

基于线性功率-电压方程的快速潮流计算方法

张树卿¹, 童陆园¹, 洪 潮², 欧开健²

(1. 清华大学 电机工程与应用电子技术系, 北京 100084;
2. 南方电网科学研究院, 广东 广州 510080)

摘要: 针对大电网存在大量电阻电抗比偏大的串联支路的问题, 提出并实现了一种快速潮流解算方法, 该方法基于线性功率-电压方程构造迭代修正方程, 迭代初值通过基于支路电阻电抗比的 PQ 法获得, 并在迭代过程中设置加速收敛乘子以保证收敛性和求解精度。该方法中电压修正方向直观明了, 易于编程实现。算例小系统和南方电网实际系统的潮流解算测试, 表明了该方法具有较高的准确性和较好的适应性。

关键词: 潮流; 线性功率-电压方程; 大电网; 大电阻电抗比; 电力系统

中图分类号: TM 744

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.06.007

0 引言

随着软件开发、计算机技术的新进展和电力系统自身对仿真试验技术、手段要求的提高, 电力系统数字仿真与计算手段得到了很大的提升, 电网的仿真规模不断扩大, 建模精度也越来越高。例如在南方电网 2011 年系统计算数据中, 节点数和支路数接近或已超过 10 000, 发电侧诸多小型发电厂站详细建模, 输电网和低电压等级的配电网进一步细化建模。在这种情况下, 电网中大量串联支路的电阻电抗比值较大, 甚至出现支路电阻电抗比值远大于 1 的情况。一般小型发电厂站的升压变压器、输配电网的有载调压变压器和一些配电线路电阻电抗比也较大, 特别是配电网串联支路, 其电阻电抗比可能远大于 1。

牛顿-拉夫逊法(NR 法)^[1]和快速分解法(PQ

法)^[2]以其特有优势在潮流解算中得到广泛应用。但前者对初值敏感, 编程复杂度高^[3], 后者是一种固定斜率的 NR 法, 其最大的缺点是形成 B' 和 B'' 矩阵时忽略支路电阻, 严重影响了方法收敛性^[4]。后续有不少研究在这 2 种方法的基础上进行改进, 如全局潮流主从分裂法^[5]、保留方程非线性的潮流计算^[6]、带最优乘子潮流计算^[7-8]、柔性潮流^[9]等, 但仍难以兼顾方法的收敛性、计算效率和实现的复杂度, 甚至带来附加问题, 如文献[10]改进了 PQ 法, 虽能在一定程度上打破支路电阻电抗比的限制, 但修改了原系统的网架结构。

本文针对目前大电网计算发电厂站和输配电网详细建模, 电网出现了大量电阻电抗比偏大的串联支路的情况, 提出并实现了基于线性功率-电压方程的大电网快速潮流解算方法。本文具体给出了该方法完整的计算流程和若干实用技巧, 例如限制串联支路电阻电抗比的 PQ 法计算获得潮流迭代初值。实验测试表明该方法具有较高的准确性和较好的适应性。

收稿日期: 2012-06-04; 修回日期: 2013-04-24

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2011-CB302805)

Project supported by the National Key Basic Research Program of China(973 Program)(2011CB302805)

Static equivalence of external multi-port network based on measured information of internal network

YU Juan¹, ZHU Liu¹, YAN Wei¹, ZHAO Xia¹, LU Jiangang², GUO Wenxin²

(1. State Key Laboratory of Power Transmission Equipment & System Security and New Technology, Chongqing University, Chongqing 400030, China; 2. Guangdong Electric Power Dispatching Center, Guangzhou 510600, China)

Abstract: A method of static equivalence based on the measured information of internal network is proposed to estimate the equivalent network of external multi-port network and its parameters when its information is completely unknown. It adopts the two-stage estimation scheme to set the measuring equation of equivalent external network parameters and its two-stage least squares model according to the constraint relation between the equivalent parameters of external network and the internal network information, which is measured without the break-off of internal network branch, and then applies the least squares method to obtain the equivalent parameters of external multi-port network. The simulative results for IEEE 39-bus system and Guangdong Power Grid verify the correctness of the proposed method.

Key words: static security analysis; static equivalence; multi-port; least squares; measured information; models

1 电力系统潮流的线性功率-电压方程

1.1 直角坐标功率和电压方程

PQ 节点潮流方程直角坐标形式一般可以写为^[11]:

$$\begin{cases} P_i = e_i \sum_{j=1}^n (G_{ij}e_j - B_{ij}f_j) + f_i \sum_{j=1}^n (G_{ij}f_j + B_{ij}e_j) \\ Q_i = f_i \sum_{j=1}^n (G_{ij}e_j - B_{ij}f_j) - e_i \sum_{j=1}^n (G_{ij}f_j + B_{ij}e_j) \end{cases} \quad (1)$$

其中, e_j, f_j 分别为节点 j 电压的实部、虚部, G_{ij}, B_{ij} 分别为节点导纳矩阵元素的实部、虚部。

对 PV 节点, 无节点无功功率约束方程, 取而代之的是节点电压幅值约束, 其方程如下:

$$U_k^2 = e_k^2 + f_k^2 \quad (2)$$

方程式(1)、(2)构成了电力系统的潮流方程。

1.2 功率-电压线性方程

对式(1)进行一定变形, 分别得到节点注入的有功、无功功率:

$$\begin{aligned} P_i &= G_{ii}e_ie_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n (e_iG_{ij} + f_iB_{ij})e_j + G_{ii}f_if_i + \\ &\quad \sum_{j=1, j \neq i}^n (f_iG_{ij} - e_iB_{ij})f_j \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} Q_i &= -B_{ii}e_ie_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n (f_iG_{ij} - e_iB_{ij})e_j - B_{ii}f_if_i - \\ &\quad \sum_{j=1, j \neq i}^n (e_iG_{ij} + f_iB_{ij})f_j \end{aligned} \quad (4)$$

将式(3)、(4)中各电压的一次项提出, 写成矩阵形式, 得到:

$$\begin{bmatrix} \vdots \\ P_i \\ Q_i \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \cdots & H_{ii} & E_{ii} & \cdots & H_{ij} & E_{ij} & \cdots \\ \cdots & F_{ii} & D_{ii} & \cdots & F_{ij} & D_{ij} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_i \\ f_i \\ \vdots \\ e_j \\ f_j \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (5)$$

若取 $H_{ii} = G_{ii}e_i, E_{ii} = G_{ii}f_i, F_{ii} = -B_{ii}e_i, D_{ii} = -B_{ii}f_i$, 则 $H_{ii}D_{ii} - F_{ii}E_{ii} = 0$ 。

注意到式(5)中功率-电压关系矩阵在诸多情况下不满秩, 难以通过该关系式进行电压修正值的计算, 此外, 无法对该矩阵进行三角分解, 导致难以高效求解修正方程。于是对功率方程式(3)、(4)进行进一步修改为:

$$\begin{aligned} P_i &= \left[G_{ii}e_i + 0.5 \sum_{j=1, j \neq i}^n (G_{ij}e_j - B_{ij}f_j) \right] e_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n 0.5 (e_iG_{ij} + f_iB_{ij})e_j + \\ &\quad \left[G_{ii}f_i + 0.5 \sum_{j=1, j \neq i}^n (G_{ij}f_j + B_{ij}e_j) \right] f_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n 0.5 (f_iG_{ij} - e_iB_{ij})f_j \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} Q_i &= \left[-B_{ii}e_i - 0.5 \sum_{j=1, j \neq i}^n (B_{ij}e_j + G_{ij}f_j) \right] e_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n 0.5 (f_iG_{ij} - e_iB_{ij})e_j + \\ &\quad \left[-B_{ii}f_i + 0.5 \sum_{j=1, j \neq i}^n (G_{ij}e_j - B_{ij}f_j) \right] f_i - \sum_{j=1, j \neq i}^n 0.5 (e_iG_{ij} + f_iB_{ij})f_j \end{aligned} \quad (7)$$

则取:

$$\begin{cases} H_{ii} = G_{ii}e_i + 0.5 \sum_{j=1, j \neq i}^n (G_{ij}e_j - B_{ij}f_j) \\ E_{ii} = G_{ii}f_i + 0.5 \sum_{j=1, j \neq i}^n (G_{ij}f_j + B_{ij}e_j) \\ F_{ii} = -B_{ii}e_i - 0.5 \sum_{j=1, j \neq i}^n (B_{ij}e_j + G_{ij}f_j) \\ D_{ii} = -B_{ii}f_i + 0.5 \sum_{j=1, j \neq i}^n (G_{ij}e_j - B_{ij}f_j) \\ H_{ij} = 0.5 (e_iG_{ij} + f_iB_{ij}) \\ E_{ij} = 0.5 (f_iG_{ij} - e_iB_{ij}) \\ F_{ij} = 0.5 (f_iG_{ij} - e_iB_{ij}) \\ D_{ij} = 0.5 (e_iG_{ij} + f_iB_{ij}) \end{cases} \quad (8)$$

对 PV 节点, 电压幅值约束方程可写为:

$$U_k^2 = e_k^2 + f_k^2 = e_k e_k + f_k f_k \quad (9)$$

在潮流解算每一步迭代中, 方程式右边项系数中电压项用上一次迭代解代入, 仅保留电压一次项作为变量。

1.3 电压修正方程

在潮流方程迭代求解中, 通过求解修正方程得到各电压修正量, 修正方程形如:

$$\begin{bmatrix} \vdots \\ \Delta P_i \\ \Delta Q_i \\ \vdots \\ \Delta U_k^2 \\ \Delta Q_k \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 \\ J_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \vdots \\ \Delta e_i \\ \Delta f_i \\ \vdots \\ \Delta e_k \\ \Delta f_k \\ \vdots \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$J_1 = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \cdots & H_{ii} & E_{ii} & \cdots & H_{ik} & E_{ik} & \cdots \\ \cdots & F_{ii} & D_{ii} & \cdots & F_{ik} & D_{ik} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$J_2 = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & e_k & f_k & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \cdots & F_{kk} & D_{kk} & \cdots & F_{ki} & D_{ki} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \quad (12)$$

2 方法流程与关键问题

2.1 方法流程

基于线性功率-电压方程的快速潮流解算方法是一种非线性方程迭代求解方法^[12](记为 TPQ 法), 其计算流程如图 1 所示。

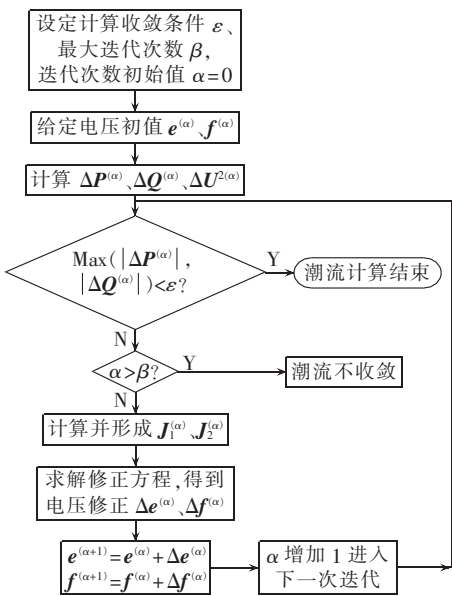


图 1 潮流迭代解算流程图

Fig.1 Flowchart of iterative power flow calculation

迭代计算过程中,首先计算 PQ 节点功率偏差与 PV 节点有功偏差和电压幅值平方的偏差,而后依据潮流的功率-电压线性关系形成修正方程后,求解该方程得到各 PQ、PV 节点电压实、虚部修正量,最后对各节点电压进行修正,完成一次迭代计算。迭代过程中,功率偏差最大值小于设定值,则表明潮流解算收敛;若迭代次数超过最大设定值,则表明潮流解算不收敛。

2.2 迭代初值

不难理解,在潮流方程迭代求解计算中,当各 PQ、PV 节点电压接近真值,方程式(6)、(7)、(9)近似满足,这时通过式(11)、(12)求解所得修正方向能够保证是正确的。因此,迭代计算的合理初值也是 TPQ 方法有效的关键。

对此,对实际大电网的潮流解算,本文采用 PQ 分解法估计迭代初值,其流程如图 2 所示。

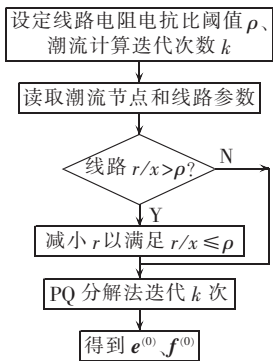


图 2 PQ 法确定电压初值流程

Fig.2 Flowchart of initial voltage calculation using PQ method

借鉴潮流解算延拓法的思路^[13-14],设定阈值 ρ 和调整串联支路参数以保证 PQ 分解法能够有效收敛,

如取 $\rho = 0.75$;同时设定较小的迭代次数限制,如 $k \leq 10$,保证了 PQ 分解法在少数次迭代后能够形成有意义、可用的初值。

2.3 加速收敛乘子

普遍地,TPQ 方法修正方程中矩阵 J_1 、 J_2 与 NR 法的雅可比矩阵相比,其对应元素符号相同且绝对值均小于后者,因此 TPQ 法在每步迭代计算中求解修正方程所得的电压修正量 $\Delta e^{(\alpha)}$ 、 $\Delta f^{(\alpha)}$ 较 NR 法更大。一方面,在 $e^{(\alpha)}$ 、 $f^{(\alpha)}$ 偏离真值较大时,TPQ 法中 $\Delta e^{(\alpha)}$ 、 $\Delta f^{(\alpha)}$ 下降速度较快,另一方面,当 $e^{(\alpha)}$ 、 $f^{(\alpha)}$ 接近真值时, $\Delta e^{(\alpha)}$ 、 $\Delta f^{(\alpha)}$ 较大,可能会导致 $e^{(\alpha)}$ 、 $f^{(\alpha)}$ 在真值附近振荡。

因此,借鉴阻尼牛顿法^[11]或最优乘子法^[7-8]的思想,在 TPQ 法迭代计算中,当 $e^{(\alpha)}$ 、 $f^{(\alpha)}$ 接近真值时,适当减小通过求解式(11)所得电压修正值以消除“过”修正,即在图 1 计算流程中,当 $\text{Max}(|\Delta P^{(\alpha)}|, |\Delta Q^{(\alpha)}|)$ 接近 ε 时,如满足 $\text{Max}(|\Delta P^{(\alpha)}|, |\Delta Q^{(\alpha)}|) < 10\varepsilon$,则以因子 γ 乘电压修正值后叠加至 $e^{(\alpha+1)}$ 、 $f^{(\alpha+1)}$,通过试验确定 γ 取值为 0.2~0.5。

3 算例研究

3.1 4 节点实验系统 1

实验系统拓扑结构如图 3 所示,系统网架大体呈现辐射状,各串联支路参数满足 $r \ll x$ 的条件, r/x 最大值为 0.0759。

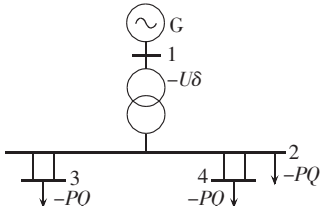


图 3 4 节点实验系统 1

Fig.3 4-bus test system 1

在该系统上,将 TPQ 方法与 BPA 仿真软件^[15]的 PQ 分解法进行特性的比较分析,潮流收敛条件 $\varepsilon = 10^{-4}$,结果如表 1 所示,表中有功偏差、无功偏差均为标么值,后同。

表 1 TPQ 方法与 PQ 分解法比较

Tab.1 Comparison between TPQ and PQ methods

比较项目	TPQ 方法	PQ 分解法
收敛迭代次数	1(PQ)+3(TPQ)	5
有功偏差	8×10^{-6}	$< 1 \times 10^{-5}$
无功偏差	$< 1 \times 10^{-6}$	$< 1 \times 10^{-5}$

由此可见,对一般串联支路阻抗比很小的辐射状系统,TPQ 方法的后续收敛性优于 PQ 分解法。

3.2 4 节点实验系统 2

实验系统拓扑结构如图 4 所示,相比实验系统

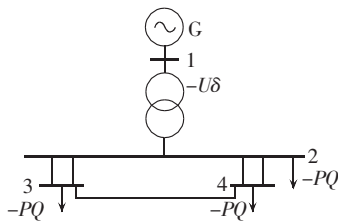


图 4 4 节点实验系统 2
Fig.4 4-bus test system 2

1,节点 3 与 4 之间增加了单回输电线。在该系统上,将 TPQ 方法与 BPA 仿真软件的 PQ 分解法和 NR 方法的特性进行比较分析,潮流收敛条件 $\varepsilon=10^{-4}$ 。

a. 各串联支路参数 r 与 x 可比, r/x 最大值为 0.809,结果如表 2 所示。

表 2 TPQ 方法与 PQ 分解法、NR 法比较
Tab.2 Comparison among TPQ,PQ and NR methods

比较项目	TPQ 方法	PQ 法	NR 法
迭代次数	1(PQ)+3(TPQ)	15(不收敛)	2(PQ)+5(NR)
有功偏差	$<1\times10^{-6}$	7.7×10^{-3}	$<1\times10^{-6}$
无功偏差	$<1\times10^{-6}$	$<1\times10^{-5}$	$<1\times10^{-6}$

b. 各串联支路参数 $r\gg x$, r/x 最大值为 22.08,结果如表 3 所示。

表 3 TPQ 方法与 PQ 分解法、NR 法比较
Tab.3 Comparison among TPQ,PQ and NR methods

比较项目	TPQ 方法	PQ 法	NR 法
迭代次数	1(PQ)+3(TPQ)	7(不收敛)	2(PQ)+5(NR)
有功偏差	$<1\times10^{-6}$	2.07×10^{-3}	$<1\times10^{-6}$
无功偏差	$<1\times10^{-6}$	$<1\times10^{-5}$	$<1\times10^{-6}$

可见,当系统串联支路电阻与电抗可比或电阻大于电抗的情况下,TPQ 法与 BPA 软件的 PQ 分解法、NR 法相比,TPQ 方法收敛性与 NR 法相近,迭代次数相对更少,而 PQ 分解法则难以收敛。此外,该案例可验证,利用 PQ 分解法计算初值时,通过阈值 ρ 调整串联支路参数,能够确保 PQ 分解法有效收敛并得到可行的初值。

3.3 南方电网 2011 年系统计算数据

南方电网 2011 年系统节点总数为 9374,支路总数为 12189,发电机总数 1319,其中广东电网的节点数为 1971,支路数为 2586,云南电网发电机数 885,节点数 5318。可见,该系统建模中,南方电网加强了发端发电机和受端配用电网的仿真建模,如云南电网中小水电和广东电网的输配电网。

经统计,串联支路 r/x 超过 0.75 的支路总数为 392,其中,输配电线路数量为 274,变压器支路数量为 118。

在该系统上,将 TPQ 方法与 BPA 仿真软件^[15]的 NR 法的性能进行比较分析,潮流收敛条件 $\varepsilon=10^{-4}$,结果如表 4 所示。

上述实验中,BPA 的 NR 法以 PQ 法 10 次迭代

表 4 TPQ 方法与 NR 法比较
Tab.4 Comparison between TPQ and NR methods

比较项目	TPQ 方法	NR 法
迭代次数	10(PQ)+4(TPQ)	10(PQ)+25(NR)
有功偏差	6.9×10^{-6}	1.58×10^{-3}
无功偏差	1.9×10^{-6}	2.39×10^{-3}

计算结果作为初值,转为 NR 法进行计算,迭代 25 次不能达到 $\varepsilon=10^{-4}$ 的收敛条件,且在迭代 19 次后,有功、无功偏差在 $1.5\times10^{-3}\sim3\times10^{-3}$ p.u. 范围振荡。

而本文提出的 TPQ 方法,以 PQ 法 10 次迭代计算结果为初值,TPQ 法迭代 4 次收敛,且有功、无功偏差均达到 $\varepsilon=10^{-4}$ 的收敛条件。可见 TPQ 方法具有较好的收敛性、准确性和适应性。

4 结语

本文提出并实现了基于线性功率-电压方程的快速潮流计算方法,该方法电压修正方向直观明了,易于编程实现,经测试具有较好的收敛性和准确性,能够较好适应大电网发电和输配电侧详细建模时的潮流计算。

参考文献:

[1] TINNEY W F,HART C E. Power flow solution by Newton's method[J]. IEEE Trans PAS,1967,86(11):1449-1460.

[2] STOTT B,ALSAC O. Fast decoupled load flow[J]. IEEE Trans PAS,1974,93(3):859-860.

[3] 娄志辉. 具有输配电网特征的电网潮流计算研究[D]. 西安:西安科技大学,2009.

LOU Zhihui. Research on power flow with electric power transmission & distribution networks feature[D]. Xi'an:Xian University of Science and Technology,2009.

[4] 杨建华. 潮流计算 PQ 分解法的最佳方式探讨[J]. 电网技术,1996,20(1):30-32.

YANG Jianhua. Analysis of the best model for fast decoupled load flow algorithms[J]. Power System Technology,1996,20(1):30-32.

[5] 孙宏斌,张伯明,相年德. 发输配全局电力系统分析[J]. 电力系统自动化,2000,24(1):17-20.

SUN Hongbin,ZHANG Boming,XIANG Niande. Comprehensive power system analysis including transmission and distribution networks[J]. Automation of Electric Power Systems,2000,24(1):17-20.

[6] 黄进安,吴惟静. 保留潮流方程非线性的电力系统概率潮流计算[J]. 电力系统自动化,1986,10(6):3-12.

HUANG Jinan,WU Weijing. The calculation of probabilistic load flow remaining nonlinear[J]. Automation of Electric Power Systems,1986,10(6):3-12.

[7] 胡泽春,严正. 带最优乘子牛顿法在交直流系统潮流计算中的应用[J]. 电力系统自动化,2009,33(9):26-31.

HU Zechun,YAN Zheng. Application of Newton load flow methods with optimal multiplier for AC/DC power systems[J]. Automation of Electric Power Systems,2009,33(9):26-31.

- [8] 陈谦,刘俊勇,吴国梁. 含最优乘子的连续潮流算法和奇异值算法的电压静态稳定分析软件开发[J]. 电力自动化设备,2005,25(4):32-39.
- CHEN Qian,LIU Junyong,WU Guoliang. Development of power system voltage stability analysis software using continuation method and singular value decomposition method[J]. Electric Power Automation Equipment,2005,25(4):32-39.
- [9] 刘宪林,陈楠,苏向敬,等. 电力系统柔性潮流[J]. 电力自动化设备,2009,29(5):1-4.
- LIU Xianlin,CHEN Nan,SU Xiangjing,et al. Flexible power flow[J]. Electric Power Automation Equipment,2009,29(5):1-4.
- [10] 张俊芳,别朝红,康明才. 一种改进的快速分解潮流计算方法[J]. 四川工业学院学报,1998,19(1):24-29.
- ZHANG Junfang,BIE Zhaohong,KANG Mingcai. Improved calculation method for fast decomposing tidal current[J]. Sichuan University of Science and Technology,1998,19(1):24-29.
- [11] 张伯明,陈寿孙,严正. 高等电力网络分析[M]. 2版. 北京:清华大学出版社,2007:230-232.
- [12] 王守相,黄丽娟,王成山,等. 分布式发电系统的不平衡三相潮流计算[J]. 电力自动化设备,2007,27(8):11-15.
- WANG Shouxiang,HUANG Lijuan,WANG Chengshan,et al. Unbalanced three-phase power flow calculation for distributed power generation system[J]. Electric Power Automation Equipment,2007,27(8):11-15.
- [13] 柳伟,顾伟,徐荆州. 基于预测-校正的同伦延拓法追踪高维 Hopf 分岔点研究[J]. 电力自动化设备,2009,29(9):65-69.

LIU Wei,GU Wei,XU Jingzhou. Prediction-correction homotopy continuation method for high-dimension Hopf bifurcation point tracking[J]. Electric Power Automation Equipment,2009,29(9):65-69.

- [14] 陈礼义,戴宏伟,张琦鹏. 一种大范围收敛的电力系统潮流算法——同伦延拓法[J]. 电力系统及其自动化学报,1993,1(7):67-74.

CHEN Liyi,DAI Hongwei,ZHANG Qipeng. A large range convergent method for power system load calculation-homotopy continuation method[J]. Proceedings of the CSU-EPSCA,1993,1(7):67-74.

- [15] 印永华,卜广全,汤涌,等. PSD-BPA 潮流程序用户手册[M]. 4版. 北京:中国电力科学研究院,2007:1-5.

作者简介:



张树卿

张树卿(1983-),男,河南新乡人,博士后,研究方向为电力系统次同步振荡、电力系统电磁/机电暂态混合仿真和电力物联网(E-mail: zhangsq05@mails.tsinghua.edu.cn);

童陆园(1946-),男,湖北当阳人,教授,长期从事电力系统分析和控制方面的研究和教学工作;

洪 潮(1967-),男,湖北牡丹江口人,教授级高级工程师,长期从事电力系统运行和分析方面的研究和工程实施工作。

Fast power flow calculation based on linear power-voltage equation

ZHANG Shuqing¹,TONG Luyuan¹,HONG Chao²,OU Kaijian²

(1. Department of Electrical Engineering,Tsinghua University,Beijing 100084,China;

2. Electric Power Research Institute,China Southern Power Grid,Guangzhou 510080,China)

Abstract: For large power grid with plentiful serial branches of large resistance-reactance ratio,a fast power flow calculation method is proposed and realized,which builds the iterative modification equation based on the linear power-voltage equation and the initial iterative value is calculated using the PQ method based on the continuation of branch resistance-reactance ratio. An accelerating convergence factor is added to the iterative process to ensure the convergence and solving accuracy. Its voltage modification direction is simple and clear,suitable for programming. The power flow calculations for a small system case and the practical Southern Grid show that,the proposed method is of high accuracy and good adaptability.

Key words: power flow; linear power-voltage equation; large power grid; large resistance-reactance ratio; electric power systems