

一种基于混合判据的微波炉运行的非侵入辨识方法

技术领域

本发明属于智能用电技术领域，涉及一种基于混合判据的微波炉运行的非侵入辨识方法。

背景技术

我国居民用电目前呈现以下特点：第一，增速高，2016 年居民占新增用电量的比例高达 38%；第二，行为复杂，由于个体众多，同时家用电器种类繁多，居民用户的用电行为非常复杂；第三，综合能耗高，居民用户的综合能耗远高于日本等发达国家水平。居民电力负荷监测分解技术是一门新兴的智能电网基础支撑技术，与目前智能电表仅量测用户总功率不同，它以监测并分解出居民户内所有电器的启动时间、工作状态、能耗情况为目标，从而实现更加可靠、精确的电能量管理。电力负荷监测分解技术使用户的电费清单像电话费清单一样，各类家用电器的用电量一目了然，从而使用户及时了解自己的用电情况，为合理分配各个电器的用电时间及相应的用电量提供参考，最终能够有效减少电费支出和电能浪费。据统计数据显示，如果家庭用户能够及时了解住宅电器的详细用电信息，就能使每月电费开支下降 5%~15%。如果全美国有一半家庭每个月节省这么多开支，减少的碳排放量相当于减少 800 万辆汽车的使用。

目前，居民电力负荷监测分解技术主要分为侵入式监测分解 (Intrusive Load Monitoring and Decomposition, ILMD) 和非侵入式监测分解 (Non-intrusive Load Monitoring and Decomposition, NILMD) 两大类：

(1) 侵入式负荷监测分解技术 (ILMD)：侵入式负荷监测将带有数字通信功能的传感器安装在每个电器与电网的接口，可以准确监测每个负荷的运行状态和功率消耗。但大量安装监测传感器造成建设和维护的成本较高，

最重要的是侵入式负荷监测需要进入居民家中进行安装调试，容易造成用户抵制心理。

(2) 非侵入式负荷监测分解技术 (NILMD)：仅在用户入口处安装一个传感器，通过采集和分析入口总电流、电压等信息来判断户内每个或每类电器的用电功率和工作状态（例如，洗衣机具有洗涤、漂洗、脱水等不同工作状态），从而得出居民的用电规律。和侵入式负荷分解相比，由于只需要在电力入口处安装传感器，非侵入负荷分解方案的建设成本和后期维护难度都大幅降低；另外，传感器安装位置可以选择在用户电表箱处，完全不会侵入居民户内进行施工。可以认为，NILMD 以分解算法代替 ILMD 系统的传感器网络，具有简单、经济、可靠、数据完整和易于迅速推广应用等优势，有望发展成为高级量测体系 (AMI) 中新一代核心技术（成熟后，NILMD 算法也可以融合到智能电表的芯片内），支持需求侧管理、定制电力套餐等智能用电的高级功能，也适用于临时性的负荷用电细节监测与调查。

微波炉是利用食物在微波场中吸收微波能量而使自身加热的烹饪器具。在微波炉微波发生器产生的微波在微波炉腔建立起微波电场，并采取一定的措施使这一微波电场在炉腔中尽量均匀分布，将食物放入该微波电场中，由控制中心控制其烹饪时间和微波电场强度，来进行各种各样的烹饪过程。微波炉的功率范围一般为 800~1500 瓦。

综上所述，NILMD 技术已经逐渐成为一个研究热点，相关技术的突破和产业化对全社会的节能减排的目标具有重要意义。但目前 NILMD 技术的研究还停留在理论研究阶段，间断运行负荷尤其是微波炉的分解辨识方法等关键技术还有待突破。

因此，需要一种微波炉运行的非侵入辨识方法以解决上述问题。

发明内容

本发明的目的就在于为了解决上述问题而提供一种基于混合判据的微波

炉运行的非侵入辨识方法。

本发明通过以下技术方案来实现上述目的：

一种基于混合判据的微波炉运行的非侵入辨识方法，包括以下步骤：

1)、在采样频率 f 下，对电源总进线处的电压和电流信号进行采样，形成电压信号采样序列 $u(i)$ 和电流信号采样序列 $i(i)$ ， i 为采样点编号；

2)、在第一时间窗口内扫描采集到的电压信号采样序列 $u(i)$ 和电流信号采样序列 $i(i)$ ，计算实时平均有功功率序列 $P(k)$ 和实时平均无功功率序列 $Q(k)$ ，所述第一时间窗口内包括 m 个工频周期，每个工频周期包括 n 个采样点数， k 为平均功率序列的采样点编号；

3)、在第二时间窗口内扫描实时平均有功功率序列 $P(k)$ 和实时平均无功功率序列 $Q(k)$ ，计算有功功率变化量 $\Delta P(k)$ 和无功功率变化量 $\Delta Q(k)$ ；

4)、检测第 t 个时间窗口内的无功功率变化序列 $\Delta Q(t)$ ，如果 $\Delta Q(t) > 700$ ，则判定功率抬升，抬升时刻为 $T_{on}(i)$ ，有功功率的抬升值为 ΔP_u ，无功功率的抬升值记为 ΔQ_u ，并且将 ΔP_u 、 ΔQ_u 和 $T_{on}(i)$ 记入启动电器表，转到步骤 5)，否则转到步骤 2)；

5)、检测有功功率变化量 $\Delta P(t)$ ，如果 $\Delta P(t) < -1200$ ，则判定功率跌落，跌落时刻为 $T_{off}(i)$ ，有功功率的跌落值为 ΔP_d ，无功功率的跌落值为 ΔQ_d ，转到步骤 6)，否则，转到步骤 2)；

6)、遍历启动电器表，当 $|\Delta P_d|/|\Delta P_u| > 3$ 且 $|\Delta Q_u|/|\Delta Q_d| > 2$ 时，转到步骤 7)，否则转到步骤 2)；

7)、计算两次功率变化的间隔时长 $\Delta T_i = T_{off}(i) - T_{on}(i)$ ，如果 $10s < \Delta T_i < 30s$ ，则判定微波炉运行，否则返回步骤 2)。

更进一步的，步骤 1) 中采样频率 f 的范围为 $0.5kHz \sim 2kHz$ 。

更进一步的，步骤 2) 中所述实时平均有功功率序列 $P(k)$ 和实时平均无功功率序列 $Q(k)$ 通过下式计算得到：

$$P(k) = \frac{1}{mn} \sum_i^{i+mn} u(i) * i(i)$$

$$Q(k) = \frac{1}{mn} \sqrt{\sum_i^{i+mn} u(i)^2 * \sum_i^{i+mn} i(i)^2 - (\sum_i^{i+mn} u(i) * i(i))^2}$$

其中， m 为第一时间窗口所含工频周期的数目， i 为采样点编号， n 为一个工频周期包含的采样点数目。

更进一步的，步骤 3) 中所述第二时间窗口的时间长度为 $n \times T$ ，其中， n 为一个工频周期包含的采样点数目， T 为工频周期。

更进一步的， $n=1000 \times (f/50)$ 。

更进一步的，步骤 1) 中采用电压传感器和电流传感器对总电源进线的电压和电流信号进行采样。

更进一步的，步骤 3) 中有功功率变化量 $\Delta P(k)$ 和无功功率变化量 $\Delta Q(k)$ 通过下式计算得到： $\Delta P(k) = P(k+1) - P(k)$ ， $\Delta Q(k) = Q(k+1) - Q(k)$ 。

本发明的有益效果是：本发明的基于混合判据的微波炉运行的非侵入辨识方法充分考虑了微波炉启停时有功功率、无功功率变化的特点以及运行时间特性，从而能够准确区分微波炉和感性工作电器（例如电饭煲等），增加了微波炉非侵入辨识的准确性。

附图说明

图 1 为本发明的流程示意图；

图 2 为基于混合判据的微波炉非侵入辨识方法实时平均有功功率的计算结果图；

图 3 为基于混合判据的微波炉非侵入辨识方法实时平均无功功率的计算结果图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而

不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

如图 1 所示，本发明公开的基于功率阶段变化特性的微波炉非侵入辨识方法，具体的流程步骤如下：

(1) 取采样频率 $f=0.8\text{kHz}$ ，使用电流传感器和电压传感器对总电源进线的电压和电流进行采样，形成电压信号采样序列 $u(i)$ 和电流信号采样序列 $i(i)$ ， i 为采样点编号。

(2) 取计算时间窗口 $m=5$ 个工频周期，一个工频周期包含的采样点数目 $n=16$ ，计算总电源进线处的实时平均有功功率序列 $P(k)$ 和无功功率序列 $Q(k)$ ，其中

$$P(k) \text{ 的计算公式为 } P(k) = \frac{1}{80} \sum_i^{i+80} u(i) * i(i),$$

$$Q(k) \text{ 的计算公式为 } Q(k) = \frac{1}{80} \sqrt{\sum_i^{i+80} u(i)^2 * \sum_i^{i+80} i(i)^2 - (\sum_i^{i+80} u(i) * i(i))^2},$$

(3) 在一定时间窗口内扫描实时平均有功功率序列 $P(k)$ 和实时平均无功功率序列 $Q(k)$ ，计算有功功率变化量 $\Delta P(k)$ 和无功功率 $\Delta Q(k)$ ， $\Delta P(k)$ 的计算公式为 $\Delta P(k) = P(k+1) - P(k)$ ， $\Delta Q(k)$ 的计算公式为 $\Delta Q(k) = Q(k+1) - Q(k)$ ，其中 $k=1, 2, 3, \dots$

如图 2 所示，微波炉在运行期间功率一直在变化，有功功率和无功功率间歇出现两次阶跃变化过程，第一阶段有功功率抬升了 220W，无功功率抬升了 800Var 左右；第二阶段有功功率抬升了 1020W；无功功率下降了 500Var 左右，随后有功功率稳定在 1300W 左右，无功功率稳定在 300Var 左右，根据计算公式求得 $\Delta P(k)$ 和 $\Delta Q(k)$ 的值。

(4) 检测第 t 个时间窗口内的无功功率变化序列 $\Delta Q(t)$ ，若满足 $\Delta Q(t) > 700$ 则判定功率抬升，记抬升时刻为 $T_{on}(t)$ ，有功功率的抬升值记为 ΔP_u ，无功功率的抬升值记为 ΔQ_u ，并且将 ΔP_u 、 ΔQ_u 、 $T_{on}(t)$ 记入启动电器表，否则转到步

骤 (2) ;

具体为通过检测 $\Delta Q(t)$ 的大小来鉴定负荷是否为功率抬升, 若非功率抬升则返回步骤 (2), 否则将抬升时刻记为 $T_{on}(i)$, 有功增量记为 ΔP_u , 无功增量记为 ΔQ_u 。

如图 2 和图 3 所示, 微波炉在启动时刻无功功率瞬间抬升了 845Var, 大于判据中的阈值 700Var, 故可以判定为功率抬升, 将抬升时刻记为 $T_{on}(1)$, $\Delta P_u(1)=400W$, $\Delta Q_u(1)=845Var$ 。

(5) 检测有功功率变化量 $\Delta P(t)$ 是否满足 $\Delta P(t)<-1200$, 若满足则记录跌落时刻 $T_{off}(i)$, 有功功率的跌落值 ΔP_d , 无功功率的跌落值 ΔQ_d , 遍历启动电器表, 当满足以下判据: $|\Delta P_d|/|\Delta P_u|>3$, $|\Delta Q_u|/|\Delta Q_d|>2$, 转到步骤 (6) ;

具体为通过检测 $\Delta P(t)$ 值来鉴定负荷是否为功率跌落, 若非如此则返回步骤 (2), 否则将此变化时刻记为 $T_{off}(i)$, 有功增量记为 ΔP_d , 无功增量记为 ΔQ_d , 并且将 ΔP_d 、 ΔQ_d 、 $T_{off}(i)$ 加入启动电器表。

如图 2 和图 3 所示, $T_{off}(1)$ 时刻的有功功率下降了 1360W, 而同时刻无功功率下降了 295Var, 记有功增量 $\Delta P_d(1)=-1360W$, 无功增量 $\Delta Q_d(1)=-295Var$, 可得 $|\Delta P_d(1)|/|\Delta P_u(1)|\approx 3.4>3$, $|\Delta Q_u(1)|/|\Delta Q_d(1)|\approx 2.86>2$, 满足判据: $|\Delta P_d|/|\Delta P_u|>3$ 、 $|\Delta Q_u|/|\Delta Q_d|>2$, 转到步骤 (6) 。

(6) 计算间隔时长 $\Delta T_i=T_{off}(i)-T_{on}(i)$, 如果满足 $10s<\Delta T_i<30s$, $\Delta T_1\approx\Delta T_2\approx\ldots\approx\Delta T_n$ 则判定微波炉运行, 并计算微波炉的近似额定功率, 否则返回步骤 (2) 。

具体为按公式计算电器运行时长, 如图 2 所示的 $\Delta T_1=T_{off}(1)-T_{on}(1)$, $\Delta T_2=T_{off}(2)-T_{on}(2)$, 电器近似等间隔运行, 每次运行时长为 10s 至 30s, 则可以判断为微波炉运行, 并可以得到微波炉的近似额定功率 P_s 。

如图 2 和图 3 所示, $10s\leq\Delta T_1=\Delta T_2\ldots=\Delta T_n\leq 30s$, 则可以认为有微波炉运行, 微波炉的近似额定电功率为 1300W。