



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102707233 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 29

(21) 申请号 201210226484. 2

(22) 申请日 2012. 07. 03

(73) 专利权人 山西省电力公司吕梁供电公司
地址 033000 山西省吕梁市离石区交通路
106 号
专利权人 国家电网公司

(72) 发明人 高峰

(74) 专利代理机构 太原高欣科创专利代理事务
所(普通合伙) 14109
代理人 吴立

(51) Int. Cl.

G01R 31/34(2006. 01)

G01R 21/00(2006. 01)

审查员 李萍萍

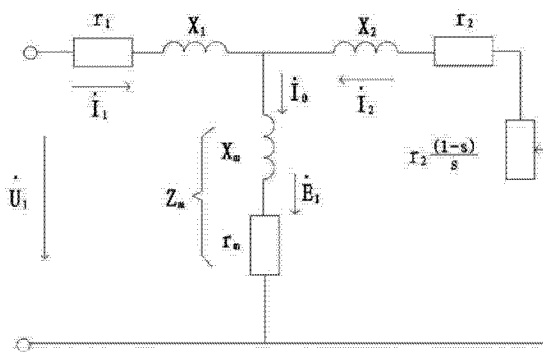
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

一种三相异步电动机额定功率测定方法

(57) 摘要

本发明一种三相异步电动机额定功率测定方法,属于三相异步电动机功率测定技术领域;所要解决的技术问题是:提供一种适用于现场快速测定三相异步电动机额定功率的方法;采用的技术方案是:功率测定方法包括以下步骤:第一步,用电桥测定三相异步电动机的定子直流电阻 r_1 ;第二步,对三相异步电动机进行空载试验,通过空载等效电路测试并计算可得出相应数据;第三步,对三相异步电动机进行两次负载试验,通过两次负载试验得出相应数据;第四步,利用上述三个步骤得出的数据结合异步电动机T型等值电路建立方程组;通过三相异步电动机的T型等值电路分析计算出三相异步电动机的额定功率;本发明应用于安装有三相高压异步电动机的场所。



1. 一种三相异步电动机额定功率测定方法,其特征在于:所述功率测定方法包括以下步骤,功率测定方法中测定电路为三相,数据记录均为折算到单相时的数据;

第一步,用电桥测定三相异步电动机的定子直流电阻 r_1 ;

第二步,对三相异步电动机进行空载试验,通过空载等效电路测试并计算可得出以下数据:三相异步电动机的空载电压 U_0 ,

三相异步电动机的空载电流 I_0 ,

三相异步电动机空载定子输入有功功率 P_0 ,

三相异步电动机的空载功率因数 $\cos\theta_0$,

三相异步电动机的空载阻抗 Z_0 ,

三相异步电动机的空载输入电阻 r_0 ,

三相异步电动机的空载输入电抗 X_0 ,

三相异步电动机励磁电阻 r_m ;

第三步,对三相异步电动机进行两次负载试验,通过两次负载试验得出以下数据:

第一次负载试验时三相异步电动机的转差率 S_{one} ,

第二次负载试验时三相异步电动机的转差率 S_{two} ,

第一次负载试验时三相异步电动机的定子外施电压 U_{one} ,

第二次负载试验时三相异步电动机的定子外施电压 U_{two} ,

第一次负载试验时三相异步电动机的定子电流 I_{one} ,

第二次负载试验时三相异步电动机的定子电流 I_{two} ;

第四步,利用上述三个步骤得出的数据结合异步电动机 T 型等值电路建立方程组:

$$jX_1 = jX_2$$

$$jX_1 + jX_m = jX_0$$

$$\frac{(r_m + jX_m)\left(\frac{r_2}{S_{\text{one}}} + jX_2\right)}{\frac{r_2}{S_{\text{one}}} + r_m + jX_2 + jX_m} + r_1 + jX_1 = \frac{U_{\text{one}}}{I_{\text{one}}}$$

$$\frac{(r_m + jX_m)\left(\frac{r_2}{S_{\text{two}}} + jX_2\right)}{\frac{r_2}{S_{\text{two}}} + r_m + jX_2 + jX_m} + r_1 + jX_1 = \frac{U_{\text{two}}}{I_{\text{two}}}$$

通过求解上述方程组得出三相异步电动机的 T 型等值电路的各个参数,通过三相异步电动机的 T 型等值电路分析计算出三相异步电动机的额定功率。

2. 根据权利要求 1 所述的一种三相异步电动机额定功率测定方法,其特征在于:上述第四步中,采用迭代法对上述方程组进行求解。

3. 根据权利要求 2 所述的一种三相异步电动机额定功率测定方法,其特征在于:所述迭代法求解方程组按以下步骤进行:

第一步,假设 X_m 为一较小值,进行第一次迭代计算,得出三相异步电动机 T 型等值电路中等效阻抗的第一次迭代计算值,计算第一次迭代误差,如果第一次迭代误差小于 1%,则停止迭代计算,得出三相异步电动机额定功率;如果第一次迭代误差大于 1%,则进入第二步;

第二步,将上述 X_m 的值增加一定数值,进行第二次迭代计算,得出三相异步电动机 T 型等值电路中等效阻抗的第二次迭代计算值,计算第二次迭代误差,如果第二次迭代误差小于 1%,则停止迭代计算,得出三相异步电动机额定功率;如果第二次迭代误差大于 1%,则进入第三步;

第三步,重复第二步进行的迭代计算,每次对上次计算 X_m 的值增加一定数值,直到迭代误差小于 1%,停止迭代计算。

一种三相异步电动机额定功率测定方法

技术领域

[0001] 本发明为一种三相异步电动机额定功率测定方法,属于三相异步电动机功率测定技术领域。

背景技术

[0002] 目前国家对大宗工业用户实行两部制电费,即电力客户的电费由基本电费与电度电费两部分构成,其中基本电费按照客户接入电网的电压等级的变压器额定容量计算,高压电机额定功率视同变压器容量参加基本电费计算;有个别不法分子私自更改变压器、高压电机铭牌容量,用“大容量小标牌”的方法,偷漏基本电费,给供电企业造成重大损失;为了杜绝此类事件的发生,有必要对变压器和高压电机进行额定容量的准确测定。

[0003] 目前,变压器容量测定方法及装置比较成熟,三相高压异步电动机是大宗工业用户最常用的电气设备,异步电动机构造比变压器复杂,一般对其功率的测定都需要在实验室中进行,而且试验条件比较复杂,要求进行堵转试验,并且测量和计算过程非常复杂繁琐,所以目前判定异步电动机的额定功率只能看厂家铭牌,无法实际测定,特别是无法快速测定现场安装后的三相异步电动机的额定功率。

发明内容

[0004] 本发明克服现有技术存在的不足,所要解决的技术问题是:提供一种适用于现场快速测定三相异步电动机额定功率的方法。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案是:一种三相异步电动机额定功率测定方法,所述功率测定方法包括以下步骤,功率测定方法中测定电路为三相,数据记录均为折算到单相时的数据;

[0006] 第一步,用电桥测定三相异步电动机的定子直流电阻 r_1 ;

[0007] 第二步,对三相异步电动机进行空载试验,通过空载等效电路测试并计算可得出以下数据:三相异步电动机的空载电压 U_0 ,

[0008] 三相异步电动机的空载电流 I_0 ,

[0009] 三相异步电动机空载定子输入有功功率 P_0 ,

[0010] 三相异步电动机的空载功率因数 $\cos\phi_0$,

[0011] 三相异步电动机的空载阻抗 Z_0 ,

[0012] 三相异步电动机的空载输入电阻 r_0 ，

[0013] 三相异步电动机的空载输入电抗 X_0 ，

[0014] 三相异步电动机励磁电阻 r_m ；

[0015] 第三步，对三相异步电动机进行两次负载试验，通过两次负载试验得出以下数据：

[0016] 第一次负载试验时三相异步电动机的转差率 S_{one} ，

[0017] 第二次负载试验时三相异步电动机的转差率 S_{two} ，

[0018] 第一次负载试验时三相异步电动机的定子外施电压 U_{one} ，

[0019] 第二次负载试验时三相异步电动机的定子外施电压 U_{two} ，

[0020] 第一次负载试验时三相异步电动机的定子电流 I_{one} ，

[0021] 第二次负载试验时三相异步电动机的定子电流 I_{two} ；

[0022] 第四步，利用上述三个步骤得出的数据结合异步电动机 T 型等值电路建立方程组：

[0023]
$$jX_1 = jX_2$$

[0024]
$$jX_1 + jX_m = jX_0$$

[0025]
$$\frac{(r_m + jX_m)\left(\frac{r_2}{S_{one}} + jX_2\right)}{\frac{r_2}{S_{one}} + r_m + jX_2 + jX_m} + r_1 + jX_1 = \frac{U_{one}}{I_{one}}$$

[0026]
$$\frac{(r_m + jX_m)\left(\frac{r_2}{S_{two}} + jX_2\right)}{\frac{r_2}{S_{two}} + r_m + jX_2 + jX_m} + r_1 + jX_1 = \frac{U_{two}}{I_{two}}$$

[0027] 通过求解上述方程组得出三相异步电动机的 T 型等值电路的各个参数，通过三相异步电动机的 T 型等值电路分析计算出三相异步电动机的额定功率。

[0028] 上述第四步中，采用迭代法对上述方程组进行求解。

[0029] 所述迭代法求解方程组按以下步骤进行：

[0030] 第一步，假设 X_m 为一较小值，进行第一次迭代计算，得出三相异步电动机 T 型等值

电路中等效阻抗的第一次迭代计算值,计算第一次迭代误差,如果第一次迭代误差小于 1%,则停止迭代计算,得出三相异步电动机额定功率;如果第一次迭代误差大于 1%,则进入第二步;

[0031] 第二步,将上述 X_m 的值增加一定数值,进行第二次迭代计算,得出三相异步电动机 T 型等值电路中等效阻抗的第二次迭代计算值,计算第二次迭代误差,如果第二次迭代误差小于 1%,则停止迭代计算,得出三相异步电动机额定功率;如果第二次迭代误差大于 1%,则进入第三步;

[0032] 第三步,重复第二步进行的迭代计算,每次对上次计算 X_m 的值增加一定数值,直到迭代误差小于 1%,停止迭代计算。

[0033] 本发明与现有技术相比具有的有益效果是:本发明中通过对三相异步电动机进行空载试验和两次负载试验,利用迭代法求出三相异步电动机的 T 型等值电路的各个参数,通过三相异步电动机的 T 型等值电路分析计算出三相异步电动机的额定功率,这种方法可以快速测定三相异步电动机的额定功率,而且不需要对三相异步电动机电路和位置做任何的改动,特别适用于现场安装后的三相异步电动机,解决了高压异步电动机额定功率测定的技术难题,整个方法实现简单,实用性强,为三相异步电动机额定功率的测量提供一种新的简便的方法。

附图说明

[0034] 下面结合附图对本发明做进一步详细的说明:

[0035] 图 1 是本发明中三相异步电动机的 T 型等值电路图;

[0036] 图 2 是本发明中三相异步电动机空载试验时的的等效电路图。

具体实施方式

[0037] 一种三相异步电动机额定功率测定方法,功率测定方法中测定电路为三相,数据记录均为折算到单相时的数据;所述功率测定方法包括以下步骤:第一步,用电桥测定三相异步电动机的定子直流电阻 r_1 。

[0038] 第二步,对三相异步电动机进行空载试验,通过空载试验中等效电路得出以下数据:

[0039] 三相异步电动机的空载电压 U_0 ,

[0040] 三相异步电动机的空载线电流 I_0 ,

[0041] 三相异步电动机空载定子输入有功功率 P_0 ,

[0042] 三相异步电动机的空载功率因数 $\cos\theta_0$,

[0043] 三相异步电动机的空载阻抗 Z_0 ,

[0044] 三相异步电动机的空载输入电阻 r_0 ,

[0045] 三相异步电动机的空载输入电抗 X_0 ,

[0046] 三相异步电动机励磁电阻 r_m 。

[0047] 三相异步电动机的 T 型等值电路图如图 1 所示,三相异步电动机空载试验时的等效电路图如图 2 所示,根据空载试验,可以直接测得三相异步电动机的空载电压 U_0 ,三相异步电动机的空载线电流 I_0 ,三相异步电动机空载定子输入有功功率 P_0 ,三相异步电动机的空载功率因数 $\cos\theta_0$;

[0048] 可以通过公式 $Z_0 = \frac{U_0}{I_0}$ 求得等效空载阻抗 Z_0 ;

[0049] 通过公式 $r_0 = \frac{P_0 - P_{\Omega}}{3I_0^2}$ 求得空载输入电阻 r_0 ,其中机械损耗 P_{Ω} 假设为 0;

[0050] 通过公式 $X_0 = \sqrt{Z_0^2 - r_0^2}$ 求得空载电抗 X_0 ;

[0051] 通过公式 $r_m = r_0 - r_1$ 求得励磁电阻 r_m ;

[0052] 第三步,对三相异步电动机进行两次负载试验,图 1 可作为为本发明中三相异步电动机负载试验时的 T 型等值电路图,通过两次负载试验结合转速仪测量电动机转速得出以下数据:

[0053] 第一次负载试验时三相异步电动机的转差率 S_{one} ,

[0054] 第二次负载试验时三相异步电动机的转差率 S_{two} ,

[0055] 第一次负载试验时三相异步电动机的定子外施电压 U_{one} ,

[0056] 第二次负载试验时三相异步电动机的定子外施电压 U_{two} ,

[0057] 第一次负载试验时三相异步电动机的定子电流 I_{one} ,

[0058] 第二次负载试验时三相异步电动机的定子电流 I_{two} 。

[0059] 第四步,利用上述三个步骤得出的数据建立方程组:

$$[0060] \quad jX_1 = jX_2$$

$$[0061] \quad jX_1 + jX_m = jX_0$$

$$[0062] \quad \frac{(r_m + jX_m)\left(\frac{r_2}{S_{one}} + jX_2\right)}{\frac{r_2}{S_{one}} + r_m + jX_2 + jX_m} + r_1 + jX_1 = \frac{U_{one}}{I_{one}}$$

$$[0063] \quad \frac{(r_m + jX_m)\left(\frac{r_2}{S_{two}} + jX_2\right)}{\frac{r_2}{S_{two}} + r_m + jX_2 + jX_m} + r_1 + jX_1 = \frac{U_{two}}{I_{two}}$$

[0064] 通过求解上述方程组得出三相异步电动机的 T 型等值电路的各个参数,方程组中,已知的数有: X_0 、 r_m 、 S_{one} 、 S_{two} 、 U_{one} 、 U_{two} 、 I_{one} 、 I_{two} ;未知的数有: X_1 、 X_m 、 r_2 、 X_2 ;四个方程相互独立,四个未知数,方程组确定有解;通过三相异步电动机的 T 型等值电路分析计算出三相异步电动机的额定功率。

[0065] 三相异步电动机的额定输出功率在其定型出厂后实际为一确定的值,三相异步电动机 T 型等值电路是分析异步电动机工作、运行状态的经典数学模型,许多电机的基础理论与 T 型等值电路是一一对应的,因此,如果能确定三相异步电动机准确的 T 型等值电路参数,通过分析计算 T 型等值电路,可以判定出异步电动机工作在额定状态时的合理参数,通过此种分析方法,可反证出异步电动机的额定输出功率,下面通过一个算例来验证三相异步电动机 T 型等值电路分析判断异步电动机额定功率的可行性:

[0066] 如图 1 所示,假设一台三相异步电动机 $U_N = 380V$, $I_N = 7.25A$,定子星形连接,其 T 型等值电路参数如下:定子绕组电阻 $r_1 = 2\Omega$,定子绕组等效感抗为 $X_1 = 3.8\Omega$,等效励磁电阻 $r_m = 4.36\Omega$,等效励磁感抗 $X_m = 56.3\Omega$,折算到定子测的转子电阻 $r_2 = 1.2\Omega$,折算到定子测的转子等效感抗 $X_2 = 3.8\Omega$,则其额定功率是多少?

[0067] 根据电机学的基本理论及运行经验,忽略机械损耗及风摩损耗,可认为电阻

$\frac{(1-s)}{s} r_2$ 上消耗的有功功率近似等于转子轴上的输出功率, 则我们可设法计算出不同的运行

点上, 转子轴上的输出功率, 然后对其进行定性及定量分析;

[0068] 通过三相异步电动机 T 型等值电路图, 我们可以发现, 不同的转差率与其在等效元件上的电压、电流、功率、电机的效率等存在一一对应的关系, 事实上, 不同的转差率客观上可以反应异步电动机带不同负载时的运行状态; 经过计算, 我们可以获得下表:

[0069]

异步电动机运行在不同转差率时的相关参数						
转差率	运行电流	功率因数	输出轴功	实际效率	励磁电流	备注
	(A)		率		(A)	
			(KW)			
0	3.64	0.11	0	0	3.64	空载数据
0.01	4.12	0.476	1.013	0.783	3.58	
0.02	5.15	0.672	1.92	0.841	3.52	
0.03	6.41	0.761	2.738	0.85	3.45	
0.04	7.73	0.801	3.429	0.839	3.38	
0.05	9.02	0.817	4.024	0.827	3.3	
0.06	10.27	0.821	4.508	0.81	3.22	

[0070] 分析上表中所列数据, 我们发现在转差率在 0.03 ~ 0.04 范围内时, 这台异步电动机的效率及定子功率因数同时达到较高的数值, 电动机运行在这个区域, 技术上是经济合理的, 但这个范围比较大, 我们再取转差率等于 0.035, 再计算一行数据, 得到如下表所示数据:

[0071]

异步电动机运行在不同转差率时相关参数						
转差率	运行电流	功率因数	输出轴	实际效率	励磁电流	备注
	(I1)		功率		(A)	
	(A)		(KW)		(A)	
0	3.64	0.11	0	0	3.64	空载数据
0.01	4.12	0.476	1.013	0.783	3.58	
0.02	5.15	0.672	1.92	0.841	3.52	
0.03	6.41	0.761	2.738	0.85	3.45	
0.035	7.07	0.785	3.102	0.85	3.41	
0.04	7.73	0.801	3.429	0.839	3.38	
0.05	9.02	0.817	4.024	0.827	3.3	
0.06	10.27	0.821	4.508	0.81	3.22	

[0072] 由上表数据可知,电机工作在转差率等于 0.035 的工作点时,定子功率因数及电机效率均为较高数值,对于电机而言,其长期工作时,效率的高低直接影响到电能的损耗,所以优先考虑效率较高的这个点,即转差率等于 0.035 的工作点为其额定工作点,然后兼顾到这个工作点的功率因数为最高值或次高值,此时转子轴输出功率为 3.1KW,查电机手册取整为 3KW,我们可推定此电机额定功率应为 3KW;

[0073] 通过上述算例证明通过三相异步电动机的 T 型等值电路,可计算分析出三相异步电动机长期运行的最优工作点,这个点上对应的转轴输出功率即可确定为电机的额定功率;考虑到根据三相异步电动机 T 型等值电路分析计算上述两个表中的各参数时要进行复数计算,为了提高计算效率和精确度,可考虑运用计算机进行运算。

[0074] 上述第四步中,采用迭代法对上述方程组进行求解,本具体实施方式中,所述迭代法求解方程组按以下步骤进行:

[0075] 第一步,假设 X_{m1} 为一较小值,进行第一次迭代计算,得出三相异步电动机 T 型等值电路中等效阻抗的第一次迭代计算值,计算第一次迭代误差,如果第一次迭代误差小于 1%,则停止迭代计算,得出三相异步电动机额定功率;如果第一次迭代误差大于 1%,则进入第二步;

[0076] 第二步,将上述 X_{m1} 的值增加一定数值,进行第二次迭代计算,得出三相异步电动机 T 型等值电路中等效阻抗的第二次迭代计算值,计算第二次迭代误差,如果第二次迭代误差小于 1%,则停止迭代计算,得出三相异步电动机额定功率;如果第二次迭代误差大于 1%,则进入第三步;

[0077] 第三步,重复第二步进行的迭代计算,每次对上次计算 X_m 的值增加一定数值,直到迭代误差小于 1%,停止迭代计算。

[0078] 本具体实施方式中设, $X_m = 1\Omega$,使用空载试验和第一次负载试验获得的相关已知参数,求解 T 型等值电路中的未知参数,则有:

[0079] 一、 $jX_1 = jX_0 - jX_m$,上式中, jX_0 通过空载试验测量获得;

[0080] 二、 $U_m = U_{one} - I_{one}(r_1 + jX_1)$,上式中, U_{one} 是第一次负载试验时的外施平均线电压对应于 T 型等值电路的折算值, I_{one} 是施加 U_{one} 后产生的对应电流; U_m 为第一次负载试验时产生的励磁电压,上式中等式右侧数值均为已知,进行简单复数计算即可求得 U_m ;

[0081] 三、继续计算第一次负载试验时的励磁电流 I_0 ,

[0082] $r_m = r_0 - r_1$,

[0083] $I_0 = \frac{U_m}{r_m + jX_m}$

[0084] r_0 为空载试验测量计算所得, r_1 为电桥测量所得;

[0085] 四、计算第一次负载试验时的转子侧等效电流 I_2 :

[0086] $I_2 = I_{one} - I_0$;

[0087] 五、计算第一次负载试验时的转子侧等效阻抗 Z_2 :

[0088] $Z_2 = \frac{U_m}{I_2}$

[0089] $Z_2 = \frac{r_2}{S_{one}} + jX_2$

[0090] $\frac{r_2}{S_{one}}$ 作为一个整体可以求出来,则 r_2 用下式求得:

[0091] $r_2 = S_{one} \frac{r_2}{S_{one}}$

[0092] 通过上述五步,完成第一次迭代计算,在假设 $X_m = 1\Omega$,转差率 $S = S_{one}$ 情况下,异步电动机 T 型等效电路的所有电阻、电抗都已经求出;

[0093] 六、将第一次迭代获得的等值阻抗值全部代入方程:

$$[0094] \quad \frac{(r_m + jX_m) \left(\frac{r_2}{S_{two}} + jX_2 \right)}{\frac{r_2}{S_{two}} + r_m + jX_2 + jX_m} + r_1 + jX_1 = \frac{U_{two}}{I_{two}}$$

[0095] 方程的左边为第一次计算等效阻抗 Z_{js} ,方程的右边为第一次实际等效阻抗 Z_{sj} ,所以第一次迭代误差可以通过公式:

$$[0096] \quad \frac{Z_{js} - Z_{sj}}{Z_{sj}} \times 100\%$$

[0097] 得出;可以设定允许迭代误差为 1%,如果第一次迭代误差大于 1%,则说明误差过大,我们假设的 $X_m = 1\Omega$ 不够准确,需要进行第二次迭代计算;

[0098] 第二次迭代中,假设 $X_m = (1 + 0.05)\Omega$,重复第一次迭代的全部步骤,最后最后验证第二次的迭代误差是否依然大于 1%。如果仍然大于 1%,则进入第三次迭代计算,如此反复类推,直到迭代误差小于 1%,此时我们假设的 X_m 已经比较接近于 T 型等效电路的真实值。

此时我们认为最后一次迭代时的 T 型等值电路参数即可近似作为异步电动机等效电路参数,由于迭代法计算过程非常复杂,可以利用计算机进行迭代计算。

[0099] 这种方法可以快速测定三相异步电动机的额定功率,而且不需要对三相异步电动机电路和位置做任何的改动,特别适用于现场安装后的三相异步电动机,解决了高压异步电动机容量测定的技术难题,整个方法实现简单,实用性强,为三相异步电动机额定功率的测量提供一种新的简便的方法。

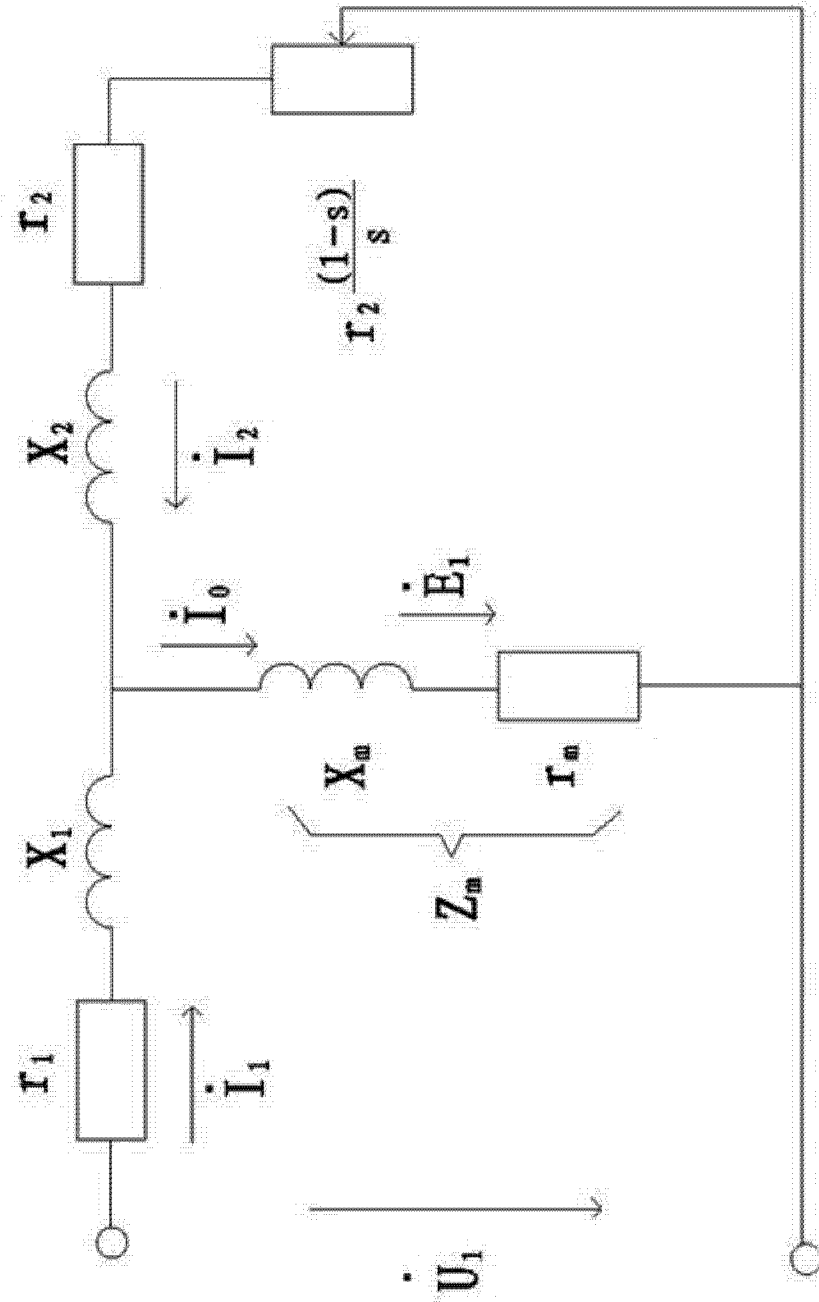


图 1

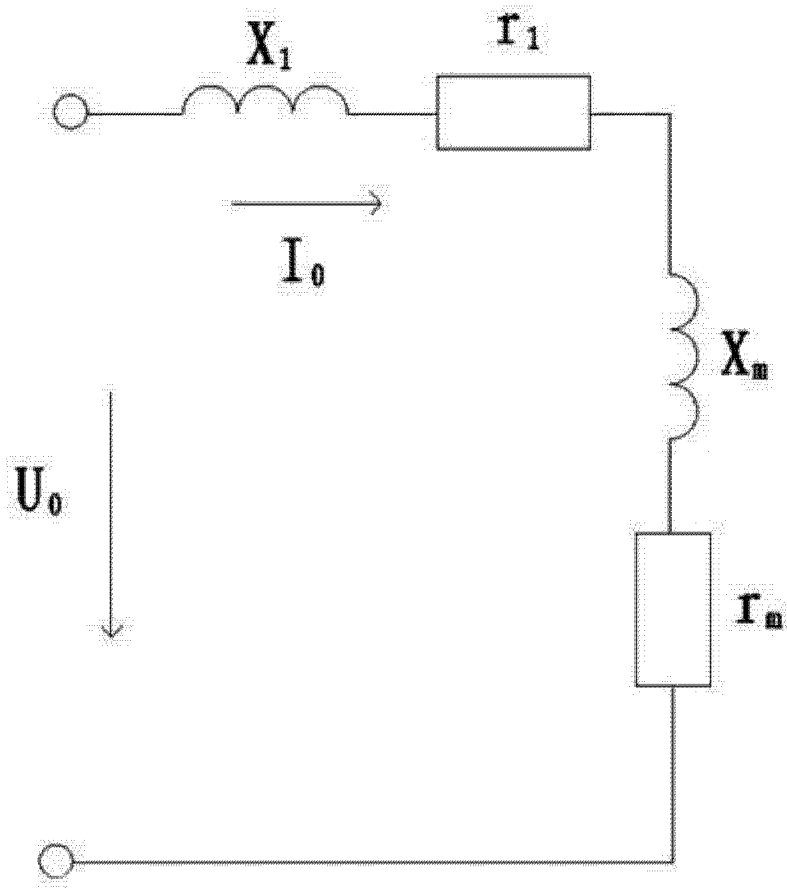


图 2