

含风电的配电网中线损计算方法改进

陶奕衫¹ 闫广新¹ 石岩² 蒋燕² 王玉蓉²

(1. 新疆电力设计院, 新疆 乌鲁木齐 830047; 2. 新疆昌吉电力公司, 新疆 昌吉 831100)

摘要: 针对风电接入配电网的特点,对配电网线损计算方法进行了研究,通过合理划分计算时段和灵活选择馈线首端等效容量法进行了改进。根据风电出力的波动性,提出以风电出力来动态划分计算时段,采用改进等效容量法来计算含风电的配电网线损,并在具体算例中验证了改进等效容量法的有效性。

关键词: 风电; 等效容量法; 线损

Abstract: Aiming at the characteristics of wind power integration with the distribution network, the method of line loss is studied. The equivalent capacity method is improved by the reasonable division of calculation time and the flexible choice for feeder head. According to the output of wind power, it is proposed that the calculation time can be divided dynamically by the output of wind power. With the improved equivalent capacity method, the line loss of distribution network with wind power is calculated, and the numerical examples verify the validity of this improved method.

Key words: wind power; equivalent capacity method; line loss

中图分类号: TM744 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2014)03-0067-03

0 前言

电网线损是衡量电力系统的重要经济技术指标之一,对电网线损的理论研究有助于降低网损,提高电网经济效益。近年随着分布式电源接入容量的不断增加,使电网潮流分布格局发生改变,因此对分布式电源线损的研究越来越重要。文献[1-5]针对小电源并网的特点对线损的计算方法进行了研究,对配电网的线损计算提供了理论依据。

风电由于其自身的特点,通常认为它同时具备电源和负荷的双重特点,风电的接入势必会对电网潮流流向产生影响,进而影响线损。传统等效容量法主要适用于首端功率方向不变的网损计算,对于潮流多变的含风电的配电网,该方法存在一定的局限性。针对风电自身出力的特点,合理划分时段,分时计算网损,在原有基础上对等效容量法进行改进,提出了一种更加精确的含有风电的配电网的线损计算方法,并以某含风电的配电网为算例,对所提方法进行了验证。

1 等效容量法

等效容量法是在用等值电阻计算网损时,将小

电源(或均方根电流)考虑为一种约束的方法。由于小电源侧的均方根电流已知,就不需要假设与其连接的变压器容量成正比的关系,也就不能像对用电量未知的用户那样按配电变压器容量划分总均方根电流,于是引入了“等效容量”的概念,就是指小电源的出力跟其余配电变压器的容量相比较产生的一种等效值,小电源根据其等效容量和其余配电变压器共同“分享”首端均方根电流,所得值应恰好等于小电源本身均方根电流;同样,其余变压器在分配首端均方根电流时也需要考虑小电源等效容量。配电变压器和中压负荷等都可视为负的小电源,都可用等效容量法来处理。

电源等效容量为

$$S_s = \frac{-I_{jfs}}{I_{jfo} + I_{jfs}} \sum S_i \quad (1)$$

式中 I_{jfo} 为配电网首端均方根电流; I_{jfs} 为分布式电源注入的均方根电流; S_i 为每台配电变压器额定容量。

配电线路等值电阻 R_L 和配电变压器线圈等值电阻 R_T 分别为

$$R_L = \left(\sum_{i=1}^m S_{ei}^2 R_i \right) / (S_{e\Sigma} + S_s)^2 \quad (2)$$

$$R_T = (U_e^2 \sum \Delta P_{ki} \times 10^3) / (S_{T\Sigma} + S_s)^2 \quad (3)$$

式中 S_{ei} 为第 i 段线路的配电变压器额定容量; $S_{e\Sigma}$

为该条配电线路总配电变压器额定容量; S_s 为分布式电源等效容量; R_i 为第 i 段导线的电阻; U_e 为配电变压器高压侧额定电压; ΔP_{ki} 为第 i 节点配电变压器的额定短路损耗功率; m 为线路配电变压器总数。

电能损耗为

$$\Delta P_L = 3 \times 24 \times 10^{-3} I_{j0} R'_L \quad (4)$$

$$\Delta P_T = 3 \times 24 \times 10^{-3} I_{j0} R'_T + \sum \Delta P_{0i} \times 24 \quad (5)$$

综合上式可以看出: 由于式中 I_{j0} 为均方根电流, 不能反映出功率流动方向变化引起线损的变化。因此等效容量法只适用于功率由首端流向配电网的计算, 但在实际电网中, 负荷和电源的出力一个动态平衡的过程, 当小电源出力无法在配电网中完全消纳时会倒送入主网, 这就对等效容量法在线损中的计算提出了新的要求。

2 改进等效容量法

2.1 计算时段的选择

风电由于其自身的特点, 受风资源条件的制约, 出力随风速大小波动较大, 如以整点时刻的输出功率来计算线损, 均方根电流的计算误差较大, 从而严重影响线损计算值。因此, 对于含风电的配电网, 合理划分计算时段就显得尤为重要。这里提出在含风电的配电网中, 根据风电实时出力情况, 将一天合理分成若干个计算时段, 每时段风电出力波动较小, 分时计算, 且馈线首端潮流方向不变。

2.2 馈线首端的选择

风电出力不稳定, 即时会体现电源特性, 又会出现负荷特性, 这就决定了在配电变压器馈线首端外送时倒吸电量的情况出现。若单以配电网出口作为线损计算首端, 当配电网出口出现供电量较小时, 计算结果会与实际情况相差较大。因此合理选择馈线首端就成为计算线损的关键。

选择馈线首端时, 分为如下3个时段。

1) 风电单独供电时段。当风电注入功率能满足配电网时, 配电网出口作为一个空载及负载损耗为0的变压器, 与其他变压器一起参与分配首端的均方根电流, 风电体现电源特性, 此时风电等效容量为

$$S_s = \frac{-I_{jfs}}{I_{j0} + I_{jfs}} \sum S_i \quad (6)$$

2) 风电场注入功率小于0时, 选择配电网出口

作为馈线首端, 风电场体现负荷特性, 根据等效容量法分取首端均方根电流。风电等效容量为

$$S_s = \frac{I_{jfs}}{I_{j0} - I_{jfs}} \sum S_i \quad (7)$$

3) 配电网出口和风电场同时向配电网供电。

一般情况下, 选择配电网出口作为整条线路的馈线首端。但是, 如果配电网出口流过的功率变化比较频繁, 仍选择此点作为馈线首端的话, 线损理论计算将变得十分复杂, 在部分情况下(如馈线首端电量为0), 计算结果还会与实际情况不符。鉴于此种情况, 则提出如下方法: 由于风电的输出功率在不断变化, 要找到一个合理的风电出力点, 在这一点, 不论以风电为馈线首端还是以配电变压器出口为馈线首端计算线损, 其线损结果都相等, 以计算出的这风电出力(主要是有功功率)为分界点, 当风电出力大于这一出力时, 以风电场作为馈线首端, 反之, 则以配电网出口作为馈线首端。这种方法能很好地避开配电网交换功率较小时引起线损较小, 线损出现误差的情况。

①以风电场作为首端, 计算线损公式为

$$A_1 = 3 \times \frac{P_f^2 + Q_f^2}{3 \times u \times t} \times R_0 \quad (8)$$

其中 P_f 、 Q_f 为风电有功功率和无功功率; t 为时间; R_0 为等效电阻。

②以配电网出口作为首端计算线损公式为

$$A_2 = 3 \times \frac{P_1^2 + Q_1^2}{3 \times u \times t} \times R_1 \quad (9)$$

其中 P_1 、 Q_1 为配电变压器出口有功功率和无功功率; t 为时间; R_1 为等效电阻。

最后, 将分段计算好的线损率相加, 即为总线损。所提出的改进等效容量法, 其基本思路如图1。

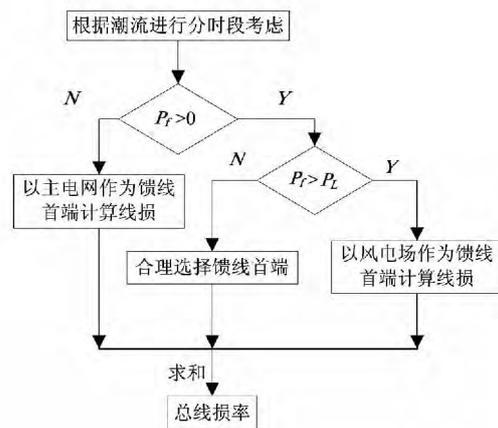


图1 改进等效容量法示意图

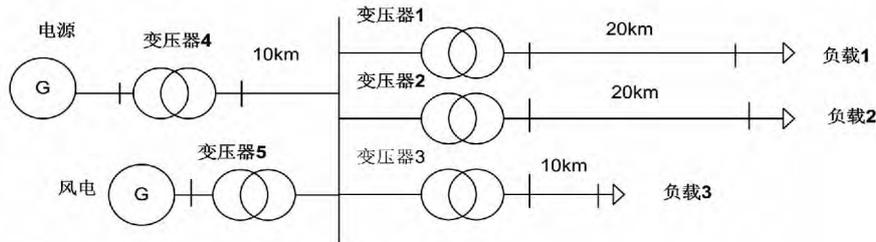


图 2 某地区电网结构图

效容量法能较好地计算含风电的配电网线损。

3 改进等效容量法计算算例

为验证该方法的有效性,建立如图 2 所示的电网结构,该网架为 35 kV 配电网,配电变压器容量为 $ST_1 = 10 \text{ MVA}$, $ST_2 = 10 \text{ MVA}$, $ST_3 = 30 \text{ MVA}$, $ST_4 = 20 \text{ MVA}$, 共为 70 MVA,总短路损耗功率为 4 MW。算例中电网的分布和负荷节点装设的变压器额定容量成正比,各节点电压相同,且等于网络电压,不考虑电压降。

风电场出力如表 1。

表 1 某风电场有功功率出力

T /h	P /MW	T /h	P /MW
0:00 ~ 2:00	29.3 ~ 30.5	12:00 ~ 3:00	9.8 ~ 10.4
2:00 ~ 2:30	34.7 ~ 36.0	3:00 ~ 3:30	-3.3 ~ 4.4
2:30 ~ 3:00	26.0 ~ 29.0	3:30 ~ 4:00	-6.0 ~ 7.2
3:00 ~ 5:00	41.5 ~ 43.2	4:00 ~ 7:00	-1.3 ~ -2.0
5:00 ~ 7:00	19.8 ~ 20.7	7:00 ~ 9:00	14.7 ~ 16.0
7:00 ~ 8:00	22.0 ~ 24.5	9:00 ~ 11:00	19.7 ~ 21.0
8:00 ~ 10:00	16.2 ~ 16.8	11:00 ~ 11:20	34.5 ~ 36.2
10:00 ~ 12:00	13.0 ~ 13.9	11:20 ~ 12:00	39.8 ~ 40.2

基于以上信息,在 MATLAB 上编程计算传统等效容量法和改进等效容量法的理论线损日线损电量及线损率,如表 2。

表 2 不同线损计算方法比较

计算方法	线损电量	线损率
风电出力按整点分段方法	77.844 6	8.03
馈线首端不分段方法	8.792 5	0.91
改进等效容量法	57.485 1	5.93

结果分析:从上表数据可以看出,当采用风电出力按整点分段方法计算时,计算出的线损率较改进等效容量法计算出的结果偏大,是因为风电出力在不停地波动,选取整点时刻的风电出力不能代表整个时间段的风电出力,若此时整点时刻的风电出力较大,就会引起线损计算结果的偏大。而采用馈线首端不分段的方法进行计算时,由于在馈线首端交换功率较小甚至为 0 时,计算出的线损也较小甚至为 0,因此采用此方法计算出的线损率会出现误差,较改进等效容量法计算出的结果小。因此,改进等

4 结 论

通过对 3 种方法的比较研究,可以看出改进的等效容量法通过合理划分计算时段、灵活选择馈线首端有效地提高了线损计算的准确度,因此所提出的改进等效容量法可较好地适用于含风电的配电网理论线损计算,使计算结果更加符合实际情况。

参考文献

- [1] 彭建春,江晖,颜炳坤,等. 有小水电供电的配电网技术线损的计算方法[J]. 华中电力,1996,9(6):18-22.
- [2] 李小龙,张旭辉,曾岸理,等. 小电源接入配网后的线损理论计算方法研究[J]. 电工电能新技术,2011(4):30-34.
- [3] 施流忠,罗毅芳,刘巍,等. 配网线损理论计算中小电源问题的解决办法[J]. 华中电力,1997,10(5):9-11.
- [4] 罗毅芳,刘巍,施流忠,等. 配电网线损理论计算中小电源问题的解决办法——等效容量法[J]. 华中电力,1997,10(5):9-11.
- [5] 王主丁,霍佳丽,赵俊光. 配电网线损计算中等效容量法的局限及改进[J]. 重庆大学学报,2008,31(11):1317-1322.
- [6] 刘庆珍,蔡金锭. 计及电压调节和分布式电源的配电网潮流分析[J]. 电工电能新技术,2010,29(4):14-17.
- [7] 汪洋,王淑红. 配电网中小电源等效容量法的比较研究[J]. 广东输电与变电技术,2007(1):21-24.
- [8] 丁心海,罗毅芳,刘巍,等. 配电网线损理论计算的实用方法——改进迭代法[J]. 电网技术,2000,24(1):70-72.
- [9] 丁心海,罗毅芳,刘巍,等. 改进配电网线损计算方法的几点建议[J]. 电力系统自动化,2001,25(13):57-60.
- [10] 廖学琦. 农网线损计算分析与降损措施[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003.

作者简介:

陶奕彩(1971),工程师,主要从事电力系统规划设计工作。

(收稿日期:2014-01-11)