定转子电阻对同步电机瞬态时间常数影响

许国瑞,赵海森,刘晓芳

(华北电力大学 电气与电子工程学院,北京 102206)

摘要:采用忽略部分定转子电阻影响的瞬态时间常数传统解析表达式计算同步电机瞬态特性时会产生一定的误差。为解决该问题,推导了计及定子电阻的直轴瞬态时间常数改进解析表达式和计及转子电阻的定子非周期瞬态时间常数改进解析表达式,通过 7.5 kW 模型机试验及时步有限元方法验证了该解析表达式的正确性。采用该解析表达式计算了瞬态时间常数随定转子电阻变化的规律,发现不同定转子电阻下,利用改进表达式计算瞬态时间常数的精度明显高于传统方法。

关键词:瞬态时间常数;非周期时间常数;定子;转子;电阻;同步电机

中图分类号:TM 341 **文献标识码**:A DOI:10.3969/j.issn.1006-6047.2014.06.009

0 引言

实验室通常采用与大型电机相同结构等比例缩放的小功率同步电机模拟和研究大型发电机的动态特性[1-4]。但是与大型发电机相比,小功率同步电机定转子电阻的标幺值并非远小于相应绕组漏电抗,若在计算小功率电机瞬态时间常数时仍采用忽略定转子电阻的传统解析方法进行计算,必然会产生一定误差。因此,有必要探讨传统计算大型发电机瞬态时间常数的方法能否直接用于小功率电机的动态特性计算。

在研究大型电机动态过程时,由于定、转子电阻标幺值相对其漏抗很小,在计算直轴瞬态时间常数时通常忽略定子电阻,计算定子非周期瞬态时间常数时通常忽略转子电阻[5-7]。同样,在对小功率电机进行动态研究时,部分文献也采用这种忽略电阻的方法[8],然而受容量、尺寸等条件限制,小型电机定、转子电阻值(标幺制)远大于实际大型发电机。对比本实验室 7.5 kW 同步电机、文献[5]中 1 000 kW 同步电机和电力系统 300 MW 发电机的原始参数发现:7.5 kW 电机与 300 MW 电机对应参数的数值比分别是定子电阻 12.5,定子漏抗 0.206,转子电阻 6.67,转子漏抗 0.34;1 000 kW 电机与 300 MW 电机对应参数的数值比分别是定子电阻 5.3,定子漏抗 0.667,转子电阻 2.8,转子漏抗 1.6。显然,小型电机具有定、转子电阻值偏大,而漏抗值偏小的特点,而瞬态时间常数是描述电机瞬态和动态行为的重要参数[9]。因此,研究定转子电阻对瞬态时间常数的影响意义重大。

同步电机的瞬态参数是描述电机瞬态和动态行为的重要参数,是基于三相突然短路定义的[10]。三相突然短路试验是测取同步电机瞬态参数较为理想的方法,也是国家标准推荐采用方法[11]。因此文中主要基于空载三相突然短路对瞬态时间常数进行研究。

本文首先推导空载三相突然短路后计及定转子电阻的励磁电流和瞬态时间常数的改进解析表达式,再通过 7.5 kW 模型机试验及时步有限元验证该解析式的正确性,最后将该解析式用于不同功率电机,计算不同定转子电阻时电机瞬态时间常数,得出改进解析式计算精度明显高于传统解析式。研究结果为瞬态时间常数的计算和精确测量提供理论基础。

1 研究方法

1.1 改进解析表达式

在文献[12]的基础上,得到不计阻尼作用时的同步电机直轴运算电抗如下:

$$x_d(s)=x_d\frac{r_f+x_{ff}s}{r_f+x_f s} \tag{1}$$

$$x_{ff}=x_f-x_{ad}^2/x_d \tag{2}$$

其中,x_d 为直轴同步电抗;x_{ad} 为直轴电枢反应电抗;r_f 和 x_f 分别为励磁绕组的电阻和电抗。

在忽略阻尼作用的情况下,交轴运算电抗为:

$$x_q(s)=x_q \tag{3}$$

其中,x_q 为交轴同步电抗。

同步电机三相突然短路后直轴电流的拉普拉斯变换式[12]为:

$$I_d(s)=-\frac{E_m}{sx_d(s)\left[s^2+r_s\left(\frac{1}{x_d(s)}+\frac{1}{x_q(s)}\right)s+1+\frac{r_s^2}{x_d(s)x_q(s)}\right]} \tag{4}$$

其中,E_m 为空载电动势的幅值;r_s 为定子电阻。

励磁电流的拉普拉斯变换式与直轴电流的拉普拉斯变换式之间满足如下关系:

$$I_f(s)=-\frac{sx_{ad}}{sx_f+r_f}I_d(s) \tag{5}$$

因此励磁电流的拉普拉斯表达式可变为:

$$I_f(s)=\frac{E_m x_{ad}x_q}{s^3+ms^2+ns+l} \tag{6}$$

收稿日期:2013-10-22;**修回日期**:2014-05-20

基金项目:"十一五"国家科技支撑项目(2008BAA13B02)

Project supported by the National Eleventh-Five Year Research Program of China(2008BAA13B02)

$$m=\frac{r_f}{x_{ff}}+\frac{r_s x_f}{x_d x_{ff}}+\frac{r_s}{x_q},\quad l=\frac{r_f}{x_{ff}}+\frac{r_s^2 r_f}{x_d x_q x_{ff}}$$

$$n=\frac{r_s r_f}{x_d x_{ff}}+\frac{r_s r_f}{x_q x_{ff}}+\frac{r_s^2 x_f}{x_d x_q x_{ff}}+1$$

为对式(6)进行拉普拉斯反变换，需将分母因式分解，即令：

$$s^3+ms^2+ns+l=0 \tag{7}$$

据卡丹公式[13]令 $s=y-m/3$ 代入式(7)消二次方得：

$$y^3+py+q=0$$

$$p=-\frac{m^2}{3}+n,\quad q=\frac{2m^2}{27}-\frac{mn}{3}+l \tag{8}$$

当 $\left(\frac{q}{2}\right)^2+\left(\frac{p}{3}\right)^3>0$ 时，式(7)的解为：

$$\begin{cases} s_1=u_1+v_1-\frac{m}{3} \\ s_2=-\frac{1}{2}(u_1+v_1)-\frac{m}{3}+\mathrm{j}\frac{\sqrt{3}}{2}(u_1-v_1) \\ s_3=-\frac{1}{2}(u_1+v_1)-\frac{m}{3}-\mathrm{j}\frac{\sqrt{3}}{2}(u_1-v_1) \end{cases} \tag{9}$$

$$u_1=\left[-\frac{q}{2}+\left(\frac{q^2}{4}+\frac{p^3}{27}\right)^{1/2}\right]^{1/3}$$

$$v_1=\left[-\frac{q}{2}-\left(\frac{q^2}{4}+\frac{p^3}{27}\right)^{1/2}\right]^{1/3}$$

当 $\left(\frac{q}{2}\right)^2+\left(\frac{p}{3}\right)^3<0$ 时，式(7)的解为：

$$\begin{cases} s_1=-2r\cos\frac{\varphi}{3} \\ s_2=2r\cos\left(\frac{\pi}{3}-\frac{\varphi}{3}\right) \\ s_3=2r\cos\left(\frac{\pi}{3}+\frac{\varphi}{3}\right) \end{cases} \tag{10}$$

$$r=\mathrm{sgn}(q)\sqrt{\frac{|p|}{3}},\quad \cos\varphi=\frac{q}{2r^3}$$

$$\mathrm{sgn}(q)=\begin{cases} 1 & q>0 \\ 0 & q=0 \\ -1 & q<0 \end{cases}$$

将励磁电流进行拉普拉斯反变换后可以得到 2 种励磁电流的时域表达式：

$$i_{f1}=A_1\mathrm{e}^{s_1 t}+B_1\mathrm{e}^{s_2 t}\cos(s_3 t)+\frac{u_f}{r_f} \tag{11}$$

$$i_{f2}=A_2\mathrm{e}^{s_1 t}+B_2\mathrm{e}^{s_2 t}+C\mathrm{e}^{s_3 t}+\frac{u_f}{r_f} \tag{12}$$

其中，u_f 为励磁电压；A_1、A_2、B_1、B_2、C 为励磁电流不同分量的幅值。

对比式(11)和式(12)知，式(11)中既有交流衰减分量，又有直流衰减分量，而式(12)中只有直流衰减分量。因此式(11)和(12)的直轴瞬态时间常数为：

$$\tau'_{dj}=-\frac{1}{2\pi f s_1}(s) \tag{13}$$

其中，f 为电网频率。

式(11)中有定子非周期衰减时间常数，而式(12)无，因此式(11)中的定子非周期衰减时间常数为：

$$\tau_{aj}=-\frac{1}{2\pi f s_2}(s) \tag{14}$$

通过上述分析发现，计及定转子电阻的励磁电流改进表达式存在 2 种形式，由此可知随着定转子电阻的不同，改进的瞬态时间常数也会发生变化。

1.2　瞬态时间常数的传统表达式

电力系统分析以及电机瞬态理论中对瞬态时间常数定义如下[12]。

传统的直轴瞬态时间常数如式(15)所示：

$$\tau'_{dc}=\frac{x'_f}{r_f} \tag{15}$$

其中，x'_f 为转子仅有励磁绕组，当电枢绕组短路时从转子绕组端看的瞬态电抗。

传统的定子非周期衰减时间常数如式(16)所示：

$$\tau_{ac}=\frac{2x'_d x_q}{r_s(x'_d+x_q)} \tag{16}$$

其中，x'_d 为直轴的瞬态电抗。

空载三相突然短路励磁电流传统解析表达式：

$$i_{f3}=A_3\mathrm{e}^{-1/\tau'_{dc}}+B_3\mathrm{e}^{-1/\tau_{ac}}\cos(\omega t)+\frac{u_f}{r_f} \tag{17}$$

电力系统常用的 2～6 阶实用模型[19]均采用传统方法得到的 τ'_{dc}、τ_{ac}。

1.3　时步有限元模型

时步有限元法(T-S FEM)是结合磁场方程与绕组回路方程得到[14]，该模型能够充分考虑发电机磁路饱和、磁场畸变、谐波磁场和集肤效应等的作用，可为发电机动态运行工况提供标准响应[15]。

为了验证该时步有限元模型的精确性，对实验室 7.5 kW 模型机进行时步有限元仿真计算并与试验进行对比，结果如图 1 所示。可见，7.5 kW 电机空载三相突然短路的时步有限元仿真与实测曲线非常吻合。时步有限元很好地计及电机内部的复杂非线

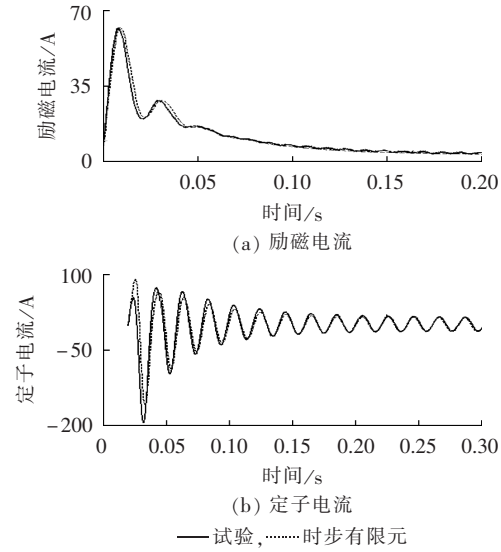


图 1　空载突然短路时时步有限元仿真与试验对比

Fig.1 Comparison between T-S FEM and test for sudden short circuit without load

性、磁场畸变等因素,它能有效地反映发电机稳态、暂态等运行行为,是一种比较精确的仿真工具。

2 瞬态时间常数的对比分析

2.1 7.5 kW 同步发电机模型机

本文采用一台两极 7.5 kW 同步发电机模型机对瞬态时间常数进行理论和试验研究。模型机二维平面结构如图 2 所示,表 1 为发电机的基本结构数据。

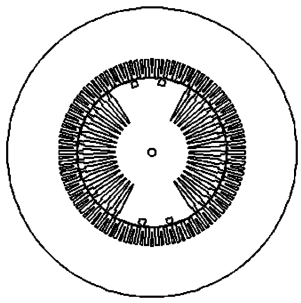


图 2 7.5 kW 模型机结构示意图

Fig.2 Structure of a 7.5 kW prototype

表 1 7.5 kW 模型机基本结构数据

Tab.1 Structural data of a 7.5 kW prototype

参数	取值	参数	取值
额定功率因数	0.85	转子内径/m	0.01
额定线电压/V	400	轴长/m	0.11
额定电流/A	12.73	定子外径/m	0.385
额定励磁电流/A	8	定子槽深/mm	24
定子外径/m	0.385	转子槽深/mm	50
定子内径/m	0.20	转子槽宽/mm	2.5
转子外径/m	0.1984		

2.2 不同方法所计算瞬态时间常数的对比分析

采用时步有限元、改进解析表达式和传统解析表达式计算 7.5 kW 电机端电压为 110 V 时突然三相短路后的励磁电流,结果如图 3 所示。7.5 kW 电机的参数通过试验测得,如表 2 所示,表中数据均为标幺值。时步有限元不计及阻尼作用。

根据改进解析表达式和传统解析表达式,计算出空载三相突然短路励磁电流见式(18)和(19)。

$$i_{f1}=44.5\,e^{-24t}-44.5\,e^{-52t}\cos(307.77t)+3.6212 \quad (18)$$

$$i_{f2}=39.9\,e^{-23t}-39.9\,e^{-52t}\cos(314t)+3.6212 \quad (19)$$

从上述两式可以得出瞬态时间常数的改进解析解和传统解析解,如表 3 所示,表中 τ_d' 为直轴瞬态时间常数,τ_a 为定子非周期衰减时间常数。而从时步有限元计算的励磁电流中无法直接获得瞬态时间常数的大小,因此本文采用 Prony 方法[15-17]对时步有限元计算的励磁电流曲线进行拟合,从而得出直轴瞬态时间常数和定子非周期衰减时间常数的数值。

对比图 3 中的励磁电流曲线和表 3 中的瞬态时间常数,得出改进解析表达式计算的励磁电流曲线和瞬态时间常数与时步有限元结果更加接近,而传统解析解与时步有限元相差较大。

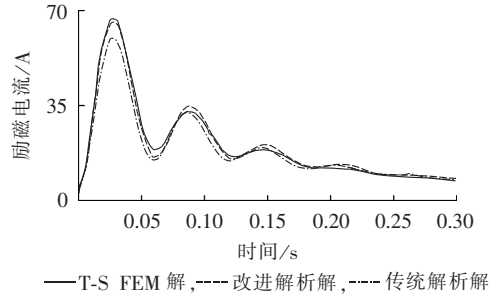


图 3 不同方法得到的励磁电流对比

Fig.3 Comparison of excitation current among different methods

表 2 3 种不同功率同步电机的参数对比

Tab.2 Comparison of synchronous machine parameters among three capacities

参数	300 MW 电机[12]	1 000 kW 电机[5]	7.5 kW 电机[9]
x_1	0.12500	0.08340	0.0258
x_{ad}	1.67500	1.00530	0.6421
x_{f1}	0.10500	0.17250	0.0360
x_{aq}	1.62500	0.54860	0.6421
r_s	0.00187	0.01000	0.0227
r_f	0.00075	0.00211	0.0050

表 3 不同方法得到的瞬态时间常数对比

Tab.3 Comparison of transient time constant among different methods

模型	τ_d'		τ_a	
	取值/s	误差/%	取值/s	误差/%
T-S FEM	0.0370	0	0.0159	0
改进解析	0.0417	12.7	0.0182	14.5
传统解析	0.0435	17.6	0.0192	20.8

2.3 定转子电阻对瞬态时间常数的影响

为研究定转子电阻对瞬态时间常数的影响,在 7.5 kW 电机定子三相绕组出线端串入阻值 4.286 Ω 的电阻,进行时步有限元仿真并与改进解析解和传统解析解对比,得到励磁电流响应曲线对比见图 4。

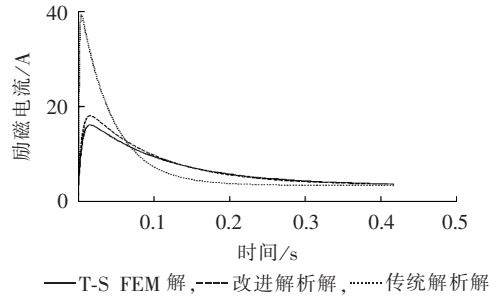


图 4 定子串电阻后的励磁电流曲线

Fig.4 Excitation current when a serial resistor is added to stator winding

从图 4 可知,改进解析表达式计算的励磁电流曲线与时步有限元结果更接近。对时步有限元的励磁电流曲线进行 Prony 拟合,得到直轴瞬态时间常数与改进解析解一致,约 0.12 s,而传统表达式计算的直轴瞬态时间常数不随定子电阻变化,仍然为表 3 的 0.0435 s。因此说明定子电阻变化会影响直轴瞬态时

间常数大小,而传统解析表达式不能计及该影响。

令定、转子电阻在实际值的 10% 到实际值的 10 倍范围内变化,采用改进解析表达式计算出 7.5 kW 同步电机 2 个瞬态时间常数的数值。对计算结果进行总结和分析发现,直轴瞬态时间常数随着定子电阻的增大而增大,随着转子电阻的增大而减小,如图 5 所示。

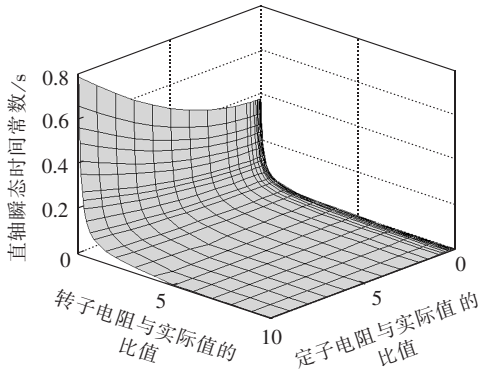


图 5 直轴瞬态时间常数随定转子电阻的变化规律

Fig.5 τ_d' vs. stator and rotor resistances

同样,在转子绕组中串入 12.7 Ω 电阻后,采用时步有限元、改进解析表达式和传统解析表达式计算的励磁电流曲线如图 6 所示。对时步有限元计算的励磁电流曲线进行 Prony 拟合,得出定子非周期时间常数与改进解基本一致,约为 0.023 s,而传统表达式计算的定子非周期时间常数不随转子电阻的变化而变化,仍为表 3 所示的 0.0192 s。因次说明转子电阻的变化会影响定子非周期时间常数的大小,而传统解析表达式不能计及这种影响。

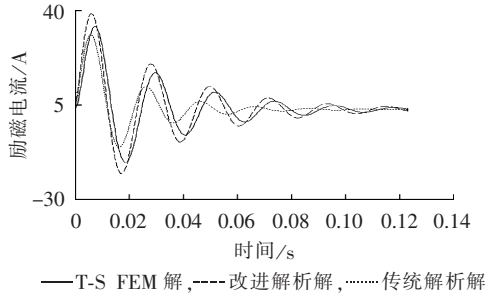


图 6 转子串电阻后的励磁电流

Fig.6 Excitation current when a serial resistor is added to rotor winding

令定、转子电阻在实际值的 10% 到实际值的 10 倍范围内变化,采用改进解析表达式计算出定子非周期衰减时间常数随定转子电阻的变化规律如图 7 所示,得出定子非周期衰减时间常数随着转子电阻的增大而增大,随着定子电阻的增大而减小。

2.4 瞬态时间常数改进解相对于传统解的偏差分析

从表 2 可知不同功率同步电机的定转子电阻标幺值相差近 10 倍。为分析不同定转子电阻值情况下,瞬态时间常数改进解与传统解的差别,将 7.5 kW

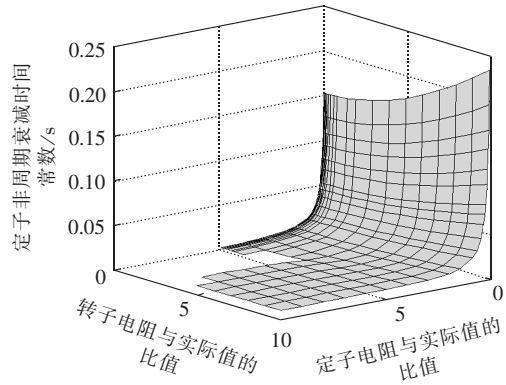


图 7 定子非周期衰减时间常数随定转子电阻的变化规律

Fig.7 τ_a vs. stator and rotor resistances

同步电机定转子电阻在实际值的 10% 至实际值的 10 倍范围内变化,计算不同定转子组合时直轴瞬态时间常数和定子非周期衰减时间常数的改进解相对传统解的偏差。改进解相对传统解的偏差 α 和 β 为:

$$\alpha=\frac{\tau_{dj}'-\tau_{dc}'}{\tau_{dc}'} \tag{20}$$

$$\beta=\frac{\tau_{aj}-\tau_{ac}}{\tau_{ac}} \tag{21}$$

从图 8 中可以看出,随着定子电阻的增大,α 的绝对值在不断增大。实际电阻下,α 值为 2.5%,当定子电阻增大到 10 倍,α 变为 53%。同样,从图 9 中可

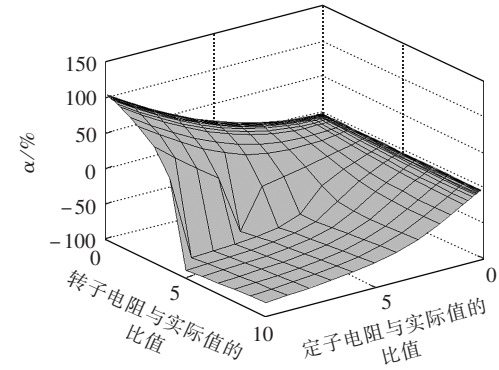


图 8 不同定转子电阻时 τ_{dj}' 相对于 τ_{dc}' 的偏差

Fig.8 Error of τ_{dj}' relative to τ_{dc}' for different stator and rotor resistances

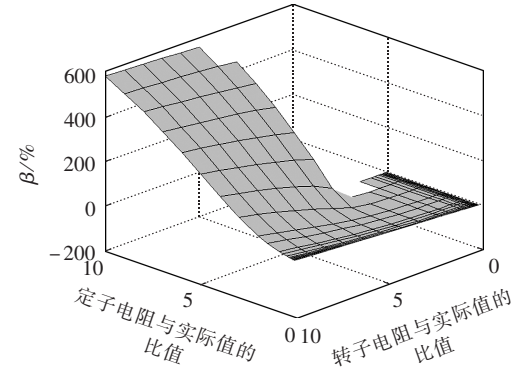


图 9 不同定转子电阻时 τ_{aj} 相对于 τ_{ac} 的偏差

Fig.9 Error of τ_{aj} relative to τ_{ac} for different stator and rotor resistances

以看出,实际电阻下,β 值为 0.6%,10 倍的定、转子电阻下,β 变为 181%。可见,对于小功率电机而言,瞬态时间常数的传统解与改进解具有很大差别。

采用上述方法计算不同定转子电阻时,300 MW 同步电机瞬态时间常数改进解相对于传统解的偏差。结果发现,在相同定转子电阻变化范围内,直轴瞬态时间常数的改进解相对于传统解的最大偏差为 0.13%,而定子非周期衰减时间常数的改进解相对于传统解的最大偏差仅为 0.09%。因此,瞬态时间常数的改进解对于大型发电机并无明显精度优势。

3 结论

a. 推导了计及定子电阻的直轴瞬态时间常数改进解析表达式和计及转子电阻的定子非周期瞬态时间常数改进解析表达式。采用改进表达式和传统表达式计算了 7.5 kW 电机的直轴瞬态时间常数和定子非周期衰减时间常数,并与时步有限元进行对比,得出改进解与时步有限元结果更接近,而传统解则与时步有限元结果相差较大。

b. 研究了不同定转子电阻大小时,瞬态时间常数改进解相对于传统解的偏差,得出大型发电机的瞬态时间常数偏差较小,而小型发电机的瞬态时间常数偏差较大。即改进解析表达式在计算小型同步电机时具有明显的精度优势,而对于大型发电机而言,精度优势并不明显。

c. 在进行小功率电机的动态仿真和参数辨识时,必须考虑到定、转子电阻的大小对瞬态时间常数的影响,这样才能选择恰当的模型从而得到更精确的结果。

参考文献:

[1] 苏小林,周双喜. Prony 法在同步发电机参数辨识中应用[J]. 电力自动化设备,2006,26(4):1-4.
SU Xiaolin,ZHOU Shuangxi. Application of Prony method to parammeter identification of synchronous generators[J]. Electric Power Automation Equipment,2006,26(4):1-4.

[2] 周茜,苏鹏声,王祥珩. 水轮发电机失磁的动态过程分析[J]. 电力自动化设备,2002,22(6):9-11.
ZHOU Qian,SU Pengsheng,WANG Xiangheng. Analysis of dynamic processes for hydro generator under low excitation and field loss[J]. Electric Power Automation Equipment,2002,22(6):9-11.

[3] 梅成林,尹项根,张侃君. 中小型发电机失磁保护研究[J]. 电力自动化设备,2006,26(11):39-42.
MEI Chenglin,YIN Xianggen,ZHANG Kanjun. Research of excitation loss protection for medium and small generators[J]. Electric Power Automation Equipment,2006,26(11):39-42.

[4] RANGNEKAR S,RAO K V,GUPTA M K,et al. Development of time constant regulator for micromachining[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics,1985,32(4):410-413.

[5] 汤晓燕. 同步电动机的动态和瞬态稳定极限[J]. 电机与控制学报,2002,6(4),275-278.
TANG Xiaoyan. Dynamic and transient stability limit of synchronous motor [J]. Electric Machines and Control,2002,6(4):275-278.

[6] ALVARADO F L,CANIZARES C. Synchronous machine parameters from sudden-short tests by back-solving[J]. IEEE Transactions on Energy Conversion,1989,4(2):224-230.

[7] 黄其新,孙黎霞,甄威,等. 同步发电机参数辨识的蚁群算法及扰动分析[J]. 电力自动化设备,2009,29(11):50-53.
HUANG Qixin,SUN Lixia,ZHEN Wei,et al. Ant colony optimization algorithm and disturbance analysis of synchronous generator parameter identification[J]. Electric Power Automation Equipment,2009,29(11):50-53.

[8] SALVATORE L,SAVINO M. Experimental determination of synchronous machine parameters[J]. IEE Proceedings B Electric Power Application,1981,128(4):212-217.

[9] 许国瑞. 用于系统动态仿真的模拟电机参数及扰动特性研究[D]. 北京:华北电力大学,2010.
XU Guorui. Study on parameter and disturbance characteristic of generator model for system dynamic simulation[D]. Beijing:North China Electric Power University,2010.

[10] 梁艳萍,汤蕴璆,周封. 大型汽轮发电机瞬态参数的数值计算[J]. 电工技术学报,1999,14(2):5-11.
LIANG Yanping,TANG Yunqiu,ZHOU Feng. Numerical calculation of transient parameters of large turbogenerator[J]. Transactions of China Electrotechnical Society,1999,14(2):5-11.

[11] 哈尔滨大电机研究所. GB/T1029—2005 三相同步电机试验方法[S]. 北京:中国国家标准化管理委员会,2005.

[12] 马志云. 电机瞬态分析[M]. 北京:中国电力出版社,2008:29-35.

[13] 罗炜,崔学深,罗应立. 感应电机不对称暂态分析中一类一元三次特征方程及其近似求解[J]. 中国电机工程学报,2008,28(27):126-130.
LUO Wei,CUI Xueshen,LUO Yingli. Approximate solutions of a class of cubic characteristic equations in one variable in asymmetric transient analysis of induction machines[J]. Proceedings of the CSEE,2008,28(27):126-130.

[14] 罗应立,胡笳,刘晓芳,等. 面向系统动态分析的场路网耦合时步有限元模型[J]. 中国电机工程学报,2009,29(33):102-110.
LUO Yingli,HU Jia,LIU Xiaofang,et al. Field-circuit-network coupled time-step finite element model for power system dynamic analysis[J]. Proceedings of the CSEE,2009,29(33):102-110.

[15] 刘剑. Prony 在电力系统低频振荡控制中的应用[D]. 成都:四川大学,2006.
LIU Jian. The application of the Prony method in restraint the low frequency oscillation of power system[D]. Chengdu:Sichuang University,2006.

[16] 任龙飞,郝治国,张保会,等. 继电保护抗 TA 暂态饱和改进 Prony 算法[J]. 电力自动化设备,2014,34(5):126-132.
REN Longfei,HAO Zhiguo,ZHANG Baohui,et al. Improved Prony algorithm against transient CT saturation for relay protection[J]. Electric Power Automation Equipment,2014,34(5):126-132.

(下转第 61 页 continued on page 61)

QIN Jingfan,OUYANG Jingzheng. A novel variable step size LMS adaptive filtering algorithm based on Sigmoid function[J]. Journal of Data Acquisition & Processing,1997,12(3):171-194.

[18] 高鹰,谢胜利. 一种变步长 LMS 自适应滤波算法及分析[J]. 电子学报,2001,29(8):1094-1097.
GAO Ying,XIE Shengli. A variable step size LMS adaptive filtering[J]. Acta Electronica Sinica,2001,29(8):1094-1097.

[19] 李辉,李亦斌,邹云屏,等. 一种新的变步长自适应谐波检测算法[J]. 电力系统自动化,2005,29(2):69-73.
LI Hui,LI Yibin,ZOU Yunping,et al. A novel adaptive harmonic detecting algorithm based on variable step-size LMS[J]. Automation of Electric Power Systems,2005,29(2):69-73.

作者简介:

张宸宇

张宸宇(1989-),男,江苏扬州人,博士研究生,主要研究方向为谐波抑制与无功补偿(**E-mail**:top@seu.edu.cn);

梅　军(1971-),男,江苏南京人,副教授,博士,主要研究方向为电力电子与电气传动;

郑建勇(1966-),男,江苏南京人,教授,博士研究生导师,博士,主要研究方向为电力电子与电气传动。

Adaptive forecasting algorithm without load-side harmonic detection for active power filter control

ZHANG Chenyu,MEI Jun,ZHENG Jianyong,GUO Shaoqing,ZHOU Fuju

(College of Electrical Engineering,Southeast University,Nanjing 210096,China)

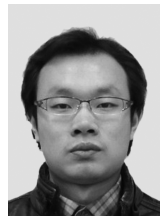
Abstract: The classical APF(Active Power Filter) algorithm applies the DC voltage control algorithm to save the detection units for load current and output current. An APF control method based on an adaptive forecasting algorithm without load-side harmonic detection is proposed to enhance its dynamic performance, which continuously calculates the weighted average of DC voltage error based on the sliding-window iterative algorithm with the forgetting factor. The coefficient of adaptive filter is renewed during the online rolling iteration,the step length is upgraded in real time,and the grid current of next step is well forecasted by the interpolation algorithm. Simulative results demonstrate the excellent steady-state compensation effect and dynamic tracking performance of the proposed method. Experimental results of a prototype based on DSP also verify the feasibility and correctness of the given algorithm.

Key words: active filters; control without load-side harmonic detection; adaptive control; forecasting; interpolation algorithm; voltage control

(上接第 54 页 continued from page 54)

[17] 王家林,夏立,吴正国,等. 采用改进 Prony 算法的电力系统故障暂态信号分析[J]. 电力自动化设备,2012,32(7):89-98.
WANG Jialin,XIA Li,WU Zhengguo,et al. Analysis of power system transient signal based on improved Prony algorithm[J]. Electric Power Automation Equipment,2012,32(7):89-98.

作者简介:


许国瑞

许国瑞(1986-),男,山西新绛人,博士研究生,研究方向为同步发电机模型及参数(**E-mail**:lingquan0624@163.com);

赵海森(1982-),男,河北邢台人,副教授,研究方向为电机损耗计算及节能(**E-mail**:zhaohisen@163.com);

刘晓芳(1961-),女,内蒙古呼和浩特人,教授,从事大型电机非正常运行等方面的研究(**E-mail**:liuxf@ncepu.edu.cn)。

Influence of stator and rotor resistances on transient time constant of synchronous machine

XU Guorui,ZHAO Haisen,LIU Xiaofang

(School of Electrical and Electronic Engineering,North China Electric Power University,Beijing 102206,China)

Abstract: When the traditional analytical expression of transient time constants is adopted to calculate the transient performance of synchronous machine,if the influences of stator and rotor resistances are partly neglected,the calculative results may be inaccurate. An improved analytical expression of direct transient time constant considering the stator resistance and an improved analytical expression of stator aperiodic time constant considering the rotor resistance are deduced. Their correctness is verified by the 7.5 kW prototype test and time step finite element method. The variation laws of transient time constant vs. the stator and rotor resistances are calculated by the improved analytical expressions and it is found that,the accuracy of transient time constant calculated by the improved analytical expressions is higher than that by the traditional method under different stator and rotor resistances.

Key words: transient time constant; aperiodic time constant; stators; rotors; electric resistance; synchronous motors