作物为对象进行更加深入的研究,从而为基于电特性的植物缺水信息新型检测设备的研究奠定基础。

[参考文献]

- [1] 张世芳,金树德,刘巧芳. 作物缺水诊断方法的现状与评述[J]. 江苏理工大学学报,1999,20(2):1-4.
 [2] 孙一源,余登苑. 农业生物力学及农业生物电磁学[M]. 北京:

中国农业出版社,1996.

- [3] Michalov J. Dielectric properties of the root system tissues of a 130-day-old maize plant[J]. Bioelectrochemistry and Bioenergetics,1983,10(5):405-411.
 [4] Ulaby F,Calder J. Microwave dielectric properties of plant materials[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,1984,22(4):406-415.
 [5] 张沛生,韩学孟. 苹果枝条交流电阻变化率与抗旱性关系的研究[J]. 山西农业科学,1993,21(3):66-70.
 [6] Chuah H T,Lee K Y,Lau T W. Microwave dielectric properties of rubber and oil Palm leaf samples: measurement and modeling[J]. International Journal of Remote Sensing,1997,8(12):2623-2639.
 [7] 王忠义,陈端生,黄 岚. 利用人工神经网络建立植物电信号与环境因子关系[J]. 农业工程学报,2001,17(3):142-144.
 [8] Liao J J,Guo H D,Shao Y. Modeling of microwave dielectric properties of rice growth stages in Zhaoqing test site of Southern China[J]. International Geoscience and Remote Sensing Symposium,2002,5:2620-2622.
 [9] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
 [10] 张宪政,陈凤玉,王荣富. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1994.
 [11] 郑荣良,罗 石,金树德. 植物需水信息仪的研究[J]. 排灌机械,1997(4):47-49.