

能源回馈

能量回馈单元造就绿色扶梯

变频器在扶梯上的使用提高了电动机牵引系统的功率因数，能量回馈单元使扶梯的总体耗电更低，满足绿色能源需求，打造绿色扶梯。

文 | 魏晋福，蒂森克虏伯扶梯（中国）有限公司电气工程师

自动扶梯和自动人行道在酒店、商场、地铁、火车站、写字楼、会馆及机场等场所应用广泛，在方便顾客和提高服务质量等方面起到了重要的作用。但由于其使用场合的特殊性，部分扶梯经常处于

空转状态，这必将浪费大量的电能，同时也使扶梯部件（如电动机、减速箱等）长期处于磨合状态。变频器的使用有效地解决了这些问题，降低的耗能及机械部件的磨损。同时变频器的使用带来了另外一个问

题，当扶梯下行时，由于乘客负重产生的过多能量，只能通过制动电阻以热能散发。

能量反馈单元有效解决了这个问题。该单元将产生的机械动能转换为电能反馈到电网。一方面降低了扶梯动力系统的散热需求，另一方面产生的电能可以供其他用电设备使用，有效节约了电能。台达 REG2000 能量回馈单元安装在扶梯上，满足扶梯长期满载下行的需求，最大程度的节约电能。

变频器在扶梯中的使用

变频器在扶梯上的使用越来越广泛，其有效节约电能的功效越来越受到人们的重视。当扶梯空载运行时，变频器只输出励磁部分（激励磁通）电流，用于负载的电流理论为 0（扶梯实际空载时仍然有一定的阻力，可以按变负载或低负载运行方式分析），此时的电流仅为励磁电流。

由于变频器将交流电动机等效为直流电动机，保证了电动机以额定速度运行，因此功率因数大为提高，空载时约为 0.6。由于功率因数的提高，电动机效率也大为提高，

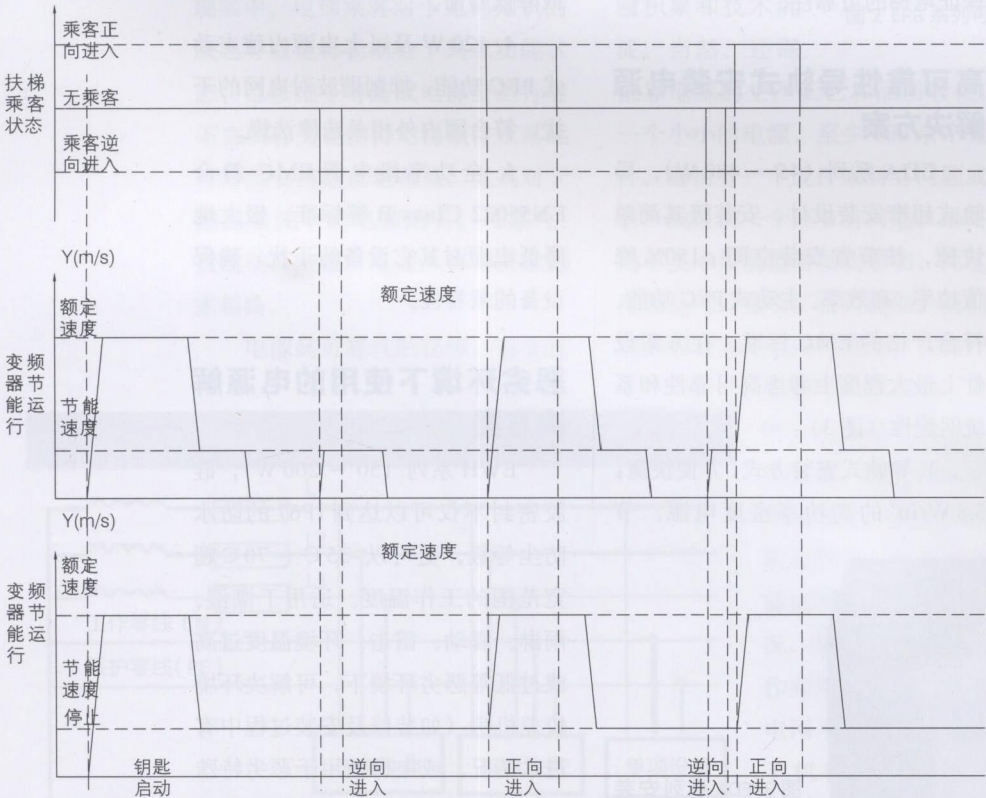


图 1 扶梯使用变频器进行节能控制，分为变频器节能运行及变频器间歇运行，根据客户的不同选择进行控制，图为其具体状态图

因此空载时节约了大量的能量。与工频交流直接供电时比较，工频时的空载电动机效率极低，功率因数也不到 0.2，同时由于其转速会超过额定速度，因此转子电流也会有提高，而效率也极低。

扶梯满载运行时，由于使用了变频器，因此功率因数接近于 1，使电动机运行与最佳效率点。与工频交流直接供电时比较，工频时的满载电动机效率高，但是因为功率因数（约 0.85）关系，其效率还是略低于变频器驱动电动机时的效率。当扶梯使用工频运行时，主机的功率因数随着负载的变化而变化，当负载较小时，主机的功率因数比较低。而使用变频器可以有效提高功率因数。

扶梯使用变频器进行节能控制，分为变频器节能运行及变频器间歇运行，根据客户的不同选择进行控制（图 1）。当扶梯启动时，扶梯以额定速度运行，当扶梯无人乘坐时，经过一定时间，扶梯控制系统控制变频器降低速度运行，即以节能速度运行，降低扶梯运行速度。当扶梯以节能速度运行时，再过一定的时间，如果扶梯有间歇运行功能，扶梯将停止运行，如果没有间歇运行功能，扶梯将持续以节能速度运行，当有人正向进入乘坐扶梯时，扶梯恢复额定速度运行。

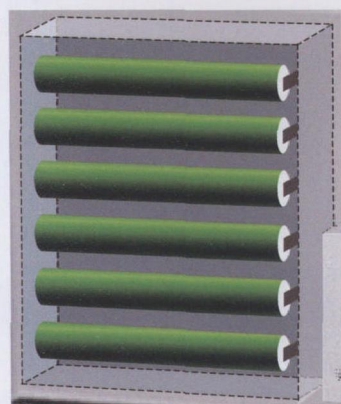


图 2 制动电阻在变频扶梯中的使用

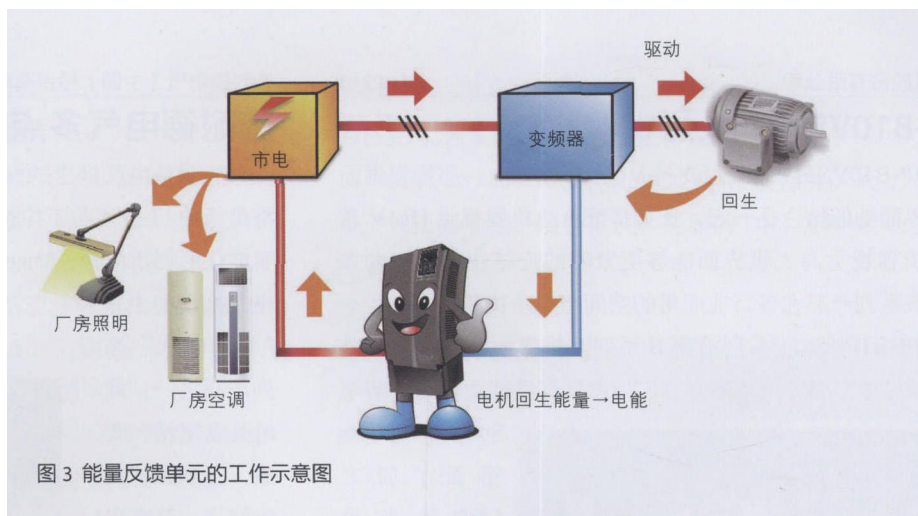


图 3 能量反馈单元的工作示意图

而当扶梯间歇运行时，即扶梯停止转动，有乘客从扶梯设定运行方向的反方向进入时，扶梯将启动以节能速度运行，提醒乘客注意行走方向，经过一定时间无人乘坐，扶梯继续进入间歇运行状态。因此，当扶梯无人乘坐空载时，有变频器工作的扶梯进入慢速运行，此时使用变频器的扶梯与工频运行的扶梯相比最大能够节约 80% 的电能。

当扶梯下行时，乘客向下运行，产生动能。由于变频器直流母线电压过高，为了将这部分的能量消耗，制动电阻是最传统也是最经济的做法。制动电阻将这部分电能转换为热能的方式消耗。如果扶梯上行时，不存在制动电阻发热问题。当扶梯下行时，制动电阻由于持续不断的人流量，会持续发热。对车站等公共地方的冷却系统提出了挑战（图 2）。

能量反馈单元在扶梯中的使用

使用能量反馈单元能够很好的解决扶梯下行时满载产生的 35% 的能量。台达能量反馈单元 REG2000 系列能量回馈单元很好的替代了制动电阻。当扶梯下行时，乘客产生的动能直接通过能量回馈单元转换为电能反馈到电网，使这部分能量能够有效再利用（图 3）。

为了测量使用能量回馈单元的效果，选用了一台提升高度 10 多米的公共交通型扶梯进行测试。扶梯上装满砝码，这样上行和下行的负载一致。砝码的总数能够使扶梯满载运行。上行时，扶梯耗电 14.2 kW；下行时，扶梯产生了 6.6 kW 功能。由以上可以判断，扶梯下行时制动电阻的产生热能为上行时的 46%，这部分能量通过能量回馈单元以电能方式反馈到电网，相当于一台 6.6 kW 的小型发电机一直在工作。

能量回馈单元使用在下行的扶梯上，能够有效的降低扶梯的能耗，并产生电能，供其他设备上使用。面对日益严重的气候变迁议题，各个国家及机构均不断的探索如何节约能源，减少 CO₂ 的排放，净化空气。能量回馈单元的生产及使用技术已经相当成熟，现在台达等众多厂家将价格做在可控范围之内，相信将来会有更多的扶梯安装能量回馈单元，节约更多的电能。[11]