110kV简单环形网络的潮流计算

摘要

本文针对110kV环形输电网络，详细推导了节点潮流方程，分别在忽略和计入线路损耗的条件下，对节点功率分布与电压水平进行潮流分析。结果显示，计入线路损耗后各节点电压水平下降，且环网中功率分布因线路阻抗影响发生转移，潮流分布更趋合理。所用方法和步骤对工程环网电力系统分析具有实际指导意义。

关键词：环网潮流计算；节点电压；功率分布；线路损耗

一、引言

110kV环形网络广泛用于中高压配电与区域输电系统。其并联结构提高了供电可靠性和网络灵活性，但也带来了潮流分布的复杂性。准确计算环网潮流，有助于评估各节点运行状态、指导运维和设备选型。本文以三节点单环结构为例，推导全流程节点电压与潮流计算公式，并对比讨论计与不计线路损耗两种情形下的功率分布和电压变化。

二、系统参数与网络建模

2.1 系统参数

导线型号：LGJ-95 单位长度阻抗： 单位长度对地电纳： 各段长度：AB段40km，AC段30km，BC段30km 变电所负荷：

B点： C点： 电源A端电压：（已知）

2.2 等值参数与节点定义

节点A（电源），B、C（负荷） 三条线路阻抗分别为：

三、节点潮流方程推导

3.1 节点电压与电流关系

定义三节点电压分别为 、、，三节点注入电流为 、、。

节点导纳矩阵为：

各节点自导纳与互导纳（均为纯感性）：

3.2 负荷等效电流

负荷节点B、C的复功率分别为：

节点电流为

$$
I\_B^ = \frac{S\_B^}{\sqrt{3}\, U\_B}
$$

$$
I\_C^ = \frac{S\_C^}{\sqrt{3}\, U\_C}
$$

由于 和 未知，采用牛顿-拉夫森法（或逐步近似法）求解。下文先以不计功率损耗简化分析（第一步）。

四、不计线路损耗的潮流分布与节点电压

4.1 潮流分布假设

环网三节点，假定所有线路无功率损耗，则A点供电全部传递至B、C两负荷节点。

网络总负荷：

电源节点A供出总有功、无功即分别为30MW、25MVAr。

4.2 潮流分配原理

三节点环形网络不计损耗时，任一段潮流仅与环内各负荷分布有关。

记为AB段功率流向B，为AC段功率流向C，为BC段功率流向C。 以对称潮流分配，通常假设从A向B、C分别供给其各自负荷，B、C间通过BC线平衡少量功率差。

AB段潮流：主要流向B负荷 AC段潮流：主要流向C负荷 BC段潮流：实现B、C负荷功率平衡

4.3 节点电压估算

由于忽略线路阻抗压降，可初步近似：

（即A、B、C三点电压相等）

五、计及线路损耗的潮流计算

5.1 线路有功、无功损耗计算

每段线路电流按负荷和电压推算：

（1）B、C点负荷电流

假设初步 。

（2）线路电流与潮流分布

假设B、C间潮流均由A点两路分供，B、C间环流小，近似为：

AB段电流 AC段电流 BC段电流 实现B、C功率平衡

（3）线路有功损耗

线路损耗（每相）：

但本线路为纯感性（仅x1），实际损耗很小，压降以无功为主。

（4）各段电压压降

展开复数运算

压降模值：

B点电压

同理，计算AC段：

C点电压

5.2 节点电压与潮流分布对比

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 节点 | 不计损耗时电压 (kV) | 计损耗时电压 (kV) |
| A | 115 | 115 |
| B | 115 | 112.84 |
| C | 115 | 114.08 |

B、C点电压均有下降，且B点电压降更大，因其负荷及线路阻抗更大。 BC段潮流为小量补偿潮流，由实际B、C负荷电流差及相位关系决定。

六、分析与结论

6.1 潮流与电压分析

不计损耗时，电源端A与负荷端B、C电压一致，潮流分配按各节点负荷直接分配。 计损耗时，线路阻抗导致电压损失，远离电源节点的B、C点电压均下降，且负荷越大或线路越长的节点，电压降越明显。

6.2 工程意义

实际工程设计必须充分计及线路压降，合理选择导线截面和节点电压水平。 环网结构在一定程度上可分担潮流，提高供电可靠性，但压降计算仍需精确推演。