Portunus 与 FLUX 的控制系统联合仿真

作者：李子健
邮箱：lzj@tianyuantech.com
日期：2014 年 7 月 5 日

表贴永磁电机控制系统框图如下图，这里采用的是间接矢量控制方法。

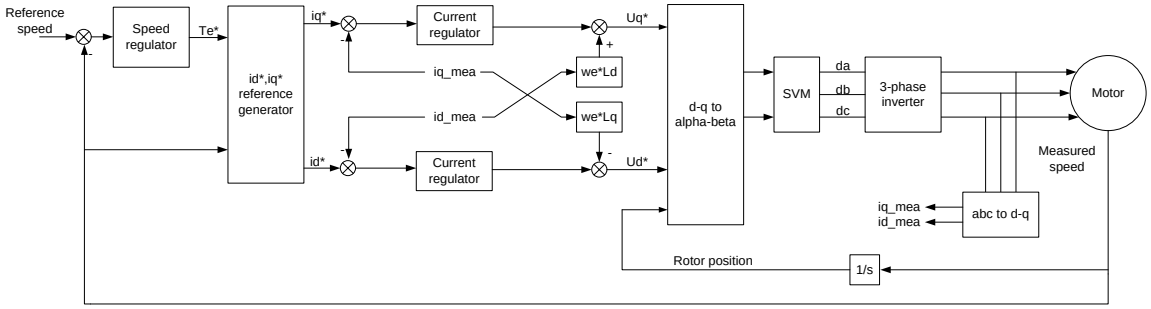

图 1 控制系统框图

其在 Portunus 中的模型如下图。电机控制器 controller 的输入为参考转速，反馈转速，转子位置和三相电流。控制器会生成$\alpha-\beta$坐标系下的电压参考量，变频器根据这个参考量通过空间矢量 SVM 生成实际的三相电压。负载转矩由两部分组成，其中一项是电机转动产生的摩擦转矩。

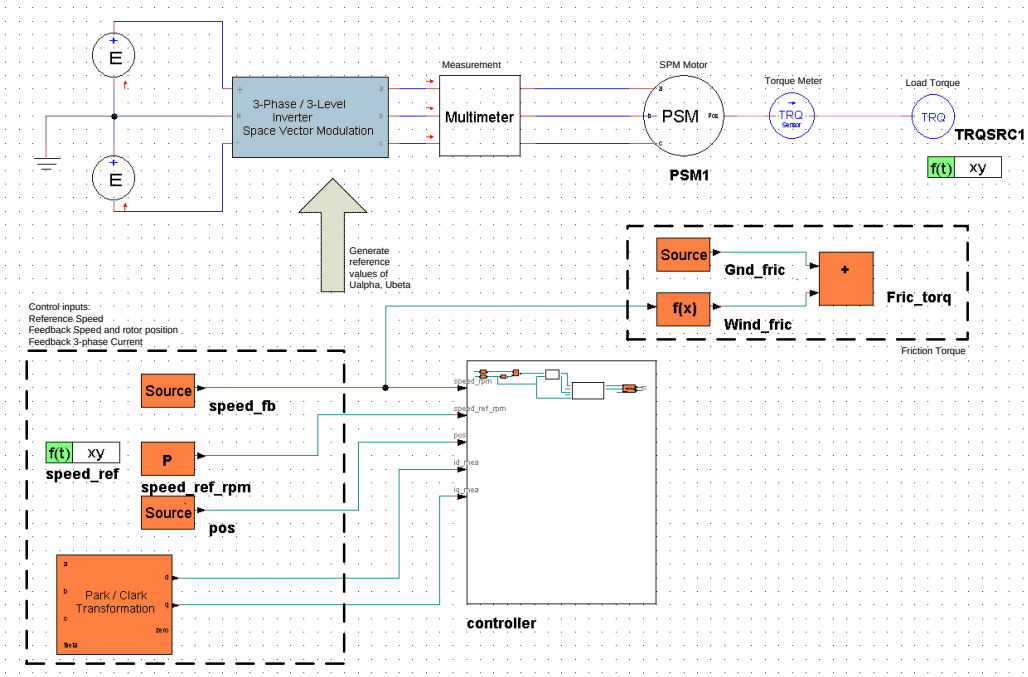

图 2 Portunus 控制系统模型

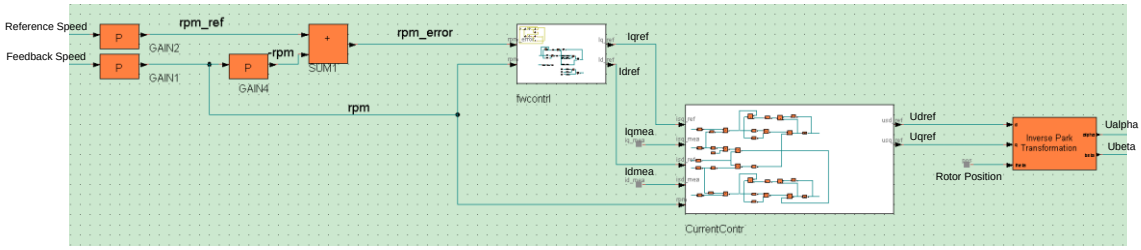

图 3 控制器 controller 内部

控制器 controller 内部如上图所示，由弱磁模块(“fwcontrl”)和电流控制模块(“CurrentContr”)组成。电流控制模块用来生成 dq 轴电压参考信号，内部主要是两个电流 PI。弱磁模块用来生成 dq 轴电流的参考信号，其内部如下图所示。

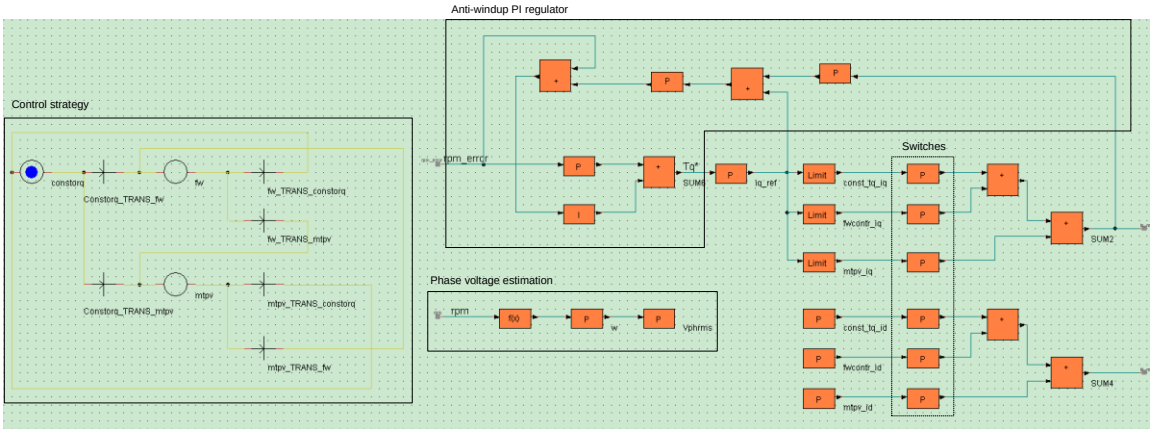

图 4 弱磁模块内部

在弱磁模块内部，采用的是直接弱磁控制策略，即根据估算的 d 轴电流和相电压由“Control strategy”来使控制模式在 MTPA 和 MTPV 之间转换。

使用该系统仿真了使电机由静止加速到 941rpm 的情况，由下图可以看到转速和转矩的变化。

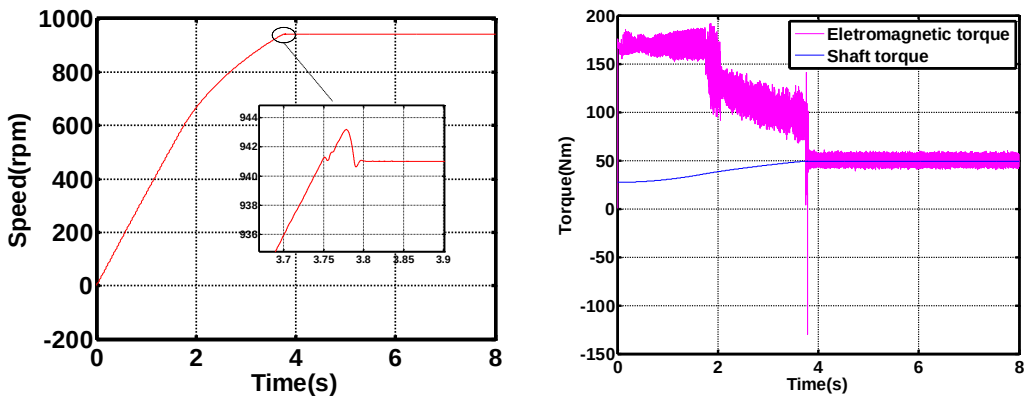

图 5 仿真得到的转速和转矩

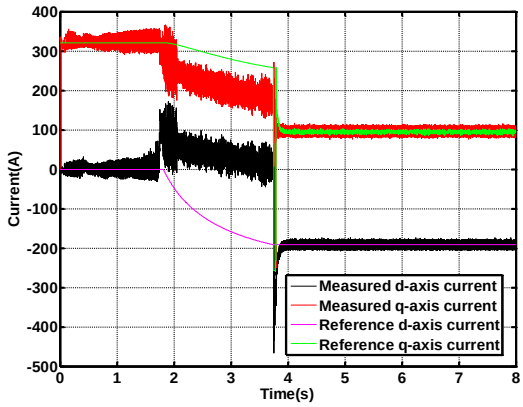

图 6 测量和参考 dq 轴电流

在下图中可以看到在 1.814s 之后，电机从 MTPA 控制进入弱磁控制模式。

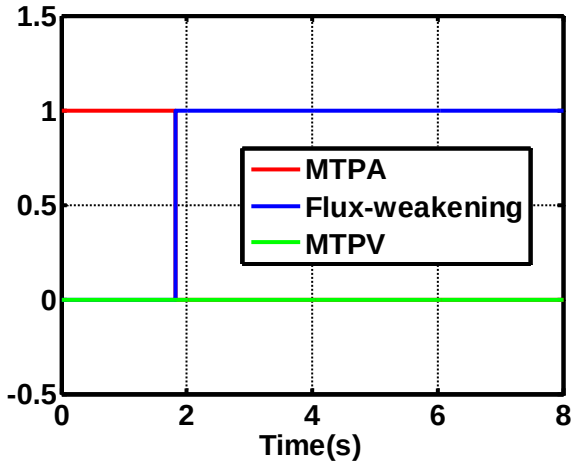

图 7 控制模式的切换

在联合仿真里，电机模型由 FLUX 耦合模块所替代，如下图。

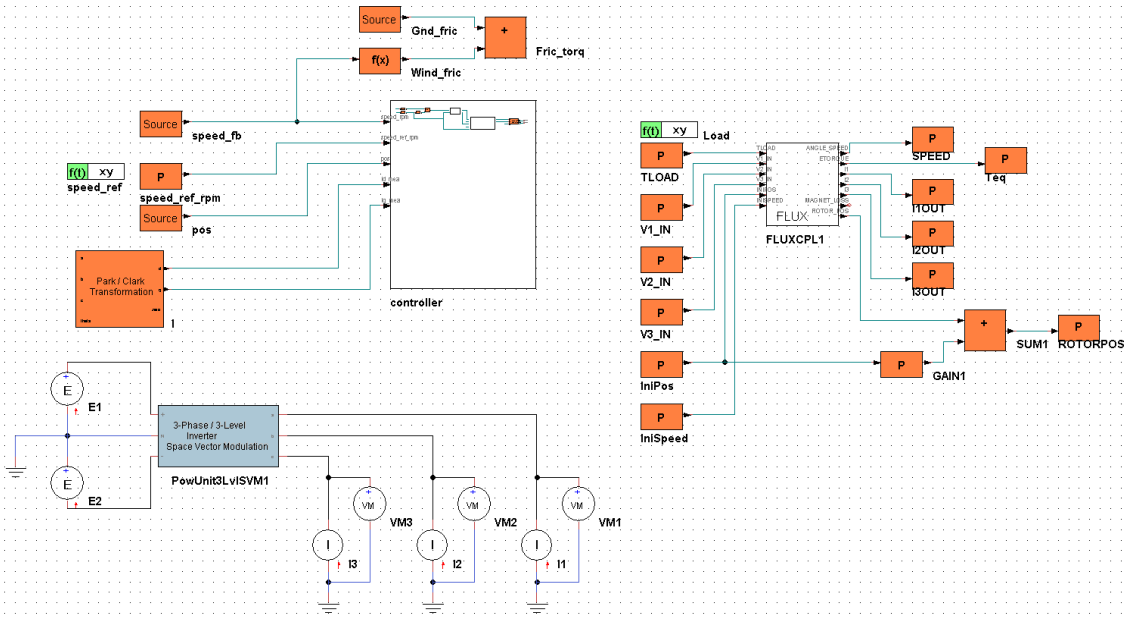

图 8 Portunus 与 FLUX 联合仿真模型

FLUX 模型里的驱动电路需要修改一下，由 Portunus 加到 FLUX 模型的信号为电压，因此 FLUX 驱动电路为电压源的形式，而 FLUX 模型的电流以电流源的形式反馈回 Portunus 模型中的控制器。联合仿真的时间很大程度取决于步长的设定。

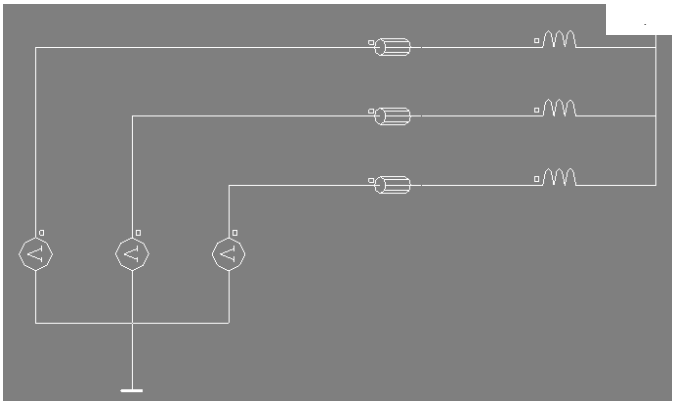

图 9 FLUX 模型中的驱动电路

我们将参考转速曲线加到模型中，该曲线是汽车在 UDDS 工况下的转速曲线，仿真结果可以看出电驱动系统是否能满足负载要求，另一方面也可以得到电机在整个工况动态运行的过程中，内部损耗、效率和磁密等的变化情况。

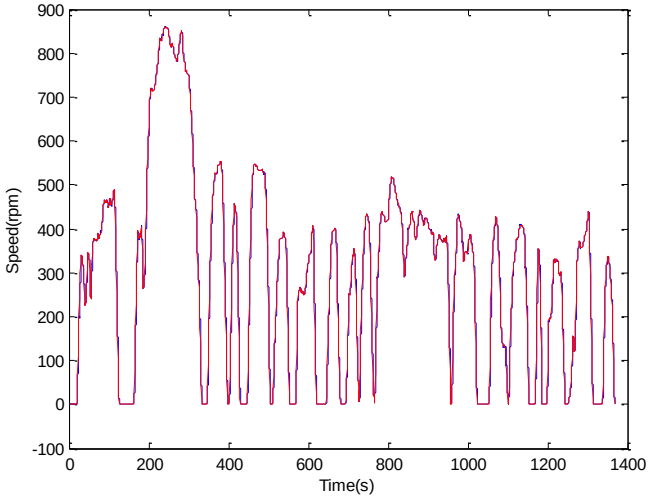

图 10 基于 UDDS 工况通过联合仿真得到的实际转速和参考转速