**电力窃漏电用户自动识别**

安阳 王司南

**问题重述**

在日常用电中用户常会在电表中外接电线以窃电。本建模任务目标为通过对大用户一段时间内电表数值、交流电压、电相位、功率因数、有功总等可测得的用电数据判断大用户是否存在漏电、窃电情况，并对此结果进行一般化，建立以指标加权为基础的通用模型。

**数学重述：**

通过对所测得电表测得功、各相电流电压、功率因数的分析与处理来建立基于指标加权的通用性强的模型。

**问题预分析**

在问题中，已知量有有功总、B相、C相、A相电流、B相电流、C相电流、A相电压、B相电压、C相电压、A相功率因数、B相功率因数、C相功率因数、功率因数。

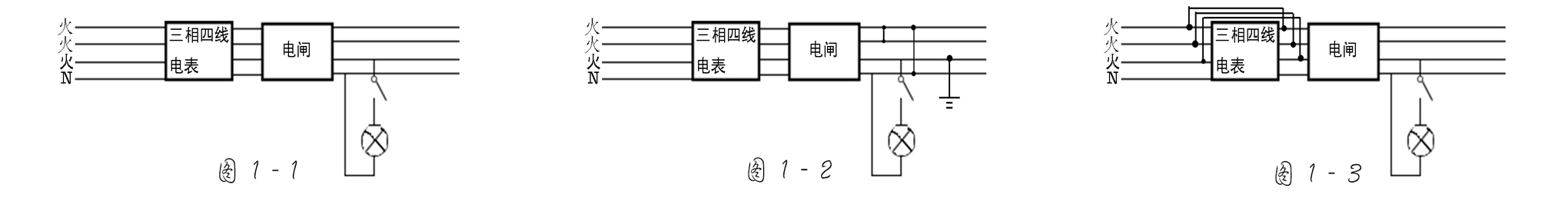
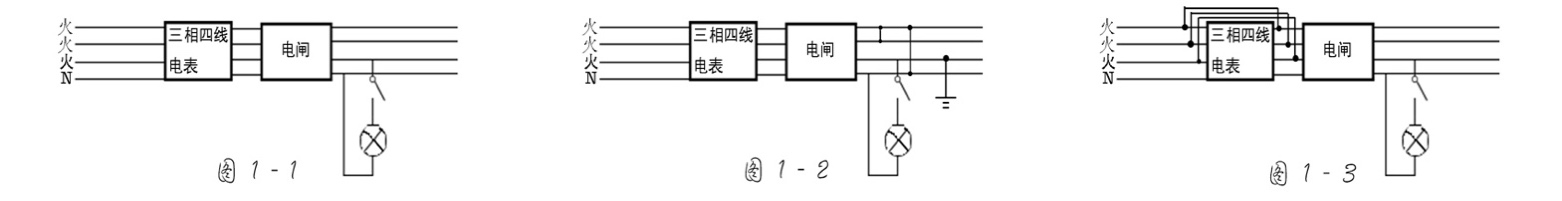
目的为：归纳漏电用户的关键特征、构建漏电用户识别模型并实时通过检测数据判断检测目标是否存在漏、窃电现象。

**已知数据**

终端报警信息例一张、违约、窃电处理通知书例一张

**前提假设**

1. 在四线三相交变电流中，中性线（PEN线或N线）若接地，则称其为零线。设本模型中四线三相交变电流中中性线接地，即中性线与大地间电压为0。
2. 设本模型中电表有三种状态，即正常使用、漏电及窃电状态。其中正常使用、漏电与窃电的示例电路图分别如图1-1、1-2与1-3所示。
3. 排除不可能窃电的大用户类型（如银行、学校等）后，本模型所探讨大用户类型分为工业、居民两种大用户类型。设工业用电为三相四线交变电流，居民用电为单相双线交变电流。



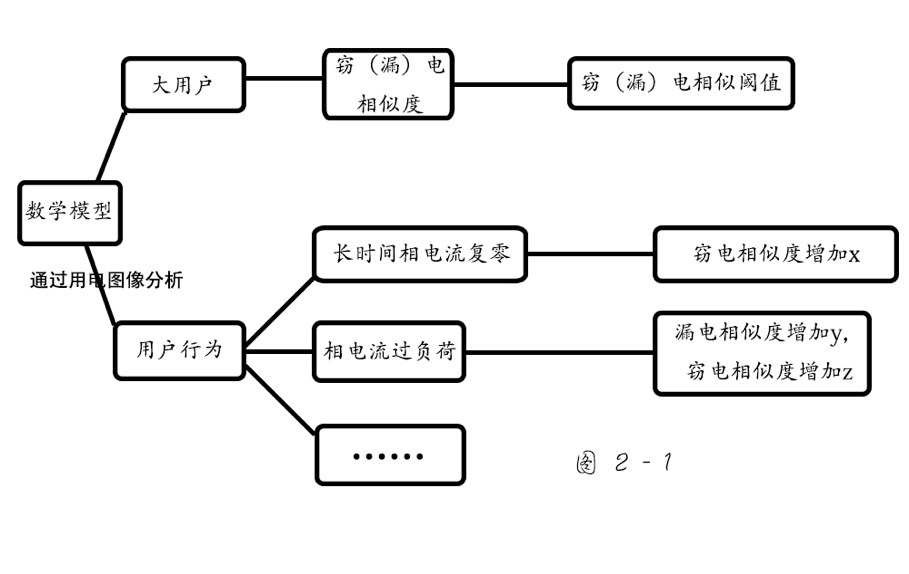
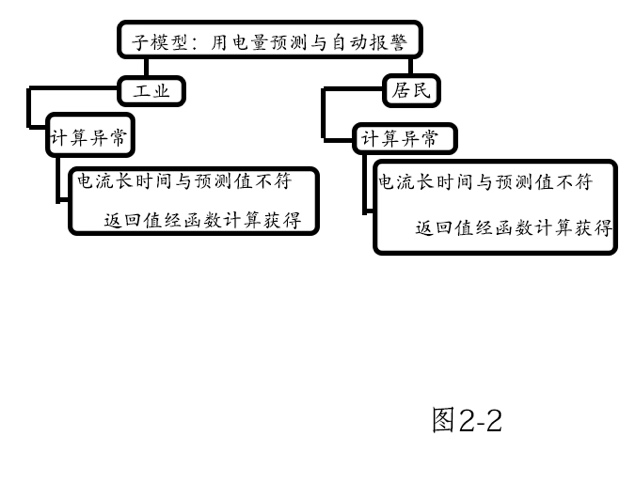
**问题重分析**

通过对图1-2与图1-3的分析，可以分别得出漏电用户与窃电用户的特征。

* 漏电用户的特征为电表能够检测到火线与火线、火线与地面的短路，瞬时电流增大，电源被漏电保护器切断。预测出现电流不平衡警报、相电流过负荷警报等。
* 窃电用户的特征为电表处获得数据与实际预测应用电量出现偏差，并出现电相失压失流等状况。预测出现相电流长时间归零并未复用的状况。

**数学模型架构**

在主模型中，为监测用户的每项异常值与状态时间,设置用户及其各个行为对应的“漏电相似值”与“窃电相似值”，每当电表监测到用户可能的漏电或窃电行为，便将用户的漏电相似值或窃电相似值增加所对应的值。若用户的漏电相似值或窃电相似值超过阈值，便触发漏电警报或窃电警报。主模型结构图如图2-1所示。

同时为确定用户的窃电行为，用户每时刻的应耗电量应被预测，并与此时刻的实际耗电量进行对比，进而更加确定用户的窃电行为。为此，需建立一子模型以预测用户每时刻应耗电量，并与用户实时耗电量相对比。我们将它视为用户的一个实时行为，进而通过子模型的实时计算返回用户行为的窃电相似值与窃电相似值。子模型的结构图如图2-2所示。在此，我们已总结出了漏窃电用户的主要特征。子模型的结构分析见附件1。

**变量/常量设计**

**Lt** t时刻用户的漏电相似度

**\\Tt** t时刻用户的窃电相似度

**Lqt** t时刻用户的漏电阈值

**\\Tqt** t时刻用户的窃电阈值

**居民漏电模型构筑**

**主模型构筑：**

居民漏电一般只有一种情况，也是本模型中所考虑的唯一情况：单相火线与地面非正常接触所导致的漏电短路情况。由于若在家用电路中短路漏电，会导致漏电保护器的快速锁闭从而阻止漏电。

在漏电时，居民电表可能的报警有：

瞬时电流不平衡；

瞬时电流复零但短时间后重现；

相电流过负荷。

同时，利用对应本漏电模型的子模型以判断是否为正常漏电。判断居民漏电的行为有以上三个警报、子模型的建立返回值以及漏电概率的计算检测。前两者与用户的漏电相似度有关，后者影响用户的漏电阈值。

**漏电阈值：**

根据用户历史漏电记录以计算漏电概率。设**Lft**为用户的漏电概率。定义漏电概率与历史有效记录时间**Tm**（月）以及有效记录时间内漏电次数**N**有关，且漏电概率为二者之商。漏电概率每月计算一次。

即

Lf = ƒ(Tm,N) = Tm • N-1

由定义可知，漏电概率单位为月/次，其现实意义为两次漏电之间的时间。已知上次的漏电时间与此次漏电时间的时间差**Ts**（月）与漏电概率Lft，便可计算出t时刻的漏电阈值Lqt，根据经验所得，Lqt应与Ts成正比，与Lft-1成正比。

即

Lqt = ƒ(Lft,Ts) = k1 • Ts • Lft-1

在此处，定义**k1**为漏电阈值常数，此处将其设为1。所以原关系式可转换为

Lqt = ƒ(Lft,Ts) = Ts • Lft-1

将Lqt对Ts、Lft的图像画出：

当Ts = Lft时（即橙蓝相交线），Lqt = 1。

**漏电相似度：**

在漏电时，瞬时电流不平衡几率**If**为几乎100%，瞬时电流复零但短时间后（300s）重现的概率**Zt**近似95%，相电流过负荷**Of**的概率为45%**\***。

当If报警时，可能的情况却不只有漏电，更有可能窃电、故障等。设If发生时发生漏电的概率为Ifq = 60%。

行为Zt具有其独有性，即发生Zt时可看作发生漏电的概率在Ztq = 95%以上。

行为Of具有广泛性，假设发生Of时漏电的可能性为Ofq = 30%。

同时，通过生活经验可知Ifq、Ztq、Ofq分别与If、Zt、Of成正比。

因在漏电阈值的模型中，模型Lqt的变化范围极大地受变量Ts的影响，为保持模型的相对稳定性，我们可以认为Ts与Zt、If、Of成正比。

则可认为

Zt = ƒ(Ts,Ztq) = k2 • Ts • Ztq

Of = ƒ(Ts,Ofq) = k3 • Ts • Ofq

If = ƒ(Ts,Ifq) = k4 • Ts • Ifq

k2,k3,k4称为对Zt，Of，If的警告加权常数。我们将其与k1漏电阈值常数持平，设为1。又因为Ztq、Ofq、Ifq已有数据，则原模型可转换为

Zt = ƒ(Ts) = 0.95Ts

Of = ƒ(Ts) = 0.30Ts

If = ƒ(Ts) = 0.60Ts

分别将Zt,Of,If对Ts的图像关系作出：

**漏电相似度衰减：**

在未完成的模型中，随着时间的增加，若外部条件不变，漏电相似度持续上升，漏电阈值持续下降，所导致的将会是周期性误报警，所以在漏电相似度增加定期的定量减半，称为漏电相似度衰减。由于漏电阈值随时间衰减的关系为与时间的增加而成反比例减少，所以同步将漏电相似度衰减的关系调节成一个随时间变化的反比例函数。

由于漏电相似度衰减可看成Lt+1 – Lt,则模型可表示成

Lt+1 = 1/Lt

**总结：**

在模型中，用户的漏电相似度上次的漏电时间与此次漏电时间的时间差和漏电概率的负一次方的乘积成正比。即

Lt = ƒ(Lft,Ts) = Ts • Lft-1

瞬时电流不平衡警告，漏电相似度瞬时电流复零但短时间后（300s内）重现警告，相电流过负荷警告与上次的漏电时间与此次漏电时间的时间差成正比。

即

Zt = ƒ(Ts) = 0.95Ts

Of = ƒ(Ts) = 0.30Ts

If = ƒ(Ts) = 0.60Ts

漏电相似度衰减为随时间变化的反比例函数，即

Lt+1 = 1/Lt

用户t+1刻的漏电阈值为

Lqt = ƒ(Lft,Ts) = Ts • Lft-1

用户t+1刻的漏电相似度为

Lt+1 = 1/Lt + Lp [+ Zt] [+ Of] [+ If]

[]内部分指若有对应警告发生则相加，否则便忽略。

若用户同一时刻的L ≥ Lq,则发出针对用户的漏电警告。

**模型的不足与可改进处：**

在本模型中，有很多假设基于生活经验，并且由于可查到数据较少，很大一部分模型并未经过理论的验证，进而导致了模型的不可靠性。

为了进一步改善我们的模型，可以考虑在网络中进行深度数据挖掘进而寻找到大量的居民漏电信息，进而验证模型的准确性。