

一种新型的电梯能量回馈并网系统^①

彭继慎, 王伟伟, 宋立业

(辽宁工程技术大学 电气与控制工程学院, 葫芦岛 125105)

摘要: 针对普通电梯变频器不能回馈再生能量的缺点, 设计出一种并网逆变器, 将再生能量转化成电能回馈给电网。该回馈系统采用重复控制与电压前馈控制策略。为验证所提出的算法, 搭建了基于 TMS320F2812 的并网逆变系统实验模型。实验结果表明该系统具有功率因数高, 动态响应快, 鲁棒性能好, 抗干扰能力强等优点, 可以有效的将再生制动能量回馈给电网, 达到节能的目的, 应用前景良好。

关键词: 能量回馈; 重复控制; 电压前馈; PI 控制; 节能

A New Elevator Control System of Energy Feedback and Network Design

PENG Ji-Shen, WANG Wei-Wei, SONG Li-Ye

(Institute of Electrical and Control Engineering, Liaoning Technical University, Huludao 125105, China)

Abstract: The ordinary elevator drive can not back renewable energy shortcomings, designed a grid-connected inverter, the renewable energy into electrical energy back to the grid. The feedback system uses repetitive control of grid voltage feedforward control strategy. To verify the proposed algorithm. Structures and network-based inverter system TMS320F2812 experimental model results show that the system has high power factor, fast dynamic response, robust performance, anti-interference ability, etc., can be effectively regenerated braking energy back to the grid, achieve energy saving, application of good prospects.

Keywords: energy feedback; repetitive control; voltage feed-forward; PI control; energy saving

电梯在轻载上行和重载下行时, 产生大量的动能或势能, 通过曳引电机转化成再生电能^[1]。传统的变频调速电梯, 通常利用制动电阻将再生电能转化为热能消耗掉, 这不仅浪费了大量电能而且对机房环境和电梯控制系统等带来不利影响^[2]。为了将此再生能量回馈给电网, 达到节能的目的, 需要一种性能可靠的能量回馈器。能量回馈型有源逆变器作为和电网的接口, 可以实现直流电和交流电的转换, 有着广阔的应用前景, 而并网逆变器是回馈系统的核心环节, 其控制系统的设计直接影响到整个系统的性能。电能回馈系统能将储存在变频器电容中的能量逆变成与电网电压同相的电流, 并回馈给电网。在重新利用机械能的同时, 还减少了电梯机房的发热量, 这不仅提高了电梯控制系统的稳定性, 还大大降低电能的消耗^[3,4], 比国内使用的传统能耗制动方式更能实现电能到电网的

转化, 提高了电能的利用率。因此, 本文提出了一种基于旋转坐标变换的 PI 控制, 电压前馈补偿和重复控制相结合的复合控制方案。该方案既能向电网输送功率因数接近 1 的有功电流, 又能向电网发送无功, 对电网进行无功补偿。

1 系统组成

系统主回路如图 1 所示。它由电梯变频器和能量回馈器组成。

回馈器的实质是有源逆变, 其实现方法是在通用变频器的前级不控整流处反并联三相逆变器将再生能量馈送电网。能量回馈器输出端通过 3 个扼流电抗器 L 与电梯变频器的输入端 R, S, T 相连, L 可以滤除高频分量; 输入端与两个隔离二极管 VD1, VD2 串联后连接到电梯变频器的 P, N 线上。VD1,

① 收稿时间:2011-06-22;收到修改稿时间:2011-09-03

VD2 的作用是使能量只能由变频器母线流经能量回馈器输送到电网。

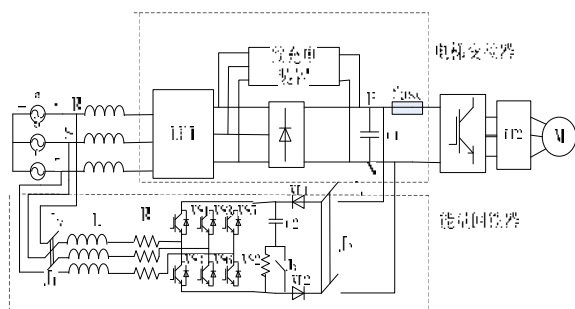


图 1 系统主回路

该系统工作过程：上电后，接触器 J1, J2 吸合，并延时合上 J3，短路上电电阻。当电梯电动运行时，有源逆变器不工作，开关管 VT1~VT6 全被封锁，逆变回路处于关断状态；当电梯再生发电时，交流电动机的再生能量给变频器中间直流环节的电容 C 充电，经 VD1, VD2 使回馈器的母线电压也升高，当母线电压大于设定的开启电压时，能量回馈器开始工作，即将电能回馈至电网侧。

2 网逆变控制系统

控制系统主要有三部分：电流 PI 调节器，电压前馈调节，重复控制单元，如图 2 所示。

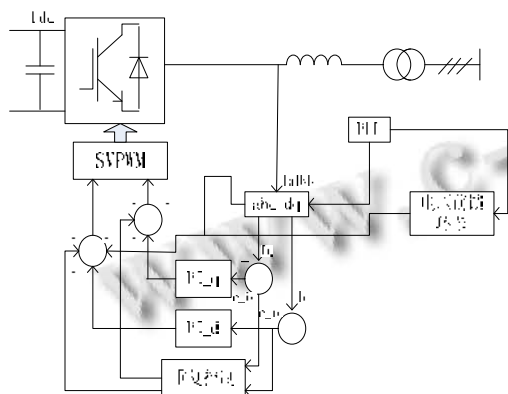


图 2 电网逆变控制系统结构图

原理如下：对三相电流 i_o ，如 i ，采样，并进行 $3s/2r$ 坐标变换，得到其在两相旋转坐标系下的电流分量。在 d, q 坐标系下，采用基于直接电流解耦的无电网电压传感器控制的算法，该算法可以避免噪声的引入，省去网侧电压传感器，并结合预分解矩阵方法，

根据所期望的电压矢量直接计算空间矢量在各个扇区的作用时间，在 DSP 中编制程序，可使得程序运行效率提高。同时结合坐标变换，利用两相电流、桥臂的开关型号以及直流电压能够准确估算出电网电压，可以省去 PWM 变换器矢量控制所必须的交流电压传感器，从而降低了成本，具有很高的经济效益。实验验证了控制策略的正确性，实现了网侧的高功率因数。

3 系统控制算法研究与算法实现

通常会采用 $3s/2r$ 的变换三相交流分量变成了两相直流分量，便于 PI 调节器的设计和控制^[5]。锁相环将电压空间合成矢量定向在 d 轴上，磁链合成矢量定向在 q 轴上。这样就实现了功率的解耦，从而实现有功和无功的独立调节， d 轴为有功分量， q 轴为无功分量。控制的目标在于实现采样电流 i_a, i_d 对指令电流 i_d^*, i_q^* 的跟踪，使电流稳态误差接近于 0。图 3 为 d 轴的控制框图。

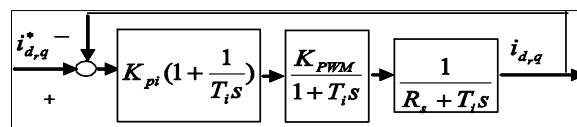


图 3 d 轴的控制框图

由上图可写出电流环的开环传递函数：

$$G_0(s) = \frac{K_{PWM} K_{PI}}{T_i R_s} \frac{(T_i + 1)}{s(T_i + 1)(sL_s / R_s + 1)}$$

式中 K_{PI} - 电流环 PI 的比例系数； T_i - 积分时间； K_{PWM} - 变换器放大系数； T_s - 开关周期的一半，代表变换器的延时，未来方便设计，令 $T_i = L_s / R_i$ ，电流环传递函数变为典型的二阶系统。

$$G_0(s) = \frac{K_{PWM} K_{PI}}{T_i R_s T_s} = \frac{\omega^2}{s^2 + s \frac{1}{T_s} + \frac{K_{PWM} K_{PI}}{T_i R_s T_s}} \quad \text{根据}$$

二阶最佳整定法，取 $\xi = 0.707$ ，就可以求出电流环的 K_{PI} 和 T_i 。

虽然带电网电压前馈的传统 PI 控制器对可测的电网扰动有很好的补偿作用。系统有足够的动态响应。但系统仍然有静态误差，为了实现无静差跟踪，必须改进系统的控制结构。

逆变器系统中存在电流过零点断续、开关死区、

驱动信号不对称等周期扰动的影响,会导致逆变器输出的并网电流波形畸变,给电网带来谐波污染。基于内模原理重复控制的基本思想是假定上一周期的基波将会在下一周期的同一时间重复出现。这样就可根据本周给定信号和反馈信号的误差确定所需的校正信号。并将上周期同一基波时间的误差叠加到校正信号上。这样不仅能实现信号的无误差跟踪还能消除重复出现的畸变。这种控制技术对消除周期扰动的影响具有很好的静态控制性能。同时也易于数字实现。但在重复控制中,误差是在下一个周期中得到控制的,这就影响了系统的动态性能。根据这两种控制的优缺点。将重复控制叠加到 PI 控制器上。设计出了一种新的复合控制方法。

由内模原理可知,在一个稳定系统中包含参考信号的模型,因此输出能够无差地跟踪这个参考信号。在实际系统中,扰动是多种多样的,若要对所有扰动进行无差跟踪,则要设置很多这样的模型,使系统变得很复杂,不易实现。传统的重复控制器内模如图 4(a)。鉴于在并网逆变系统中,死区等因素在一个基波周期重复出现。并且为了提高重复控制的响应速度。对图 4(a)所示的内模做了修改,改进的内模如图 4(b)所示。

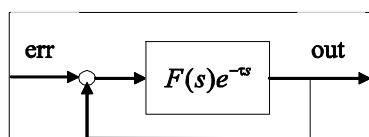


图 4(a) 传统的重复控制器内模

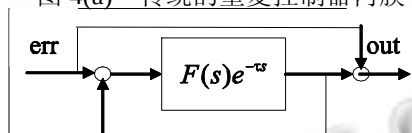


图 4(b) 改进的内模

滤波函数 $F(s)$ 通常为低通滤波器或者小于 1 的常数, T 为重复控制周期。将图 4(b)所示内模嵌入到图 2 所示的传统 PI 控制器中便可得到新的复合控制方法。如图 5 所示。

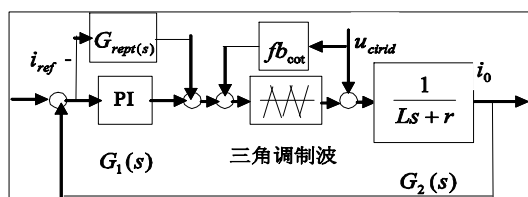


图 5 复合控制框图

4 仿真与实验

为了验证本能量回馈系统控制方法的可行性,利用 MATLAB 的 Simulink 平台对能量回馈系统设计仿真模型。图 6 示出 Simulink / matlab 7.0 复合控制仿真结果,设计了一台 5 kW 单相并网逆变器。其电路拓扑如图 2 所示。图 7 (a) 示出传统 PI 控制下的 i 和波形。在过零处有振荡并有相移,这是由于死区效应引起的失真和 PI 控制开环增益不能太大所导致。

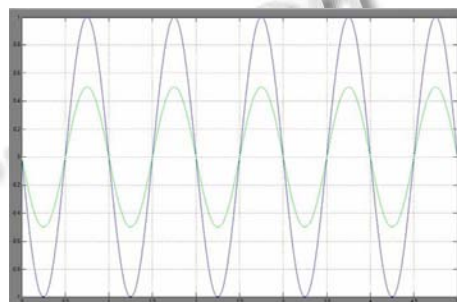
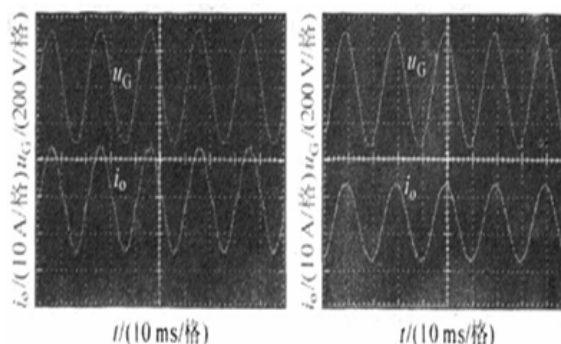


图 6 复合控制仿真结果



(a) 传统 PI 控制 (b) 复合控制

图 7 复合控制仿真图

5 结论

电梯电能回馈技术经检验是一项节能效果显著的节能技术,尤其适合于楼层高,运行频率高,梯速快和停站多的变频电梯。本文提出采用重复控制与电压前馈控制策略,通过仿真与实验结果表明该系统具有功率因数高,动态响应快,鲁棒性能好,抗干扰能力强等优点,可以有效的将再生制动能量回馈给电网,达到节能的目的,应用前景良好。

参考文献

- 1 孔伟荣,朱武标,姜建国.双 PWM 控制能量回馈电梯传动系统的设计.电气传动,2007,37(8):8-11

(下转第 180 页)

下图 5:

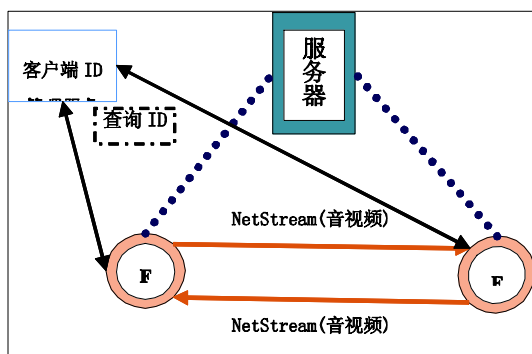


图 5 流的发送与接收

最终效果如图 6 所示:

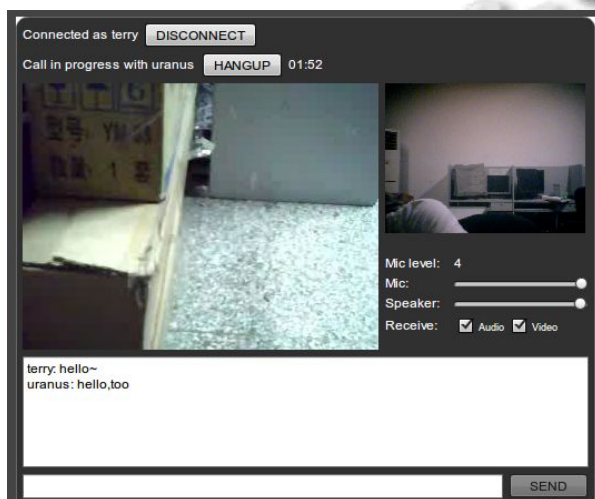


图 6 运行效果图

2.2.5 文本聊天

除了音视频流的处理,还可以进行消息发送。使用 NetStream 的 send 方法,将可以将消息发送给对方。例如,使用发送者的发送流实例,调用其 send 方法,传入接收方消息处理函数的名称,以及消息内容,如 outgoingStream.send (“onReceive”, name, text),那么

接收方相应的 onReceive 函数就可以接收到 name 和 text,进行显示和其他相应的处理了。这样就实现了 P2P 的文本聊天功能。

3 结语

本文深入研究了 Adobe 最新发布的 RTMFP 协议的原理、内容,及特点,并对其在 P2P 视频通信方面的应用进行了初步的探索,最后结合示例对具体的应用过程进行了说明。研究表明,P2P 与 Flash Player 的结合具有很强的应用前景和市场潜力,有着强大的竞争力。相信今后随着 RTMFP 协议的日渐成熟以及应用范围的不断扩大,对于 P2P 应用领域,特别是音视频等多媒体内容服务,将产生极大的推动作用。在企业级应用中,基于 Flash 的 P2P 多媒体协作系统以其高效率、低成本且跨平台的特点,将对现有企业的工作方式产生巨大的影响。

参考文献

- 1 张冲,杨灿,杨泽铨,黄辉泽.RTMP 协议在 P2P 流媒体系统中的应用.电视技术,2009,33(S2):189-191.
- 2 Lesser B. Adobe's Real-Time Media Flow Protocol. <http://broadcast.oreilly.com/2009/04/adobes-real-time-media-flow-pr.html>.2009..
- 3 汪孔敏,李凯,李华飙,南凯.基于 RTMP 的文档在线浏览工具.计算机系统应用,2010,19(10):257-260.
- 4 Vass J. Cirrus service for developing end-to-end applications using RTMFP in Flash Player 10. http://www.adobe.com/devnet/flashplayer/articles/rtmfp_cirrus_app.html.2010.
- 5 Sanders WB. Learning Flash Media Server 3. USA:O'Reilly. 2008.
- 6 Lott J, Scball D, Peters K. ActionScript 3.0 Cookbook. USA: O'Reilly,2007.

(上接第 82 页)

- 2 黄声华,刘承锡,吴晨.全可控能量回馈器的研制与应用.电力电子技术,2006,40(6):54-57.
- 3 顾和荣,杨子龙,郭伟扬.并网逆变器输出电流滞环跟踪控制技术.中国电机工程学报,2006,9(26):108-113.
- 4 Zare F, Ledwich G. A Hysteresis Current Control for Single-

Phasemultilevel Voltage Source Inverters: PLD Implementation. IEEE Trans. on Power Electronics,2002,17(5):731-738.

- 5 熊健,史鹏飞,张凯,等.基于积分环节电压微分反馈的逆变器重复控制策略.电工技术学报,2007,22(1):85-90.