

一种配电网量测系统设计与优化方案

徐凌邈¹, 范韩璐¹, 祁宇², 朱鑫要³

(1. 国网江苏省电力公司南京供电公司, 江苏 南京 211100; 2. 上海电力学院, 上海 200090;
3. 国网江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103)

摘要:量测配置问题主要包括量测类型、量测地点和量测数量的选取, 从量测类型的选择问题出发, 针对配电网络完全可观的要求, 构建配电网量测系统布置的算法模型, 来确定量测地点和量测数量, 使得量测达到成本最小化的目标。在量测系统的基础上, 结合具体的 IEEE14 节点网络, 根据具体的电力系统状态估计算例对该量测系统的评估指标进行检验和优化, 来验证量测系统的有效性和正确性。

关键词:量测系统; 状态估计; 网络可观度; 评估优化

中图分类号: TM561

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2017)05-0143-06

0 引言

量测配置是进行配电网状态估计的重要条件之一, 要得到准确的系统实时状态就需要优化量测配置。由于配电网中负荷节点繁多, 要在所有负荷节点处安装量测装置明显是不现实的, 这就需要在量测配置成本和状态估计精度之间寻求平衡^[1]。配网量测系统的评估与优化的主要作用^[2]是规划新的量测系统或改造已有的量测系统, 而量测系统的设计与优化是实时网络状态分析的基础, 工程中量测配置的研究方法有 2 种:

(1) 解析法。文献[3]运用广义逆矩阵来评价状态估计的精度指标, 并以该精度指标来进行量测配置。由测量误差可以定量评估各个量测对状态估计误差的影响, 根据误差影响排序进行量测配置优化的求解。文献[4]首先给出配电网量测配置的一般准则, 按照节点重要度进行排序, 以此来指导量测安装的顺序, 但没有给定量测装置的安装位置。文献[5]利用 Sherman-Morrison 公式推导出量测和状态变量方差之间的数学表达式, 将所有备选的量测量添加进量测集合, 由状态估计和量测评估算法给出候选量测的排序结果, 然后按照候选量测的排序依次选择, 确定所安装的量测类型及位置。文献[6]采用删除型的配置算法, 根据量测对状态估计误差影响大小不同, 删除对系统误差影响最小的测量, 这样保证了精度和经济性的协调。

(2) 人工智能算法。文献[7]给出了一种启发式的电压量测配置方法, 以减小母线的电压偏差为目标。文献[8]建立了以最小化投资费用为目标函

数, 保证一定估计精度的量测配置模型, 采用粒子群算法求解量测配置的优化问题, 并考虑了量测损坏的情况。文献[9]采用基于动态规划的启发式方法, 考虑到随机故障和主动式电网的结构, 给出了配电网在网络结构变化的量测配置方案, 但配置时对网络结构方案分别配置, 选择最大集合作为最终配置方案。文献[10]提出了量测配置的优化算法, 采用微分进化算法实现。

目前工程实际中应用最广泛的是解析法, 其可以避免组合爆炸问题, 并且可以快速地解决量测配置问题。而由于配电自动化系统在配变终端覆盖率低, 缺少完整实时的配变量测, 经济因素限制了以可靠性为出发点的配置方案使之在实际中难以实现, 所以配电网配置的研究方向主要在于合理布置测点。

文中在一定的量测系统精度要求的条件下, 从如何选取量测类型和量测地点的角度出发, 基于网络的可观度以及冗余度的要求, 构建配网量测系统布置的算法模型, 使得量测布置点数量最少, 从而达到成本最小化的目标。在此量测系统模型的基础上, 结合具体的 IEEE14 节点网络来进行状态估计模拟实验, 对提出的量测系统进行评估和优化。

1 配电网量测系统的数学模型

1.1 量测类型的选取

在线性方程组 $Ax=b$ 中 (A 是非奇异矩阵), 矩阵 A 的条件数 $\text{cond}(A)$ 反映了解 x 的误差对于 A 或 b 的微小变动的灵敏度。 $\text{cond}(A)$ 的值越大, 灵敏度越高, 对于很小的初始误差 δA , 解 x 都可能出现很大的误差, 从而破坏解的精确度。

电压量测、电流量测和功率量测对于状态估计

收稿日期: 2017-04-21; 修回日期: 2017-06-03

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目 (51607092)

的精度影响是不同的^[11]。且从条件数的大小来分析电压、电流和功率量测对于量测系统精度的影响。文中选用 IEEE14 节点配电系统为例,如图 1 所示。设基准电压为 $U_B = 23 \text{ kV}$,基准功率 $S_B = 100 \text{ MV} \cdot \text{A}$ 。

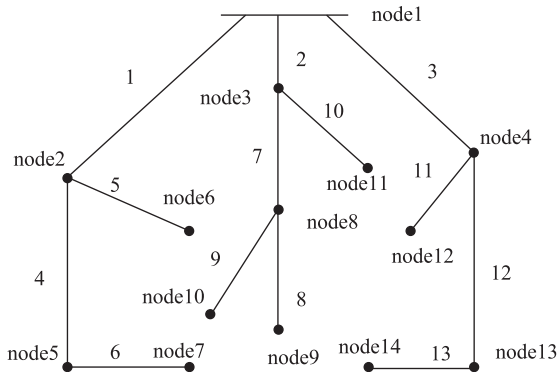


图 1 IEEE14 节点系统图

Fig.1 IEEE14 node distribution system

当量测覆盖度为 1 时,即所有的节点和支路均布置有量测装置,分别在电压量测、电流量测和功率量测下,计算系数矩阵 $\mathbf{A} = [\mathbf{H}^T \mathbf{R}^{-1} \mathbf{H}] \mathbf{H}^T \mathbf{R}^{-1}$ 的条件数。

系数矩阵的条件数的计算公式为:

$$\text{cond}(\mathbf{A}) = \|\mathbf{A}^{-1}\| \cdot \|\mathbf{A}\| \quad (1)$$

这里基于 $\|\mathbf{A}\|$ 矩阵的 1 范数、2 范数与无穷范数分别计算条件数,将这 3 种条件数的均值取为平均条件数。

经计算,系数矩阵的平均条件数如图 2 所示。功率量测对应的系数矩阵的平均条件数最小,而电压量测对应的系数矩阵的平均条件数最大。在量测冗余度不足的情况下,电压量测多的系统其状态估计的系数矩阵最容易出现病态,而功率量测多的系统其系数矩阵条件数最佳。所以,对于提高状态估计结果精度,功率量测最好,电流量测次之,电压量测最差。

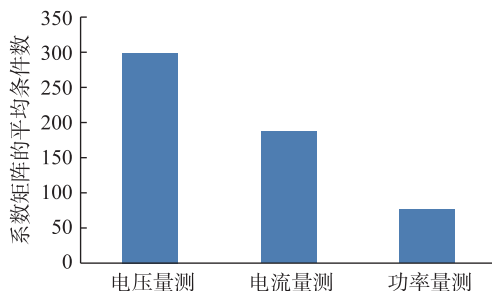


图 2 系数矩阵的条件数

Fig.2 The condition number of coefficient matrix

由于变电站出线端一般会要求为电压量测点,所以变电站的出线端设为电压量测点。在实际的

配电网量测系统中,是存在部分的电流量测的,但是这些电流量测没有方向,很难应用,对电流信息应至少布置量测装置。

由于功率量测综合效果比较好,所以在给定的备选量测集合中,优先对功率量测进行优化布点,从而有利于提高整个网络的状态估计精度。

1.2 基于功率量测的配电网完全可观原理

配电网中的一条馈线支路如图 3 所示,其中节点 1 为变电站的出线端,设节点 1 的电压幅值为 1,相角为 0。

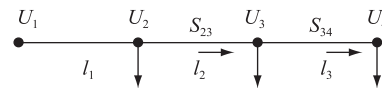


图 3 配电网馈线支路图

Fig.3 A branch of distribution feeder

如果在节点 3 处安装一个量测装置,则节点 3 处的电压相量、节点 3 处的注入功率和支路 l_2, l_3 的功率相量均可以获得,根据功率方程可以得到:

$$\begin{pmatrix} \dot{S}_{34} \\ \dot{U}_3 \end{pmatrix} = \frac{1}{Z_{34}} (\dot{U}_3 - \dot{U}_4) \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} \dot{S}_{32} \\ \dot{U}_3 \end{pmatrix} = \frac{1}{Z_{23}} (\dot{U}_2 - \dot{U}_3) \quad (3)$$

由式(2)和式(3)可知,对于一条 n 节点 b 条支路的辐射状结构配电网来说,如果该配电网的所有支路的功率相量可以通过量测装置获取,那么该网络中的所有节点的电压相量均可以通过功率方程得到,从而实现配电网的完全可观。因此,提出一种基于功率量测的配电网可观原理为:如果一个配电网中所有节点间相连的支路功率(有功和无功)完全可观,则配电网完全可观。这里所提及的支路功率完全可观并不特指是支路的首端还是末端量测得到的功率值,只要可以通过支路的一端可以量测得到支路功率值,即该支路可观。

1.3 配电网的量测点布置模型

在保证状态估计精度的前提下,量测系统应构建尽可能少的量测布置点,从而降低成本,实现量测系统的最优布置。

在配电网正常运行时,要实现每条支路功率完全可观,只需要保证每条量测支路有 1 个量测度即可^[12]。但是在实际运行的过程中,往往会由于配网发生故障而导致有部分支路的量测数据发生缺失。因此,通过增大支路的量测度,使得每条支路的量测度 $d_i \geq 2$,来保证当某些支路的量测缺失时,量测系统仍可提供可靠的量测数据。需要注意的是虚

拟量测点,如果配电网中存在支路只与一个虚拟量测点相连接,那么该支路的量测度只需要满足 $d_i \geq 1$,即可达到故障时的可观度要求;如果存在一条支路连接两个虚拟量测点的情况,该支路的量测度只需要满足 $d_i \geq 0$ 即可。

此外,对于辐射状配电网中的馈线末端节点,如果与末端节点相连接的支路功率发生缺失,馈线末端的节点将会出现“孤岛”状态,其对整个配电网的可观性影响不大。因此,与末端节点相连的支路,其量测度只需满足 $d_i \geq 1$ 即可。

综合以上分析,构建基于支路可观的配电网量测点布置基本数学模型如下:

$$\left. \begin{array}{l} \min \sum_{i \in n} x_i \\ \text{s.t. } \mathbf{A}_{b \times n} \mathbf{X}_{n \times 1} \geq \mathbf{D}_{b \times 1} \\ 1.8 \leq \frac{m}{2n-1} \leq 2.8 \\ x_1 = 1 \\ x_i \in \{0,1\} \end{array} \right\} \quad (4)$$

式(4)中: $\mathbf{A}_{b \times n}$ 为网络拓扑矩阵; b 为支路数; n 为节点数。

式(4)中的拓扑矩阵中元素 a_{ij} 定义为:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{支路 } i \text{ 和节点 } j \text{ 不相连} \\ 1, & \text{支路 } i \text{ 和节点 } j \text{ 相连} \end{cases} \quad (5)$$

量测点布置矩阵 $\mathbf{X}_{n \times 1}$ 表示量测点布置矩阵,其中元素 x_i 定义为:

$$x_i = \begin{cases} 0, & \text{节点 } i \text{ 不是量测布置点} \\ 1, & \text{节点 } i \text{ 是量测布置点} \end{cases} \quad (6)$$

用支路完全可观矩阵 $\mathbf{D}_{b \times 1}$ 表示配电网所有支路功率完全可观,其中 d_i 定义为:

$$d_i = \begin{cases} 0, & \text{支路连接 2 个虚拟量测点} \\ 1, & \text{只连接 1 个虚拟量测点或与末端节点相连} \\ 2, & \text{其他情况} \end{cases} \quad (7)$$

式(4)中的 $\frac{m}{2n-1}$ 表示量测系统的冗余度,其中 m 表示量测相量的维数,这里的量测为各条支路的有功功率 P_{ij} 和无功功率值 Q_{ij} ,量测布置点处的注入有功功率 P_i 和注入无功功率 Q_i 以及量测点处的电压相量 U_i ; n 表示网络的节点个数。在工程中,量测冗余度的范围通常在 1.8~2.8。

2 配电网量测系统的评估与优化

2.1 量测系统的评估指标

(1) 不良数据可检测性指标^[13]。不良数据的

大小 a_i (一般为该量测标准方差 σ_i 的倍数,取绝对值)、加权残差灵敏度矩阵 $\mathbf{W}_{\omega,i,i}$ 与漏检测概率 β_i 、误检测概率 α_i 及检测成功概率 P_i 之间存在如下关系:

$$\mathbf{W}_{\omega,i,i} = \left[\frac{N_{1-\alpha/2} + N_{P,i}}{a_i} \right] \quad (8)$$

$$P_i = 1 - \beta_i = 1 - P\{u_i \leq N_{1-\alpha/2} - \alpha_i \mathbf{W}_{\omega,i,i}^{1/2}\} \quad (9)$$

对于一个具体的量测系统,可以在给定的误检测概率 α_i 和不良数据的大小 a_i 的条件下,用式(9)来确定其检测成功概率 P_i 。用这个参数用来评价已有量测系统的不良数据的可检测与可辨识水平。在电网的实际运行过程中,通常误检测概率 α_i 的门槛值不得超过 0.005,检测成功概率 P_i 的门槛值在 0.995 以上。

残差灵敏度矩阵中对角项 $\mathbf{W}_{\omega,i,i}$ 越小的量测对状态估计精度影响越大,这为量测优化配置时删除或补充量测提供了指标。

(2) 状态估计性能指标。

①量测误差统计值:

$$S_M = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(\frac{z_{i,t}^* - S_{ii,t}^*}{\sigma_i} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

②估计误差统计值:

$$S_E = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(\frac{h_{i,t}^* - S_{ii,t}^*}{\sigma_i} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

式(10,11)中: $S_{ii,t}^*$ 为量测量 i 在 t 时刻的真值; $z_{i,t}^*$ 为量测量 i 在 t 时刻的量测值; $h_{i,t}^*$ 为量测量 i 在 t 时刻的量测函数值。

对于符合要求的量测系统,量测误差的统计值应接近于 1,量测量估计误差的统计值应小于 1。即:

$$\begin{cases} S_M \approx 1 \\ S_E < 1 \end{cases} \quad (12)$$

2.2 量测系统的优化方案

上述量测点的布置方案可以作为一种配电网初始量测配置方法,该方案从网络的可观性出发,在保证量测冗余度的情况下,构建量测点的布置模型来减少成本投入。根据对量测优化配置系统的功能要求,该系统还应具有“不良数据可检测性指标分析”和“估计精度影响分析”的模块。其主要优化步骤如图 4 所示。首先读入网络结构、网络参数和量测点布置等信息和数据,从而形成完备的量测集合(即全部的母线注入和支路量测);然后根据式(8—11)计算不良数据检测指标与精度指标,

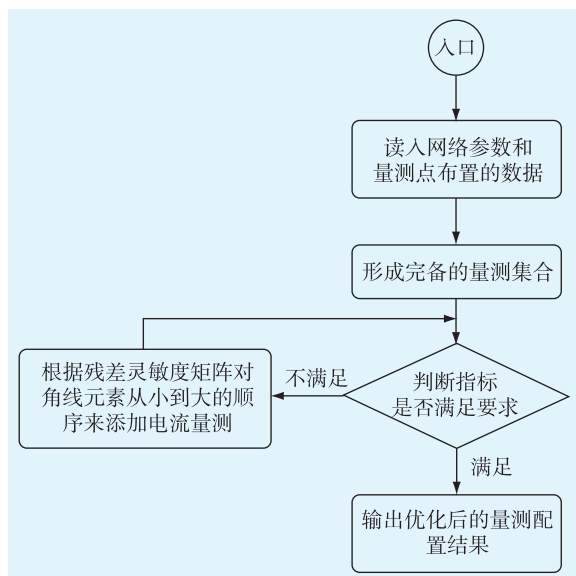


图4 配电网量测系统优化方案

Fig.4 Optimization scheme of distribution network measurement system

若满足精度要求则输出量测配置结果,否则根据残差灵敏度矩阵 $W_{\omega,i,i}$ 来添加支路电流量测信息。残差灵敏度矩阵 $W_{\omega,i,i}$ 对角线值越小,表明该节点对于量测系统精度的影响越大,所以优先在对角线值最小的节点处添加电流量测装置,然后将新的量测集合重新进行检验,直到满足精度指标的要求。

上述量测配置方案在应用于实际配网的量测系统中时,还需注意以下几点:

(1) 由于通信通道的投资远大于测点的投资,对于配置了远程终端的母线节点应尽量多布置测点;

(2) 联络变压器各端均应布置测点,否则无法实现变比估计;

(3) 目前配电自动化系统在配变终端覆盖率低,每个到达调度中心的量测数据费用都很高,应将有限的投资用在最薄弱的地方,即最大增强系统量测性能的地方。

3 仿真试验分析

基于支路功率完全可观的量测点布置模型是属于0-1整数线性规划问题,整数规划问题的求解有很多方法,这里采用分枝定界法^[14]来求解该整数规划问题。在Matlab软件环境中首先对基本的量测点布置模型进行求解,然后通过优化配置方案对基本的量测点布置模型进行优化配置,并在IEEE14节点的状态估计仿真试验中验证了上述量测点布置算法和优化方案的正确性和有效性。量测系统配置方案如表1所示。

表1 量测系统配置方案

配电系统	量测点布置方案			
	量测点数目	冗余度 K	虚拟量测点	量测点安装位置
14节点	7	2	2,3,4,8	1,2,3,4,5,8,13

从表1可以看出,在配电网系统中可以通过布置一定量的量测点获取整个配电网的所有支路功率,从而通过支路功率方程求解出所有的节点电压状态相量,实现整个配电网完全可观。对于14节点配电网系统,基本模型只需要布置7个量测点即可实现网络可观。

对于此量测点布置系统,采用状态估计的模拟实验^[15]对其进行评估和优化。状态估计的模拟实验流程图如图5所示。

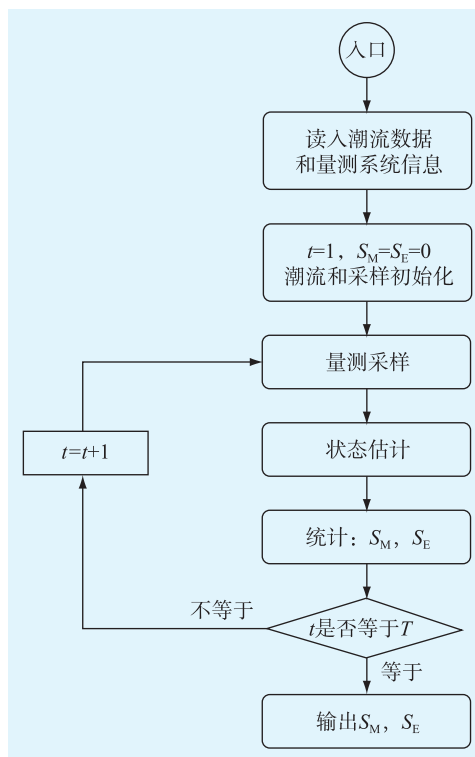


图5 状态估计的模拟试验系统

Fig.5 Simulation test system for state estimation

(1) 准备数据。潮流数据^[16]按3种负荷水平给出,应包括支路数据、发电数据和负荷数据;量测系统信息应包括各量测点的类型和地点。

(2) 初始化。潮流程序初始化包括节点次序优化、形成导纳矩阵和迭代初始电压;量测系统初始化包括计算各量测量的标准差 σ_i 和权重 R_i^{-1} ,另外还要使随机数发生器初始化,否则试验不能再现。

(3) 模拟 t 时刻的量测采样。包括计算 t 时刻的潮流(真值)和计算随机量测误差,由此得到一次

随机量测值。

(4) 状态估计程序。目前配电网状态估计的算法很多,最经典的方法是基本加权最小二乘法^[17]。采用基本加权最小二乘法,由量测值估计系统的状态量。

(5) 状态估计结果统计分析。主要包括这一估计目标函数值、量测误差的标准差和估计值的标准差,并累加进统计值中。

根据上述的 IEEE14 节点的网络参数、潮流参数和量测系统配置,取 $T=50$ 次进行状态估计运行,试验结果列表 2 所示。

表 2 状态估计的试验结果 ($T=50$)

次数 T	$S_{M,max}$	$S_{E,max}$	$S_{R,max}$	S_M	S_E	P_i
1	6.17	3.12	1.74	1.19	0.48	0.997 2
2	-3.22	2.36	-1.39	1.04	0.57	0.995 6
3	2.73	1.56	2.44	1.10	0.79	0.995 8
4	-3.12	-2.78	1.89	0.98	0.82	0.996 1
5	3.28	1.98	2.03	0.93	0.71	0.999 0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
46	-2.17	2.08	-2.51	1.97	0.63	0.997 8
47	3.45	1.19	2.50	0.88	0.54	0.998 2
48	-3.19	-1.57	3.64	0.97	0.41	0.996 1
49	4.32	0.97	3.61	2.33	0.30	0.995 6
50	3.40	2.64	-2.88	0.95	0.52	0.997 2
50 次平均值	—	—	—	0.98	0.63	0.997 1

表 2 中, $S_{M,max}$, $S_{E,max}$ 和 $S_{R,max}$ 分别是第 T 次采样中最大的量测误差、最大的量测估计误差和最大的残差(均是绝对残差); S_M 和 S_E 是第 T 次采样中相对量测误差的均方根值和相对估计误差的均方根值; P_i 是第 T 次采样状态估计中的不良数据检测成功的概率值。从最后一行的统计值可以看出:

$$S_M = 0.98 \approx 1$$

$$S_E = 0.63 < 1$$

$$P_i = 0.997 1 > 0.995$$

该仿真试验的结果说明该量测系统模拟是正确的,其所采样的量测数据对于状态估计程序具有良好的滤波效果。

若仿真试验结果无法满足量测系统的性能指标要求,则可以按照上述第 2.2 节中的量测系统优化的方案来进行对量测系统进行改进。

4 结论

文中首先利用平均条件数理论,分析了不同量测类型对状态估计精度的影响,发现功率量测对精度的影响效果最好。然后从配电网完全可观的角

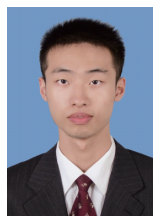
度出发,得到量测点的优化布置方案,并考虑了实际配电网发生故障的情况。最后依据不良数据辨识指标和状态估计性能指标,对该量测布置模型提出了评估和优化方案。通过 IEEE14 节点模型状态估计试验对该量测系统的有效性进行验证,算例结果表明该配电网量测系统的模型和评估优化方案是有效的。

参考文献:

- [1] 冯宗英. 配电网状态估计及两侧系统的鲁棒性配置研究[D]. 济南:山东大学,2014.
FENG Zongying. The study on distribution system state estimation and robustness of measurement system placement [D]. Jinan: Shandong University, 2014.
- [2] 唐小波. 配电网局部状态估计[D]. 南京:东南大学,2005.
TANG Xiaobo. Local state estimation of distribution power system [D]. Nanjing: Southeast University, 2005.
- [3] 徐 臣,余贻鑫. 提高配电网状态估计精度的量测配置优化方法[J]. 电力自动化设备,2009,29(7): 17-21.
XU Chen, YU Yixin. Evaluation and optimization of meter placement to enhance distribution state estimation [J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(7): 17-21.
- [4] BARAN M E, ZHU J, KELLY A W. Meter placement for real-time monitoring of distribution feeders [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1996, 11(1): 332-337.
- [5] 耿立卓. 智能配电网状态估计与量测配置[D]. 天津:天津大学,2012.
GENG Lizhuo. State estimation and measurement placement in smart distribution network [D]. Tianjin: Tianjin University, 2012.
- [6] 李 慧,倪小华,杨明皓. 配电系统测点布置方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2005, 33(13): 31-35.
LI Hui, NI Xiaohua, YANG Minghao. Study of meter placement method for distribution systems [J]. Power System Protection and Control, 2005, 33(13): 31-35.
- [7] SHAFIU A, JENKINS N, STRBAC G. Measurement location for state estimation of distribution networks with generation [J]. IEE Proceedings on Generation, Transmission and Distribution, 2005, 152(2): 240-246.
- [8] RAMESH L, CHOWDHURY S P, CHOWDHURY S, et al. Planning optimal intelligent metering for distribution system monitoring and control [C]. IEEE, India Conference, 2008.
- [9] PILP F, PISANO G, SOMA G G. Robust distribution state estimation for active networks [C] // Universities Power Engineering Conference, 2008. Upec 2008. International. IEEE, 2008:1-6.
- [10] RAMESH L, CHAKRABORTY N, CHOWDHURY S P. Differential evolution meter location in distribution state estimation [C]. Chennai and Dr. MGR University Second International Conference on Sustainable Energy and Intelligent System, 2011.
- [11] 高亚静,张占龙,吴文传,等. 配电网量测配置评估及优化

- [J]. 中国电力, 2014, 47(7): 39-44.
GAO Yajing, ZHANG Zhanlong, WU Wenchuan, et al. Evaluation and optimization of measurement configuration in distribution system[J]. Electric Power, 2014, 47(7): 39-44.
- [12] 戴桂木, 王萌萌, 周欣. 配电网量测点优化布置研究[J]. 电气技术, 2016, 40(3): 6-10.
DAI Guimu, WANG Mengmeng, ZHOU Xin. The study of optimal measurement placement in the distribution network[J]. Electric Technology, 2016, 40(3): 6-10.
- [13] 于尔铿, 刘广一, 周京阳, 等. 能量管理系统[M]. 科学出版社, 1998.
YU Erkeng, LIU Guangyi, ZHOU Jingyang, et al. Energy management system[M]. Science Press, 1988.
- [14] 丁涛, 郭庆来, 柏瑞, 等. 考虑风电不确定性的区间经济调度模型及空间分支定界法[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(22): 3707-3714.
DING Tao, GUO Qinglai, BO Rui, et al. Interval economical dispatching model considering wind turbine uncertainty and spatial branching method[J]. Journal of China Electromechanical Engineering, 2014, 34(22): 3707-3714.
- [15] 于尔铿. 电力系统状态估计[M]. 水利电力出版社, 1985.
YU Erkeng. Power system state estimation[M]. Water Resources and Electricity Press, 1985.
- [16] 吴奕, 万真理, 张玉林. 配电网潮流计算方法在工程应用中的分析[J]. 江苏电机工程, 2015, 34(4): 10-13.
WU Yi, WAN Zhenli, ZHANG Yulin. Analysis of distribution network power flow calculation method in engineering application[J]. Journal of Jiangsu Electromechanical Engineering, 2015, 34(4): 10-13.
- [17] 王斌, 丁晓群, 沈茂亚. 带变异算子的 PSO 算法在配电网状态估计中的应用[J]. 江苏电机工程, 2006, 25(4): 18-20.
WANG Bin, DING Xiaqun, SHEN Maoya. Application of PSO algorithm with variation operator in state estimation of distribution network[J]. Journal of Jiangsu Electromechanical Engineering, 2006, 25(4): 18-20.

作者简介:



徐凌逊

徐凌逊(1992—),男,江苏南京人,助理工程师,从事电力用电监察技术工作(E-mail: 2464701020@qq.com);

范韩璐(1993—),男,江苏泰州人,硕士,从事配电网自动化及智能电网研究;

祁宇(1992—),男,江苏泰州人,硕士,从事电力市场改革及电力市场容量的研究;

朱鑫要(1987—),男,河南开封人,从事电力系统稳定控制及规划研究。

Design and Optimization of Distribution Network Measurement System

XU Lingxun¹, FAN Hanlu², QI Yu², ZHU Xinyao³

(1.State Grid Jiangsu Electric Power Company Nanjing Power Supply Company, Nanjing 211100, China;

2.Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China;

3. State Grid Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211103, China)

Abstract: The problem of measurement configuration mainly includes the types of measurement, the location of measurement and the quantity of measurement. Based on the selection of measurement types, an algorithm model of distribution network measurement system layout is established to determine the measurement location and measurement quantity for the requirement of integral observability of distribution network, making the measurement to achieve the goal of minimizing costs. On the basis of this measurement system model, combined with the concrete IEEE14 node network, the evaluation index of this measurement system is tested and optimized according to the specific power system state estimation example to verify the effectiveness and correctness of the measurement system.

Key words: measurement system; state estimation; network observability; evaluation and optimization

(编辑 钱悦)