

# 多功能电能表的无功计量

高怀平

(南京供电公司,江苏南京 210019)

**摘要:**介绍了国产和进口多功能电能表无功计量原理,提出了多功能电能表缺相故障情况下无功退补的方法,指出了根据电能表内部电源结构计算能正确退补电量。并给出了多功能电能表运行在各种功率因数下缺相故障时无功计量运行的象限,可供现场处理电能计量故障人员参考。

**关键词:**有功;无功计量;缺相计量

**中图分类号:**TM933.4

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2013)01-0068-03

目前现场运行的多功能电能表、智能电能表和进口多功能表的故障采用传统方法计算退补电量,会出现错误结果。利用无功计量象限可以判断故障性质,依据电能表内部供电结构计算能正确退补电量。文中介绍了国产和进口多功能电能表无功计量原理,提出了多功能电能表缺相故障情况下无功退补的方法,对实验室模拟多功能电能表运行在各种功率因数下缺相故障无功计量进行了测试,积累了大量测试数据。

## 1 多功能电能表无功计量

### 1.1 四象限无功定义

不同国家对四象限无功的定义不一样。根据电力行业标准 DL/T645—1997<sup>[1]</sup>,电能测量四象限的定义如图1所示。

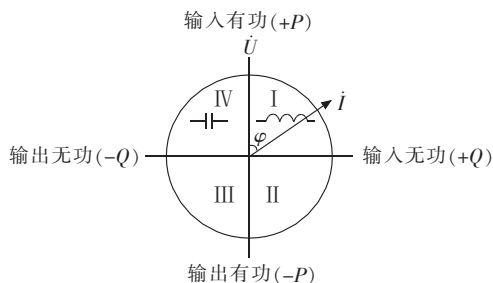


图1 四象限无功应用示意图

I象限:输入有功功率 $P$ (阻感性负荷),输入无功功率 $Q$ ;II象限:输出有功功率 $P$ (负荷相当于1台欠励磁发电机),输入无功功率 $Q$ ;III象限:输出有功功率 $P$ (负荷相当于1台过励磁发电机);IV象限:输入有功功率(阻容性负荷),输出无功功率。

## 2 多功能电能表无功计量原理

### 2.1 电压移相无功原理

一般多功能电能表无功计量是将计量芯片采用移相器电压移相 $90^\circ$ 后与电流相乘得到无功瞬时值,将无功瞬时值进行累加并除以累加点数即得到无

功平均值<sup>[2]</sup>(如图2所示)。

$$Q_v = u'_{uv} i_u \cos(60 - \varphi_a) \quad (1)$$

$$Q_w = u'_{wv} i_w \cos(120 - \varphi_c) \quad (2)$$

令 $u'_{uv} = u'_{wv}$ ,  $i_u = i_w$ ,  $\varphi_u = \varphi_w = \varphi$ ,则:

$$Q_{\text{总}} = Q_u + Q_w = \sqrt{3} u i \sin \varphi \quad (3)$$

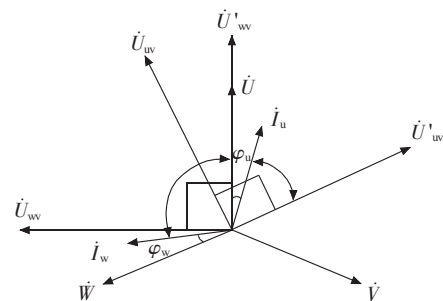


图2 电压移相 $90^\circ$ 向量图

### 2.2 进口多功能电能表无功计量原理

目前国内进口主要是兰吉尔LG和ALPHA1600 2种型号多功能电能表,兰吉尔LG和国产多功能电能表无功计量原理相同。ALPHA1600型号的多功能电能表采用电流逆时针移相 $90^\circ$ ,所对应电压余弦计算无功如图3所示。

$$Q_v = u_{uv} i'_u \cos(60 - \varphi_a) \quad (4)$$

$$Q_w = u_{wv} i'_w \cos(120 - \varphi_c) \quad (5)$$

令 $i'_u = i'_w$ ,  $u_{uv} = u_{wv}$ ,  $\varphi_u = \varphi_w = \varphi$ ,则:

$$Q_{\text{总}} = Q_u + Q_w = \sqrt{3} u i \sin \varphi \quad (6)$$

可见,实际上无功计量不论是移相电压滞后 $90^\circ$ ,还是电流超前 $90^\circ$ ,无功计量原理都一样。

## 3 电能表运行在可能的功率因数区域故障分析

### 3.1 国产电能表故障

$\varphi$ 在 $0^\circ \sim 30^\circ$ 区间为 $25^\circ$ 时,断U相电压时校验台试验数据:国产多功能电能表和智能电能表误差为 $-88.4\%$ 运行在四象限;国外进口(兰吉尔LG)多功能电能表误差 $-50\%$ 运行在第一相限;断W相电压时校

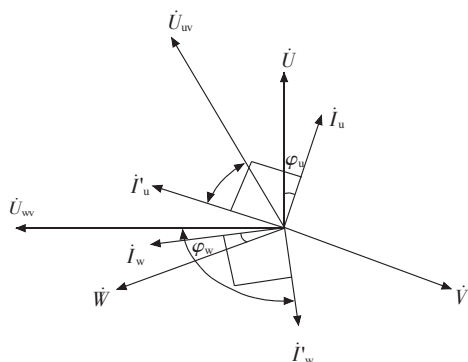


图3 电流移相90度向量

验台试验数据: 国产多功能电能表和智能电能表误差12%运行在第一相限; 国外进口(兰吉尔 LG)多功能电能表误差-50%运行在第一相限。

分析如下。国产电能表供电方式全部采用2个互感器给主板供电(如图4所示), 当电能表断U相电压时, 无功向量如图5所示, 有:

$$Q = u_{wv} i_w \cos(240 + \varphi) = u_{wv} i_w \cos 265$$

$$G = \frac{\cos(240 + \varphi)}{\sqrt{3} \sin \varphi} = \frac{\cos 265}{\sqrt{3} \sin 25} = -0.12$$

误差为-88%, 无功电量记录在第四象限。

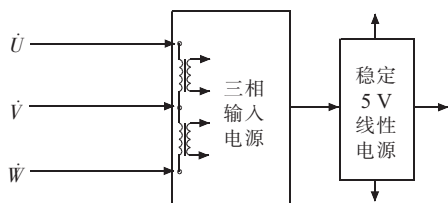


图4 国产多功能电能表电源供电原理

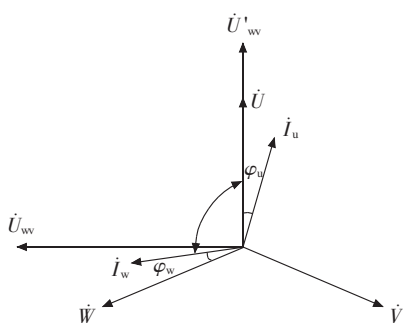


图5 缺U相电压时无功计量向量

电能表断W相电压时, 无功向量如图6所示, 有:

$$Q = u_{uv} i_u \cos(60 - \varphi) = u_{uv} i_u \cos 35$$

$$G = \frac{u_{uv} i_u \cos 35}{\sqrt{3} u_{wv} i_w \sin 25} = 1.12$$

误差12%, 无功电量记录在第一象限, 断电压和断电流误差记录象限一致。

### 3.2 进口(兰吉尔 LG)多功能电能表故障分析

进口电能表供电方式采用3个互感器给主板供电(如图7所示), 当电能表断U相电压时(如图8所

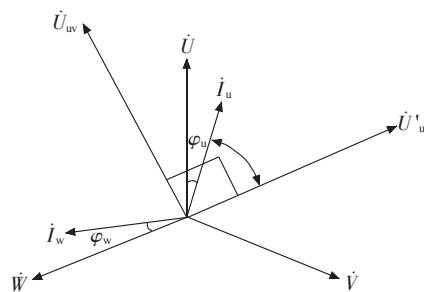


图6 缺W相电压时无功计量向量

示), U相端子对V相有50V。有:

$$Q = 0.5 u_{wv} i_v \cos \varphi + u_{wv} i_w \cos(120 - \varphi)$$

$$G = \frac{0.5 \cos \varphi + \cos(120 - \varphi)}{\sqrt{3} \sin \varphi} = \frac{0.5 \cos 25 + \cos 95}{\sqrt{3} \sin 25} = 0.5$$

误差-50%, 无功电量记录在第一象限, 国产电能表计量无功在第四象限。

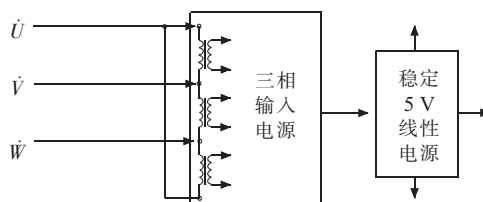


图7 进口多功能电能表电源供电原理

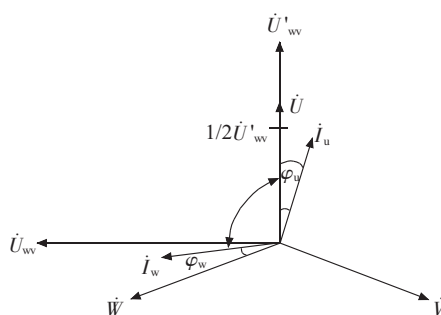


图8 缺U相电压时无功计量向量

当电能表断U相电流时(如图9所示), 有:

$$Q = u_{wv} i_w \cos(240 + \varphi) = u_{wv} i_w \cos 265$$

$$G = \frac{\cos(240 + \varphi)}{\sqrt{3} \sin \varphi} = \frac{\cos 265}{\sqrt{3} \sin 25} = -0.12$$

误差-88%, 无功电量记录在第四象限。

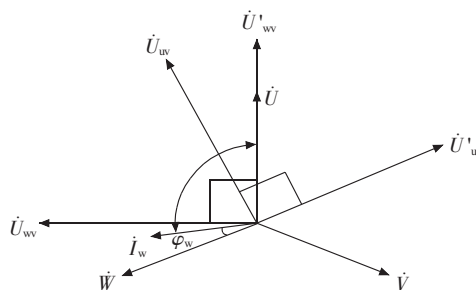


图9 缺U相电流时无功计量向量

当电能表断W相电压时(无功向量如图10所

示),W相端子对V相有50V。有:

$$Q = u_{uv}i_u \cos(60-\varphi) + 0.5u_{uv}i_w \cos(180-\varphi) = u_{uv}i_u \cos 35 + 0.5u_{uv}i_w \cos 155 = 0.366ui$$

$$G = \frac{0.366ui}{\sqrt{3}uisin 25} = 0.5$$

误差-50%,无功电量记录在第一象限。

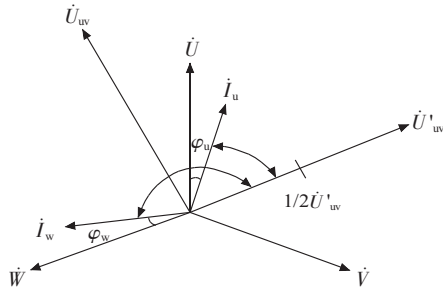


图 10 缺 W 相电压时无功计量向量

当电能表断 W 相电流时(如图 11 所示),有:

$$Q = u_{uv}i_u \cos(60-\varphi) = u_{uv}i_u \cos 35$$

$$G = \frac{u_{uv}i_u \cos 35}{\sqrt{3}u_{uv}i_u \sin 25} = 1.12$$

误差 12%,无功电量记录在第一象限。

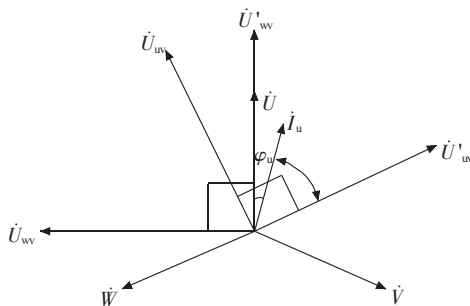


图 11 W 相电流时无功计量向量

综上所述,国产三相三线多功能表和智能电能表,断电流和断电压故障误差一致,无功电量记录象限一

致。进口电能表(兰吉尔 LG)断电流和断电压故障误差不同,无功电量记录象限也不同,断电流完全与国产多功能电能表断电压故障是一致的。

电能表在现场运行可能遇到的功率因数区域,实验室校验台试验数据如表 1 所示。

表 1 各种多功能电能表故障实验室试验数据

电流滞后电压角 / (°)	缺相故障	国产多功能表		国产智能多功能表		进口兰吉尔 LG	
		误差 / %	运行相限	误差 / %	运行相限	误差 / %	运行相限
25	U 相	-88.43	IV	-88.46	IV	-49.95	I
	W 相	11.55	I	11.75	I	-49.98	I
350	U 相	115.33	IV	115.16	IV	-49.44	IV
	W 相	15.13	I	15.18	I	-50.55	IV
50	U 相	-74.12	I	-74.12	I	-49.87	I
	W 相	-25.93	I	-25.97	I	-50.10	I
300	U 相	-33.28	IV	-33.31	IV	-49.76	IV
	W 相	-66.74	IV	-66.77	IV	-50.21	IV
80	U 相	-55.04	I	-55.06	I	-49.85	I
	W 相	-44.98	I	-45.01	I	-50.01	I

#### 4 结束语

目前江苏电网全部采用了智能电能表和进口多功能电能表进行计量,在发生缺相故障情况下,不能采用以往的退补方法进行退补电量,要根据电能表的供电电源内部接线进行分析,合理进行退补。文中介绍无功缺相故障的退补方法,同样适合有功缺相故障的退补。

#### 参考文献:

- [1] DL/T 645—1997,多功能电能表通信规约[S].
- [2] 江苏省电力公司主编.电能计量装置二次接线判读[M].北京:中国电力出版社,2008.

#### 作者简介:

高怀平(1961),女,江苏南京人,工程师,从事电能计量工作。

### Reactive Power Measurement of Multi-Function Watt-Hour Meter

GAO Huai-ping

(Nanjing Power Supply Company, Nanjing 210019, China)

**Abstract:** Reactive power measurement principles of domestic and imported multi-function watt-hour meter are introduced. This paper proposes a method to refund reactive power in case of multi-function watt-hour meter fault with lacking phase which turns out that it works according to the internal structure of power meter. The quadrants of the multi-function watt-hour meter running in all kinds of power factor under phase-lacking failure reactive power measurement are given, which can be a reference for the field staff to deal with the energy metering fault.

**Key words:** active power; reactive power measurement; phase-lacking measurement

欢迎投稿 欢迎订阅