

低压台区电流法反窃查违浅析

柳一铭, 查子旭, 姜宇萌

国网上海浦东供电公司, 上海

收稿日期: 2022年10月31日; 录用日期: 2022年11月30日; 发布日期: 2022年12月8日

摘 要

台区指一台或一组变压器的供电范围或区域, 而台区线损管理是供电公司堵漏增收、降本增效的重要措施, 也是评价一个单位经营管理水平的重要标尺, 加强低压台区线损管理, 减少跑冒滴漏, 提升企业效益, 是建设现代化新型能源企业的重要需求。本文针对反窃查违工作中的检查盲点、难点问题, 提出了单相电能表的零火线三线电流的综合判别方法和基于基尔霍夫电流定律的三相四线电能表四线电流的综合判断方法, 从而提高工作人员反窃查违理论知识储备, 指导现场工作的进行。

关键词

台区线损, 反窃查违, 共零, 三线电流法, 基尔霍夫电流定律

Analysis of Anti-Theft and Violation by Current Method in Low-Voltage Transformer District

Yiming Liu, Zixu Zha, Yumeng Jiang

State Grid Shanghai Pudong Power Supply Company, Shanghai

Received: Oct. 31st, 2022; accepted: Nov. 30th, 2022; published: Dec. 8th, 2022

Abstract

Transformer District refers to the power supply range or area of one or a group of transformers, and the line loss management of Transformer District is an important measure for power supply companies to plug leakage, increase revenue, reduce costs and increase efficiency, and is also an important measure for evaluating the level of operation and management of a unit. Strengthening the management of line loss in low-voltage station areas, reducing leakage and leakage, and im-

proving enterprise efficiency are important requirements for building a modern new energy enterprise. Aiming at the blind spots and difficult problems in the anti-theft inspection work, this paper proposes a comprehensive judgment method for the zero-fire three-wire current of a single-phase electric energy meter and a three-phase four-wire electric energy meter based on Kirchhoff's current law. Comprehensive judgment methods, so as to improve the theoretical knowledge reserve of anti-theft investigation and violation of the staff, and guide the on-site work.

Keywords

Transformer District Line Loss, Anti-Theft Inspection, Total Zero, Three-Wire Current Method, Kirchhoff's Current Law

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 台区线损治理的现状

台区线损治理是供电企业自身经营管理中的一项综合性的系统工程,包括运行管理、营销用电管理、计量管理、抄核收管理等方面[1],涉及采集、监察、计量、抄算等多个专业,具有很强的综合性和相当的复杂性。目前供电企业的降损策略是确保台区关联正确的前提下检查高损台区的窃电问题,这种方式一定程度上能够为供电企业挽回部分电量损失。随着反窃查违的经验积累,供电企业的一线检查人员基本具备了对电能表异常计量状态的检查能力。但对于电能表正常,通过改造配电线路使得计量失准的盲点、难点问题没有整体把握,导致反窃查违的新人培养周期长,经验积累慢,没有完整的理论储备。在遇到新问题,新情况时,无法做到独立思考,举一反三。

2. 反窃查违的研究进展

通过各种方法对配电网理论线损进行计算,实际线损和理论线损的差值定义为超额线损[2]。在国网反窃电中心各种在线窃电诊断模型上线后,通过基于 MRF 的配电网损原因识别方法,将不确定性有限状态机模型与 MRF 无向图表示方法相结合。或基于 Kettle 开源工具支持的一体化电量线损系统和用电信息采集平台对同期线损的分析[3]、配电线路的零火线电流差值、电量损失的皮尔逊相关关系、线损拐点的相关系数等模型方法得出了一系列疑似清单,其中大多数都不是由于更动电能表造成的。本文基于电路基本原理分析了现场计量失准的原因及其解决方法。

3. 单相计量电能表的三线电流判别法

通常居民用户现场计量电能表为低压单相电能表。对于单相电能表,常用的电气参数包括火线电流 i_L , 零线电流 i_N 以及地线电流 i_E , 表内计量电流也即有效计量电流 i_B , 在正常计量状态下,有 $i_L = i_N = i_B$, 且 $i_E = 0$ 。

在排除私拉私接、电表启封的情况后,应判断单相电能表零火线电流是否平衡。针对不同的情况进行作如下讨论:

1) 零火线电流平衡($i_L = i_N$): 使用反窃查违移动终端或红外抄表设备读取表内有效计量电流 i_B , 与现场实测火线电流 i_L 进行比较。

1、 $i_L > i_B$, 此时为电能表少计电量。即电能表处于分流窃电状态,判断存在改动电能表窃电。可配

合反窃查违移动终端或红外抄表设备读取电能表异常事件，如开盖记录、掉电事件记录等，寻找表内或表体窃电手法，并获取现场误差值。

2、 $i_L \leq i_B$ ，且 $U_{LN} = 220\text{ V}$ ，则为正常计量状态。

若无法使用设备读取表内有效计量电流，亦可采用脉冲法判断表内计量电流，相关原理为根据电表的脉冲常数判断电能表在单位时间的用电量，从而换算出功率和表内外电流的匹配度，相关公式为：

$$T = \frac{3600K_i K_u}{Ci_B U}$$

上式中 K_i 表示电流变比， K_u 表示电压变比， C 表示电能表脉冲常数， U 表示电压， i_B 表示有效计量电流， T 表示两个脉冲的间隔时间。

根据上式，在 $K_i = 1$ ， $K_u = 1$ 的情况下，可以计算出不同脉冲常数下， i_B 与 T 的对应关系如表 1 所示。

Table 1. Correspondence between pulse interval time and current and pulse constant of single-phase meter

表 1. 单相表脉冲间隔时间与电流和脉冲常数之间的对应关系

脉冲常数	脉冲间隔时间	电流数值				
		0.5A	1A	2A	3A	4A
	1200 imp/kWh	27.27s	13.64s	6.82s	4.55s	3.41s
	1600 imp/kWh	20.45s	10.23s	5.11s	3.41s	2.56s
	3200 imp/kWh	10.23s	5.11s	2.56s	1.70s	1.28s

2) 零火线电流不平衡($i_L \neq i_N$)：不平衡的零火线电流产生的情况和原因较为复杂，先需要判断电能表接线的正确性，后根据电流的不同情况进行讨论。可能产生的原因分析如下。

1、零火线位置正确：

① $i_B \approx i_L > i_N$ ：

1) $i_N = 0$ ， $i_L = i_E$ ，若此时 $U_{LN} = 0$ ，则为欠压法窃电使得电表不计量，这是通过改造配电线路造成的一种典型窃电状态。这时零线前后会产生开断点，使得计量电能表的电压回路无法采到零线电位而造成电能表采集的电压为 0。

2) $i_L = i_N + i_E$ ， $U_{LN} = 220\text{ V}$ ，则为用户侧存在零地混接现象，此时计量电表虽正常计量，但用户侧接线需翻正。特别地，当 $i_N = 0$ 时，用户侧的总零线被断开或没有使用。

② $i_B \approx i_L < i_N$ ：

3) 可能存在绕越计量电能表窃电，从电流平衡处后面开始排查表前火线有没有分接点。根据基尔霍夫电流定律流入节点的电流应等于流出节点的电流，这种情况是因为火线上分接点流出电流导致的电流不平衡。

4) 老旧小区共用零线导致的零火线电流不平衡。

共零导致的 $i_L < i_N$ ，将表后开关的火线断开，若 i_N 存在电流，且其值为($i_N \sim i_L$)时候，可判断为共零问题；还可以通过增加 i_L ，判断($i_N \sim i_L$)是否变化，结论和上述情况一致。即($i_N \sim i_L$)的变化与 i_L 的变化无关时，为共零问题。

2、零火线位置反接：

$i_B \approx i_L < i_N$ ：此时断开计量电能表火线(实际上为零线)，用户仍有部分设备处于带电状态，判定为分流法导致的电量少计。这种情况也通过改造配电线路造成的窃电状态，根据根据基尔霍夫电流定律流入节点的电流应等于流出节点的电流，通过检测地线电流 i_E ，找出接地点。

4. 三相四线计量电能表的四线电流判别法

面对低压三相四线电能表的情况,所涉及的电气参数更多,其中常用的电气参数包括相线电流 i_A , i_B , i_C , 中性线电流 i_N , 表内计量电流也即有效计量电流 I_A , I_B , I_C , 在正常计量状态且三相平衡的前提下,有 $i_A + i_B + i_C = 0$, 且 $i_A = I_A$, $i_B = I_B$, $i_C = I_C$, 如图 1 所示:

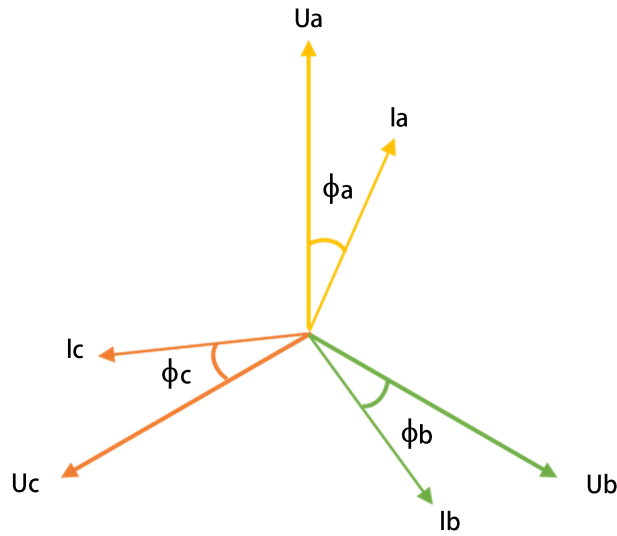


Figure 1. Three-phase voltage and current phasor diagram
图 1. 三相电压电流相量图

通过用电信息采集系统可召测三相表的实时和冻结数据,分别查看三相功率因数相差不大的情况下,此时 i_A , i_B , i_C 应互成 120 度夹角。三相负载不平衡的前提下,中性线上将产生电流,且数值应为 i_A , i_B , i_C 的相量和,记为 i_s , 因此根据中性线上的电流 i_N 模的大小与相线电流相量和 i_s 的模的大小比较即可判断电表的现场实际计量情况。具体判据如下:

1) 三相电流与中性线上电流平衡($|i_s| = |i_N|$): 根据基尔霍夫电流定律,此时三相四线电流平衡。通过反窃查违移动终端、红外抄表设备或表计表显读取出表内有效计量电流,此时使用的相电流为正常,未使用的相电流可能存在异常,需结合更多用电信息进一步判断。若三相均在使用的情况下,可初步判断此时三相电表处于正常的计量状态。

2) 三相电流与中性线上电流不平衡($|i_s| < |i_N|$): 根据基尔霍夫电流定律,电路中任一个节点上,在任一时刻,流入节点的电流之和等于流出节点的电流之和。显然此时三相四线电流不满足基尔霍夫电流定律,三相表计量处于异常。需现场进一步对三相电表进行检查,根据反窃查违移动终端、红外抄表设备或表计表显读取出表内有效计量电流,分相判断,若三相实测电流与计量电流均无异常,判断存在绕电表窃电情况,需在实测电流的前端继续寻找绕越点。

3) 针对三相平衡状态下的私拉私接情况下的讨论(如三相充电的情形): 此时三相私拉私接因 ABC 三相处于绝对平衡状态,理论上三相可直接形成回路,不会对三相四线的电能表的三相计量及中性线上的电流产生影响,无法通过基尔霍夫电流定律去检测三相四线电流是否处于一个正常状态,需结合台区线损的曲线变化以及用户电量与线损电量的皮尔逊相关系数去进一步判断该台区的实际用电情况。

本文主要讨论了在低压反窃查违中可能遇到的电气情况,分别以低压单相电能表和三相电能表为基础作了讨论与判断,基于基尔霍夫电流定律分析了不同情况下的判断办法和电气结论,进一步指导反窃查违工作人员的现场工作。

参考文献

- [1] 黄闻娟, 张吉盛, 沈主浮, 唐卫. 基于低压台区的抄表及线损管理方案的研究[J]. 华东电力, 2019, 34(1): 21-24.
- [2] 袁旭峰, 鹿振国, 陈文豪 熊炜等. 基于前推回代三相潮流的低压台区理论线损计算研究[J]. 电测与仪表, 2014, 2(2): 33-35.
- [3] 刘畅. 基于用电信息采集系统的低压配电台区线损原因分析及治理[J]. 河北电力技术, 2016, 35(2): 45-47.