

智能电能表

现场检测方法及错误接线分析

孟凡利 祝素云 李晗晖 刘浩 编著

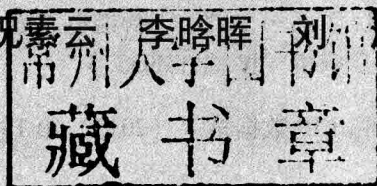


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

智能电能表

现场检测方法及错误接线分析

孟凡利 祝素云 李晗晖 刘浩 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

智能电能表与传统的电能表最大的不同是具有双向计量、双向通信及多种费控等功能。

本书以 DL/T 448—2000《电能计量装置技术管理规程》为依据，以智能电能表及互感器联合接线检测分析为主，根据现场实测数据结果，结合智能电能表屏幕所显示的功能，重点介绍智能电能表及电压互感器二次侧不断相和断相时的错误接线实例分析。

本书可作为现场计量人员的学习用书，也可供相关专业人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

智能电能表现场检测方法 & 错误接线分析 / 孟凡利等编著 .
北京 : 中国电力出版社, 2012. 8
ISBN 978 - 7 - 5123 - 3388 - 8

I. ①智… II. ①孟… III. ①智能电度表 - 检测②智能电
度表 - 接线错误 - 分析 IV. ①TM933. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 181633 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 12 月第一版 2012 年 12 月北京第一次印刷
787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 34.5 印张 832 千字
印数 0001—3000 册 定价 79.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

近年来,随着各种先进技术在电网中的广泛应用,智能化已经成为电网发展的必然趋势。所谓智能电网,是将先进的传感量测技术、信息通信技术、分析决策技术、自动控制技术和能源电力技术相结合,并与电网基础设施高度集成而形成的新型现代化电网。智能电能表是智能电网不可或缺的基本重要组成部件。国家电网公司正在大规模实施电能信息工程,智能电能表是实现信息采集的最基本组成部分。智能电能表由测量单元、数据处理单元、通信单元等组成,具有电能计量、信息存储及处理、实时监测、自动控制、信息交互等功能。智能电能表与传统的电能表最大不同是具有双向计量、双向通信及多种费控等功能。智能电能表与机械式电能表工作原理不同,例如,电能表等效电路图(即每相分压值变化情况),对于机械表来说每元件阻值是一定的,每组元件分压值是相等的;而智能电能表阻值则不固定,其分压值随电能表内部分压设计原理(互感器、阻容分压等)的不同而变化,即使是具有一定实践经验的计量检定人员也不容易判断。由于智能电能表上市较晚而规模应用较快,关于错误接线分析多见于机械式电能表,而对智能电能表的分析很少见。本书主要是以智能电能表分析为主,结合现场实际情况,尽可能地利用较少且方便携带的仪器结合电能表屏幕显示出的参数进行各种情况的判断,同时介绍了在现场分析的方法及智能电能表的具体应用。

本书利用智能电能表本身具有的功能显示结合现场仪器测定数据进行对比判断,即多依靠科学的检测仪器,尽量少利用人力经验,通过巡视电能表屏显的功能参数来初步判断表计运行是否正常,简化现场判断过程,快速掌握分析判断的方法,以减少计量装置故障运行时间。同时还能促使检测设备制造厂商不断研发、完善检测设备的功能。

本书主要编著者为焦作供电公司孟凡利、祝素云、刘浩,郑州万特电气有限公司李晗晖。前五章由孟凡利、祝素云共同编写,第六章由刘浩编写;孟凡利、祝素云、李晗晖及古长周参与数据测试分析。本书在编写过程中,得到了郑州万特电气有限公司、河南许继仪表有限公司、杭州海兴电力科技有限公司、杭州百富电子技术有限公司、威胜集团有限公司、宁波三星电气股份有限公司在技术层面的大力支持,在此表示感谢。

由于编写时间和作者水平有限,书中难免有误,在此恳请同行及广大读者批评指正。

编 者
2012年1月

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 智能电能表的工作原理.....	1
第二节 智能电能表各测量单元的功能.....	2
第三节 智能电能表与机械式电能表的差异.....	9
第四节 智能电能表的外形、布局及液晶显示含义	12
第二章 智能电能表现场检测方法	20
第一节 检测设备的分类及测量点的选择	20
第二节 测量方法及分析	21
第三节 现场校验仪测量方法	24
第四节 现场测量电能表数据时应注意的事项	36
第三章 电能表的内部分压为三角/“V”形结构时电压互感器二次侧不断相错误接线的实例分析	38
第一节 电压相序为 UVW 时的错误接线实例分析	38
第二节 电压相序为 VWU 时的错误接线实例分析	49
第三节 电压相序为 WUV 时的错误接线实例分析	61
第四节 电压相序为 WVU 时的错误接线实例分析	74
第五节 电压相序为 VUW 时的错误接线实例分析	86
第六节 电压相序为 UWV 时的错误接线实例分析	99
第四章 电能表的内部分压为三角形结构时电压互感器二次侧断相错误接线的实例分析	112
第一节 电压相序为 UVW 时的错误接线实例分析	112
第二节 电压相序为 VWU 时的错误接线实例分析	144
第三节 电压相序为 WUV 时的错误接线实例分析	176
第四节 电压相序为 WVU 时的错误接线实例分析	208
第五节 电压相序为 VUW 时的错误接线实例分析	240
第六节 电压相序为 UWV 时的错误接线实例分析	272

第五章 电能表的内部分压为“V”形结构时电压互感器接线二次侧断相错误接线的实例分析	305
第一节 电压相序为 UVW 时的错误接线实例分析	305
第二节 电压相序为 VWU 时的错误接线实例分析	336
第三节 电压相序为 WUV 时的错误接线实例分析	368
第四节 电压相序为 WVU 时的错误接线实例分析	400
第五节 电压相序为 VUW 时的错误接线实例分析	431
第六节 电压相序为 UWV 时的错误接线实例分析	463
第六章 电能量信息采集系统	496
第一节 电能量信息采集系统简介	496
第二节 电能量信息采集系统的通信方式	505
第三节 电能量信息采集系统的常见故障及处理	516
附录 A 用电信息采集系统数据模型	523
附录 B 智能电能表运行状态字	530
附录 C 最大需量及发生时间数据标识编码	532
参考文献	546

概 述

第一节 智能电能表的工作原理

一、智能电能表的测量原理

电能测量技术是测量某一时间段内发送或消耗电能的总量，也就是将某一时间段内的电能累计起来。常用的交流电能表不论机械式还是电子式，按接线方式都可以分为直接连接式和经（电压、电流）互感器接通式两大类。电压模拟量输入直接接通 220/380V 电压的电能表称为低压电能表；经过电压或电流互感器接通的电能表称为高压电能表。高压电能表的输入电压是 100V（三相三线）或 57.7V（三相四线）。

电子式电能表是怎样计量电能的呢？电路中的瞬时功率 $P = ui$ ，如果将 u 和 i 输入到乘法器中相乘，就可得一个与输入量的平均功率 P 成正比的平均电压 U 。再将此电压经 U/f 转换器转成为频率 f ，由频率计计数，电子式电能表的工作原理框图如图 1-1 所示。

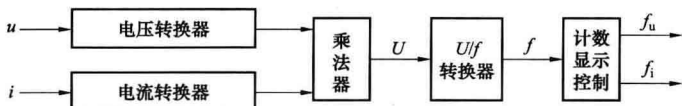


图 1-1

即 $ui \propto p \propto f \propto N/t$ ，式中 N 为电脉冲数，所以 $P = k \frac{N}{t}$ ，则在 t 段时间内的电能为

$$W = Pt = k \frac{N}{t} t = kN$$

公式 $W = kN$ 表示由对某一时间段内电能的测量，变为对这一段时间内转换的电脉冲数 (kN) 的测量，然后由数码管或计度器直接显示电能 (W) 的千瓦时数。

电子式电能表有较好的线性度和稳定性，具有功耗小、电压和频率的响应速度好、测量精度高等诸多优点。

二、三相智能电能表的工作原理

三相智能电能表由测量单元和数据处理单元等组成，除计量有功（无功）电能量外，还具有分时、测量需量等两种以上的功能，并能显示、储存和输出数据的电能表。

三相智能电能表的工作原理框图如图 1-2 所示。

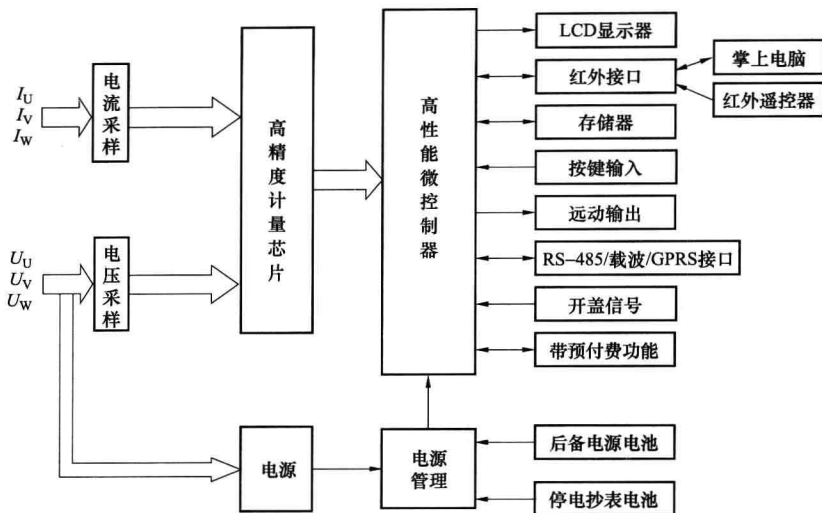


图 1-2

电能表工作时，电压、电流经采样电路分别采样放大后，再由高精度计量芯片转换为数字信号，高性能微控制器负责对数据进行分析处理。由于采用高精度计量芯片，计量芯片自行完成前端高速采样，计量算法稳定，高性能微控制器仅需要管理和控制计量芯片的工作状态。图中的微控制器还用于分时计费和处理各种输入输出数据，并根据预先设定的时段完成分时有功、无功电能计量和最大需量计量的功能，根据需要显示各项数据、通过红外或 RS-485 接口进行通信传输，并完成运行参数的监测，记录存储各种数据。

第二节 智能电能表各测量单元的功能

一、输入转换电路

电子式电能计量仪表中必须有电压和电流输入电路。输入电路的作用，一方面是将被测信号按一定的比例转换成低电压、小电流输入到乘法器中；另一方面是使乘法器和电网隔离，减小干扰。

(一) 电流输入转换电路

要测量几安培乃至几十安培的交流电流，必须要将其转换为等效的小信号交流电压（或电流），否则无法测量。直接接入式的电子式电能表一般采用锰铜分流器；经互感器接入式的电子式电能表内部一般采用二次侧互感器级联，以达到前级互感器二次侧不带强电的要求。

1. 锰铜分流器

以锰铜片作为分流电阻 R_s ，当大电流 $i(t)$ 流过时会产生相应的成正比的微弱电压 $u_i(t)$ ，其数学表达式为

$$u_i(t) = i(t)R$$

该小信号 $u_i(t)$ 送入乘法器，作为测量流过电能表的电流 $i(t)$ 。锰铜分流器测量电流原

理图如图 1-3 所示。

锰铜分流器和普通电流互感器相比，具有线性好和温度系数小等优点。锰铜分流器 A 选用 F2 锰铜片，厚度为 2mm，采样电阻 R_s 选 $175\mu\Omega$ ，则当基本电流为 5A 时，1、2 之间的取样信号 $u_i = 0.875\text{mV}$ 。

2. 电流互感器

采用普通互感器（电磁式）的最大优点是电能表内主回路与二次回路、电压和电流回路可以隔离分开，实现供电主回路电流互感器二次侧不带强电，并可提高电子式电能表的抗干扰能力。其电气原理图如图 1-4 所示，其中图 1-4 (a) 是穿线式，图 1-4 (b) 是接入式。

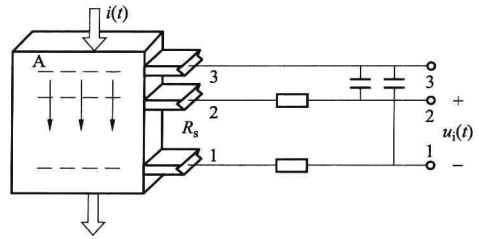


图 1-3

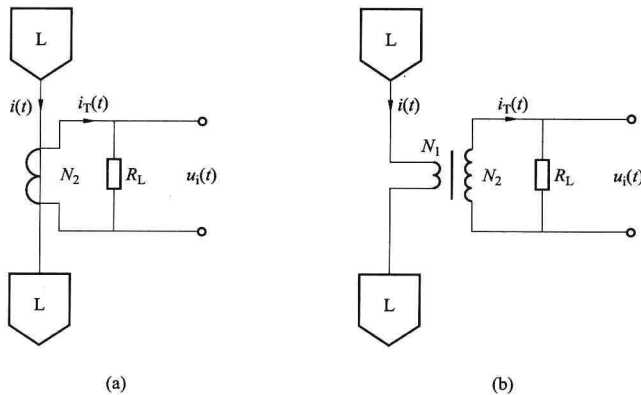


图 1-4

$$i(t) = K_I i_T(t)$$

式中 $i(t)$ ——流过电能表主回路的电流，A；

$i_T(t)$ ——流过电流互感器二次侧的电流，A；

K_I ——电流互感器的变比。

$$u_i(t) = i_T(t) R_L = \frac{i(t)}{K_I} \times R_L$$

式中 $u_i(t)$ ——送往电能计量装置的电流等效电压，V；

R_L ——负载电阻， Ω 。

(二) 电压输入变换电路

和被测电流一样，上百伏（100V 或 220V）的被测电压也必须经分压器或电压互感器转变为等效的小电压信号，方可送入乘法器。电子式电能表内使用的分压器一般为电阻网络或电压互感器。

1. 电阻网络

采用电阻网络的最大优点是线性好、成本低，缺点是不能实现电气隔离。

实用中，一般采用多级（如 3 级）分压，以便提高耐压和方便补偿与调试。典型电阻

网络线路如图 1-5 所示。

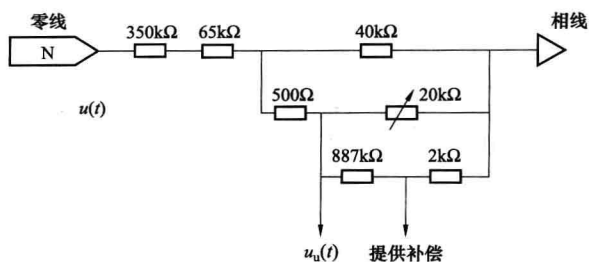


图 1-5

二、乘法器电路

模拟乘法器是一种将两个互不相关的模拟信号（如输入电能表内连续变化的电压和电流）进行相乘作用的电子电路，通常具有两个输入端和一个输出端，是一个三端网络，其表示方式如图 1-7 所示。理想的乘法器的输出特性方程式可表示为

$$u_0(t) = K u_x(t) u_y(t)$$

式中 K ——是乘法器的增益。

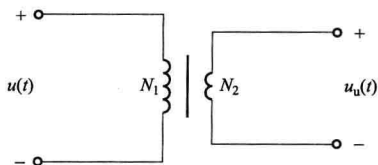


图 1-6

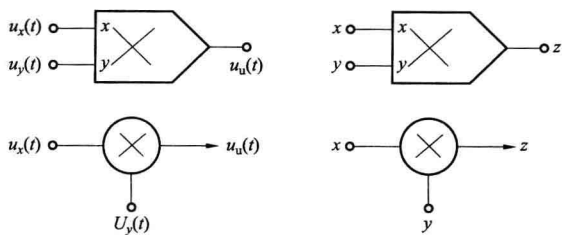


图 1-7

从乘法的代数概念出发，乘法器具有四个工作区域，由它的两个输入电压极性来确定。根据两个输入电压的不同极性，有四种组合方式，可以用图 1-8 平面中的四个象限来具体说明。能够适应两个输入电压极性的四种组合的乘法器，称为四象限乘法器。若一个输入端能够适应正、负两极性电压，而另一个输入端只能适应单一极性电压的乘法器，则称为二象限乘法器。若乘法器在两个输入端分别限定为只有某一种极性的电压才能正常工作，它就是单象限乘法器。

实现两个输入模拟量相乘的方法多种多样。乘法器是电子式电能表的核心部分，并非每一种乘法器电路都能适用于电子式电能表，下面介绍电子式电能表中常用的乘法器。

（一）时分割乘法器

时分割模拟乘法器的工作过程实质上是一个对被测对象进行调宽调幅的工作过程。它在提供

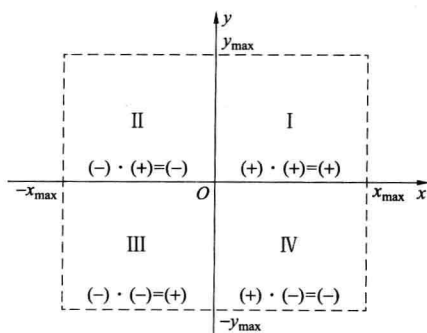


图 1-8

的节拍信号的周期 T 里, 对被测电压信号 u_x 作脉冲调宽式处理, 调制出正负宽度 T_1 、 T_2 之差 (时间量) 与 u_x 成正比的不等宽方波脉冲, 即 $T_2 - T_1 = K_1 u_x$; 再以此脉冲宽度控制与 u_x 同频的被测电压信号 u_y 的正负极性持续时间, 进行调幅处理, 使 $u = K_2 u_y$; 最后将调宽、调幅波经滤波器输出, 输出电压 u_0 为每个周期 T 内电压 u 的平均值, 它反映了 u_x 、 u_y 两同频电压乘积的平均值, 实现了两信号的相乘, 输出的调宽、调幅方波如图 1-9 所示。

也有时分割乘法器对电流信号 i_x 、 i_y 进行调宽、调幅处理, 输出的直流电流信号 I_0 表示电流 i_x 、 i_y 乘积的平均值。前者称为电压平衡型时分割乘法器, 后者称为电流平衡型时分割乘法器。

采用三角波作为节拍信号的电压型时分割乘法器的电路原理图如图 1-10 所示。被测电压转换为 u_x , 被测电流转换成电压 u_y 。图中电路的上半部分是调宽功能单元, 下半部分是调幅功能单元。

由运算放大器 N2 和电容 C1 组成积分器, 对经 R1、R2 输入的电流作求和积分; $+u_N$ 和 $-u_N$ 是正、负基准电压, 在电路的设计中, 基准电压 u_N 的幅值应比输入电压 u_x 大得多; S1、S2 为两个受电平比较器控制并同时动作的开关; 电平比较器是具有两个稳态的直流触发器; 运算放大器 N1、电阻 R4 和电容 C2 组成了滤波器。积分输出电压 u_1 和三角波发生器产生的节拍三角波电压 u_2 都加到电平比较器上, 当 $u_1 > u_2$ 时, 电平比较器输出低电平, S1、S2 分别接 $-u_N$ 、 $-u_y$; 当 $u_1 < u_2$ 时, 电平比较器输出高电平, S1、S2 分别接 $+u_N$ 、 $+u_y$; 当 $u_1 = u_2$ 时, 为比较器转换状态。乘法器的输出电压 U_0 就是由 S2 的动作所得到的幅度为 u_y 的不等宽方波电压经滤波后的直流成分。

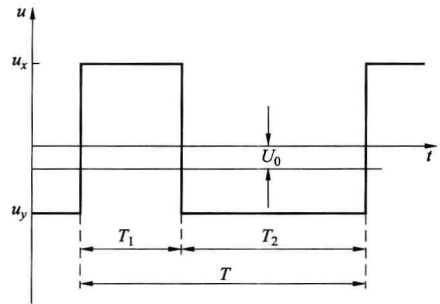


图 1-9

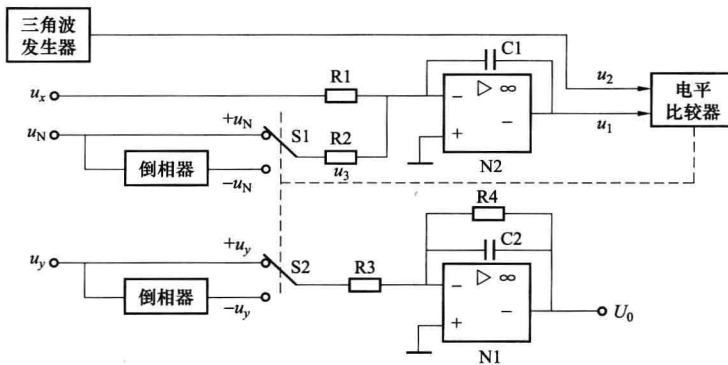


图 1-10

1. 调宽功能单元

三角波信号的时分割乘法器波形图如图 1-11 所示。假定输入电压 u_x 为正值, 积分器接通 u_x 和 $+u_N$, 输出电压 u_1 从 a 点逐渐向下变化 (ab 段), 在 ab 段内, $u_1 > u_2$, 达到 b 点时, $u_1 = u_2$ 。由于三角波电压继续向上变化, 致使 $u_1 < u_2$, 于是电平比较器输出高电平, S1 接通 $+u_N$, 积分器输出电压 u_1 转而逐渐向上变化 (bc 段), 达到 c 点时, $u_1 = u_2$, 紧接着三角

波电压继续下降, $u_1 > u_2$, 电平比较器输出低电平, S1 接通 $-u_N$, 电压 u_1 再次向下变化……如此反复, 积分器输出电压 u_1 呈锯齿波形。设开关 S1 接通 $+u_N$ 的时间为 T_1 , 接通 $-u_N$ 的时间为 T_2 , 且 $T_1 + T_2 = T$ 。当系统达稳态时, 积分器在 T_1 、 T_2 时间段内的总积分电荷量应为零, 即

$$\left(\frac{u_x}{R_1} + \frac{u_N}{R_2}\right)T_1 + \left(\frac{u_x}{R_1} - \frac{u_N}{R_2}\right)T_2 = 0$$

$$\frac{u_x}{R_1}(T_1 + T_2) + \frac{u_N}{R_2}(T_1 - T_2) = 0$$

$$T_1 - T_2 = -\frac{R_2 T}{R_1 u_N} u_x$$

即开关 S1 接通 $-u_N$ 、 $+u_N$ 的时间差 ($T_2 - T_1$) 与输入电压 u_x 成正比。

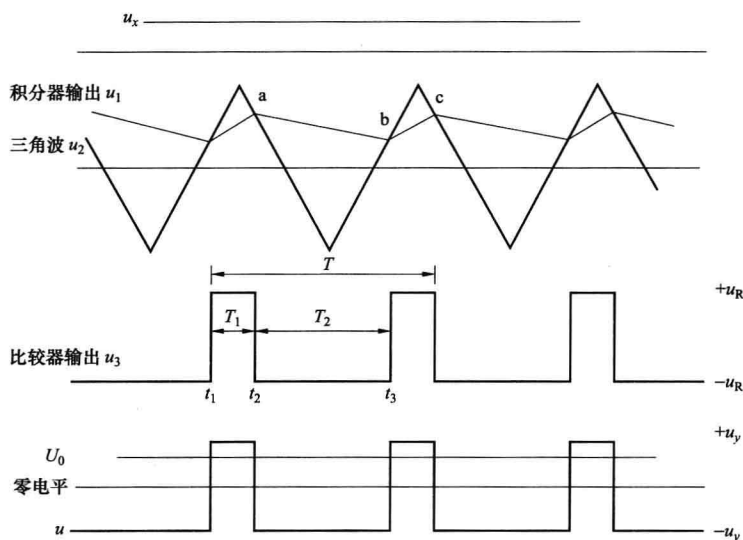


图 1-11

2. 调幅功能单元

开关 S2 在比较器的控制下与 S1 同时动作, 在 T_1 期间接通 $+u_y$, 输出电压 u 为 $+u_y$, 在 T_2 期间接通 $-u_y$, 输出电压 u 变为 $-u_y$ 。经滤波器输出后, 得到电压 U_0 为 u 的反向平均值

$$U_0 = -u_y \times \frac{T_1 - T_2}{T} = \frac{R_2}{R_1 u_N} u_x u_y = K u_x u_y \propto u_i$$

即输出电压 U_0 与 u_i 成正比, 因此整个电路是一个实现了 u 、 i 乘积运算的乘法器, 它的输出相当于 u_i 乘积的平均值, 即平均功率。

在调宽电路中, 受积分器积分电荷总量平衡条件的约束, 对 u_x 的最大幅值有一定限制, 它的正边界是当 $T_1 = 0$ 、 $T_2 = T$ 时 $-u_N$ 所能平衡的 u_x 值, 负边界是当 $T_1 = T$ 、 $T_2 = 0$ 时 $+u_N$ 所能平衡的 u_x 值, 因此 u_x 的幅值应满足条件

$$-\frac{R_1 u_N}{R_2} < u_x < \frac{R_1 u_N}{R_2}$$

至于 u_y , 其输入幅值仅受为获取 $-u_y$ 的倒相器的动态范围的限制。

目前在全电子式电能表制造业中，采用时分割模拟乘法器的占有相当大的比例。与其他类型的模拟乘法器相比，时分割模拟乘法器的制造技术比较成熟且工艺性好，原理较为先进，具有更好的线性度，其最突出的优点是具有较高的准确度级别，可达到 0.01 级，基本上解决了如何提高准确度的问题；其主要缺点是带宽较窄，仅为数百赫兹。

(二) 数字乘法器

微处理器在全电子式电能表中主要用于数据处理，而在其测量机构中的应用并不多。随着芯片速度的提高和外部接口电路的更加成熟，微处理器的功能将得到充分发挥和扩展。可以预计，应用数字乘法器技术来完成功率/电能测量的前景十分广阔。采用数字乘法器，由计算机软件来完成乘法运算，可以在功率因数为 0~1 的全范围内保证电能表的测量准确度，这是多种模拟乘法器难以胜任的。采用数字乘法器的全电子式电能表的基本结构框图如图 1-12 所示。

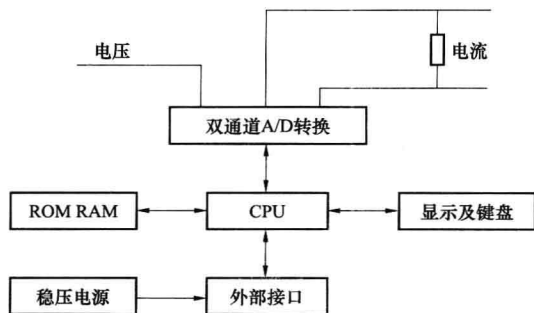


图 1-12

微处理器控制双通道 A/D 转换，同时对电压、电流进行采样，由微处理器完成相乘的功能并累计电能。平均功率表示为

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \times i(t) dt$$

式中 T ——交流电压、电流的周期。

以 Δt 为时间间隔将上式中的积分做离散化处理，即对电压、电流同时进行采样，则

$$P = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^N u(k) \times i(k)$$

$$T = N\Delta t$$

这就是用软件计算被测平均功率即有功功率的数学模型。从上式可以看出，平均功率的计算和功率求解过程与功率因数无关，因此，可以得出采用数字乘法器的全电子式电能表的电能测量与功率因数无关的结论，这是这类电能表的一个重要特点。

A/D 转换器的准确度一般较高，其转换误差可以忽略。通过软件来完成采样及乘法计算的准确度与 Δt 的选取有关。 Δt 越小，准确度越高，但计算量将增加，且会使实时性变差。由采样理论可知，连续信号离散后得到的时间序列不丢失原信号的信息，不仅采样频率要满足奈奎斯特定律，而且必须等分连续的信号周期，否则会产生测量误差。为此采用软件锁相技术将采样频率自动地锁定在输入信号频率的 N 倍上，这样可以在输入频率发生变化时自动调整采样间隔，即使时钟的漂移变化也不会给测量带来误差。

使用微处理器技术制造全电子式电能表的前景十分看好，但成本高是其商品化的一个主要障碍；数字乘法器的发展还要依靠于电路的集成和芯片价格的降低，但其功能强大、性能优越，在未来先进的电能管理领域中一定会被广泛应用。

三、电压/频率转换器

目前采用的电压/频率转换器，大多是利用积分方式实现转换的。电子式电能表常用的

双向积分式电压/频率转换器的原理电路图如图 1-13 所示。运算放大器 N 和电容 C 组成积分器，上下电平比较器有两个比较电平 U_1 、 U_2 。双向积分式电压/频率转换器的波形图如图 1-14 所示。当开关 S 接通 $+U_i$ 时，电容 C 充电，输出电压 U_0 往负向变化 (ab 段)；当达到比较器的下限电平 U_2 时，比较器控制开关 S 接通 $-U_i$ ，电容 C 放电，电压 U_0 往正向变化；当达到比较器的上限电平 U_1 时，S 再次接通 $+U_i$ ，如此反复，达稳态后，便得到了周期为 T 的三角波。由于 ab 段和 bc 段的积分斜率是一样的，故积分时间也相等，均为 $T/2$ 。根据积分器输入、输出电压的关系

$$U_1 - U_2 = \frac{U_i}{RC} \times \frac{T}{2}$$

得到输出电压 U_0 的频率

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2RC(U_1 - U_2)} U_i \propto U_i$$

即输出频率 f 与输入电压 U_i 成正比。

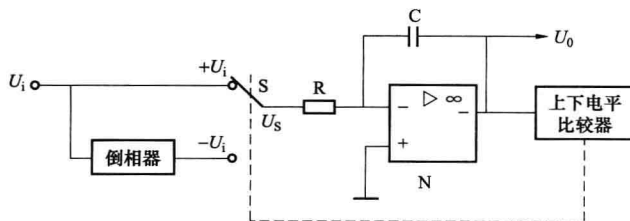


图 1-13

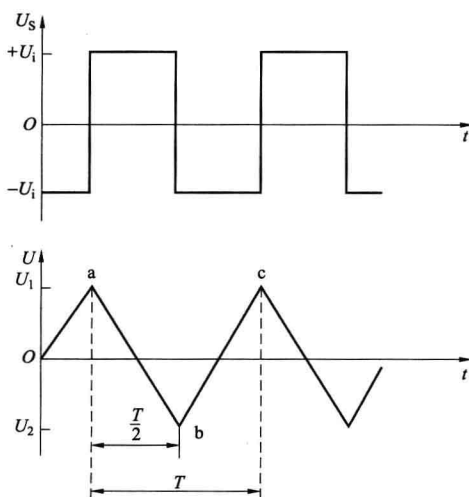


图 1-14

这种电压/频率转换器的主要特点是输出频率较低，选择高稳定性的 R、C 元件，可使其准确度长期保持在 $\pm 0.1\%$ 的水平。

四、分频计数器

在机电式电能表中，由光电转换器将电能信号转换成脉冲信号；而在电子式电能表中，电能信号转化成相应脉冲信号的工作是由乘法器及电压/频率转换器完成的。这两种脉冲信号在送入计数器计数之前，需要先送入分频器进行分频，以降低脉冲频率。这样做，一方面是为了便于取出电能计量单位的位数（如 1% 千瓦时位）；另一方面是考虑到计数器长期计数的容量问题。

所谓分频，就是将输出信号的频率分为输入信号频率的整数分之一；所谓计数，就是对输入的频率信号累计脉冲个数。

在电子式电能表中，分频器和计数器一般采用 CMOS 集成电路器件。这是因为集成电路器件的工作可靠性、抗干扰能力、功率消耗、电路保安和机械尺寸等一系列指标均优于分立元器件组成的电路。

图 1-15 为分频计数器原理框图和脉冲波形。图中电压/频率转换器送来的脉冲信号 f_x 经整形电路整形后，可输出一系列规则的矩形波，并输入到控制门，如图 1-15 (b) A 点的波形所示。把由石英晶体振荡器产生的标准时钟脉冲信号经分频后作为时间基准。分频后的标准时钟脉冲信号，如图 1-15 (b) B 点的波形所示，也送至控制门，于是控制门打开，将计数脉冲输出，得到如图 1-15 (b) C 点的波形。计数器可记录时间 T 内通过控制门的脉冲数，每一个脉冲所代表的电量数经计算确定后，便可经译码电路由显示器显示出来。

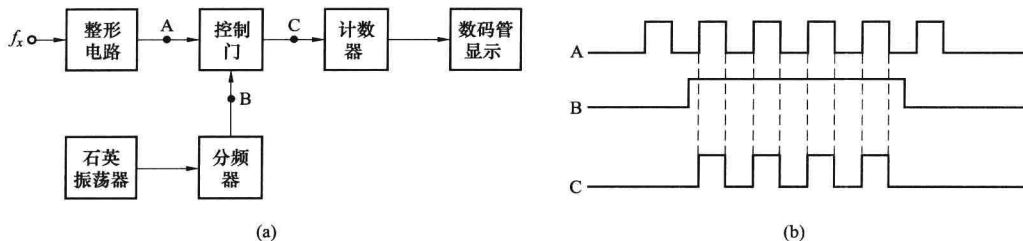


图 1-15

五、显示器

目前常见的电子式电能表显示器件有三种：液晶 (LCD)、发光二极管 (LED)、荧光管 (FIP)。

LCD 显示器是利用液晶在一定电场下发生光学偏振而产生不同透光率来实现显示功能的。它根据光学原理可分为透射式、反射式和半透半反射式；根据视角大小可分为 TN 型 (视角为 90°) 和 STN 型 (视角可达 160°) 两种；根据工作温度范围可分为普遍型 ($0 \sim 65^\circ\text{C}$) 和宽温型 ($-30 \sim +85^\circ\text{C}$)。液晶显示器在静态直流电场下寿命很短 (一般为几千小时)，而在动态交变电场下寿命很长 (可达 20 万 h)；除具有长寿命的优点之外，还具有功耗小 (小于 $10\mu\text{A}$)，在有一定采光度时显示对比强等优点。

LED 是利用特殊结构和材质的二极管在施加正向工作电压、具有一定工作电流时，发出某一特定波长的可见光来实现显示功能的。根据同一正向工作电流下的发光强度可将其分为普亮、高亮和超高亮 3 种。发光二极管有红、绿、黄等多种颜色，具有温度范围宽 ($-40 \sim +85^\circ\text{C}$)、在弱光背景下显示醒目和低成本等优点；缺点是寿命短 (一般为 3 万 \sim 5 万 h)、耗电大 (一般 $5 \sim 10\text{mA}$)、露天下显示不清等。

FIP 显示器是利用特种荧光物质在一定电场和一定红外线热能下产生一定亮度的可见荧光来实现显示功能的。除成本高的缺点外，其优缺点和发光二极管基本相同。

第三节 智能电能表与机械式电能表的差异

一、智能电能表内部接线等效电路图

三相四线电能表电压采样原理如图 1-16 所示。

可见，三相四线电能表计量部分各相电压，均是以中性点 U_N 为参照的，而表内部各相电压采样互不影响。如果电压互感器一次侧某一相熔丝 (或线) 断开时，二次侧电压值也相应发生变化，变动值一般是 0V 和 220V 。

三相三线电能表电压采样原理如图 1-17 所示。

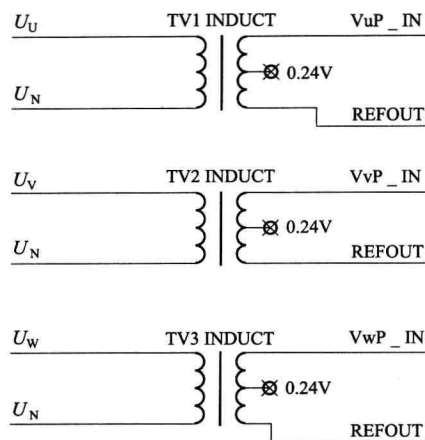


图 1-16

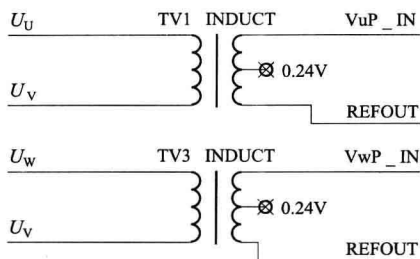


图 1-17

由原理图可知，U、W 相电压采样以 V 相作为参考地，可以根据各自的电压值直接计算得到电压，V 相由于没有电压采样，因此，V 相电压值为 0。如果电压互感器一次侧某一相熔丝（或线）断开时，二次侧电压值也相应发生变化，变动值一般是 0V、50V 和 100V。

二、机械式电能表等效电路图

图 1-18 所示为三相三线有功、60°无功电能表等效电路图。

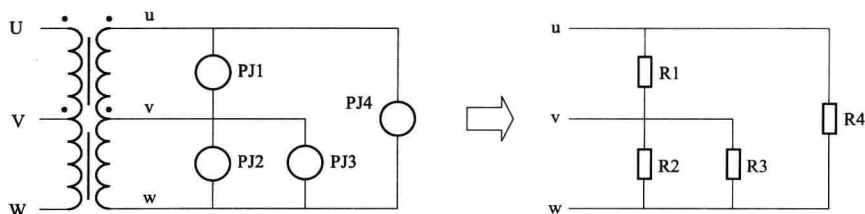


图 1-18

从图中可以看出，当三相电压平衡时，每组电压元件所加电压均为 100V，即每组电压元件的阻值均相等。如果电压互感器一次侧某一相熔丝（或线）断开时，二次侧电压值也相应发生变化，变动值一般是 0V、50V 和 100V。

三、智能电能表与机械表的差异

以三相三线 $3 \times 100\text{V}$ 电能表为例。智能电能表内部电压取样分为“ Δ ”形与“V”形两种方式，“ Δ ”形和“V”形取样等效电路分别如图 1-19 和图 1-20 所示。

从图 1-19 和图 1-20 可以看出，图 1-20 与机械表接线原理基本一致，当 U 相断线时， $U_{uv} = 0\text{V}$ ； $U_{vw} = U_{uw} = 100\text{V}$ ，二次电压值变化范围为 0、50、100V。图 1-19 则不相同，当 U 相断线时， $U_{uv} = U_{uw} = 50\text{V}$ ； $U_{vw} = 100\text{V}$ ，二次电压值变化范围为 50、100V。因此，同样是智能表，当电能表接线出现故障时，需要了解到是哪一种接线方式，否则会出现误判，导致计算结果错误，不能正确进行电量追退。表 1-1 是一组三相三线 $3 \times 100\text{V}$ 、1.5 (6) A 智能电能表走字试验的实测数据。

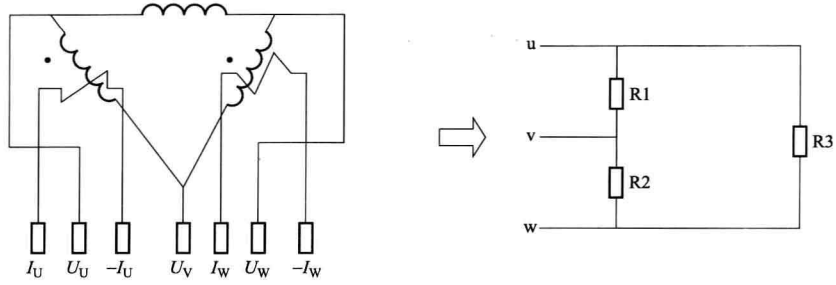


图 1-19

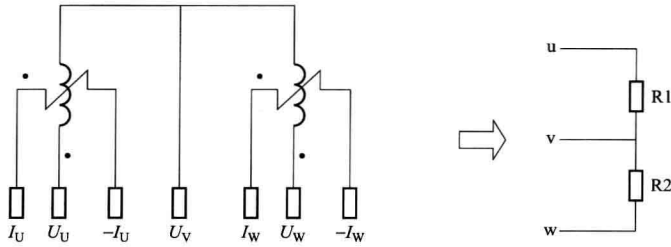


图 1-20

表 1-1

	U 相断		V 相断		W 相断	
	三星 DSSD188S	Uuv	48.1		47.7	
	Uvw	100		49.9		49
	Uuw	49.9		100		48.8
走字	正常	U 相断	正常	V 相断	正常	W 相断
起度	0.11	0.17	0.46	0.36	0.85	0.53
止度	0.46	0.36	0.81	0.53	1.20	0.70
走度	0.35	0.19	0.35	0.17	0.35	0.17
	U 相断		V 相断		W 相断	
	Uuv	47.7		49.3		100
华立 DSSD536	Uvw	100		47.7		49.7
	Uuw	49.7		100		47.7
走字	正常	U 相断	正常	V 相断	正常	W 相断
起度	0.19	0.05	0.55	0.23	0.90	0.40
止度	0.55	0.23	0.90	0.40	1.25	0.58
走度	0.36	0.18	0.35	0.17	0.35	0.18
	U 相断		V 相断		W 相断	
	Uuv	0		54.8		100
威胜 DSZ331	Uvw	100		44.9		0
	Uuw	99.7		100		99.9