

SIEMENS内 蒙古省通辽市西门子变频器、驱动、PLC（授权）一级代理商——西门子华北总代理

产品名称	SIEMENS内 蒙古省通辽市西门子变频器、驱动、PLC（授权）一级代理商——西门子华北总代理
公司名称	广东湘恒智能科技有限公司
价格	.00/件
规格参数	西门子代理商:变频器 西门子总代理:伺服电机 西门子一级代:触摸屏
公司地址	惠州大亚湾澳头石化大道中480号太东天地花园2栋二单元9层01号房
联系电话	15915421161 15903418770

产品详情

变频器，连接电缆及电机构成的驱动系统中如何减小变频器运行对电机绕组绝缘的影响，提高系统运行可靠性的相关措施。

电机绝缘标准

2.1

变频器运行下的电机绕组绝缘

逆变器中的IGBT快速导通与关断所引起的陡峭电压边沿，通过较长的电机电缆传输过程中所产生的反射电压将作用于电机绕组上。

图2-1 逆变器输出特性及经过长线传输至电机端的电压波形特性

IEC 60034-18-41:2019 (Rotating electrical machines – Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and quality control tests)定义了运行于采用脉宽调制的电压源型变频器下的电机绕组绝缘系统的脉冲电压绝缘等级IVIC及规定了4类绝缘强度。

表格2-1 脉冲电压绝缘等级、反射系数及脉冲上升时间

对于采用西门子SINAMICS低压变频器（功率器件为IGBT，2-电平脉宽调制电压源型变频器），作用于电机绕组的反射系数一般为1.7~2.0，电机绕组绝缘依据C类设计。这样电机绕组绝缘电压等级如下表：

表格2-2 电机绕组绝缘电压等级

表格2-2中几个电压概念的图示：

图2-2 运行于采用IGBT功率器件的电压源型2-电平变频器下的电机绕组几个电压表达

3 相关措施

3.1

变频器(逆变器)输出侧电抗器

输出侧电抗器可对电机端的 dv/dt 变化率进行抑制。

由于逆变侧采用快速开关器件 IGBT，将在变频器输出端和电机端产生很高的 dv/dt 。电压变化率通过在电机侧加装电抗器抑制。

对于没有采用输出电抗器的系统，逆变器输出电压变化率为 $3kV/\mu s \sim 6kV/\mu s$ 的电压边沿沿电缆传输到电机端，产生同样高的电压变化率。

图 3-1 a)不带输出电抗器

图 3-1 b)带输出电抗器

在安装了电机侧输出电抗器时，电抗器感抗与电缆寄生电容形成谐振电路，从而大大减小电压变化率 dv/dt 。对于长线屏蔽电缆来说，电压变化率将降至若干 $100V/\mu s$ （如图 b）。

然而，由输出电抗器和电缆寄生电容构成的谐振电路仅起到相对较弱的阻尼作用，这样可能会发生比较严重的电压超调。其结果是在电机端产生的电压尖峰与无输出电抗器系统中由反射造成的电压尖峰基本相同。

由于电机电抗器仅仅抑制电压变化率而非电压尖峰 V_{pp} ，所以对比于无输出电抗器系统中的电机绝缘强度并未减轻。所以电机侧输出电抗器并不能做为降低 $500V \sim 690V$ 供电的电机绕组绝缘强度的合适解决方案，故需采用特殊绝缘强度的电机系统。电机绕组绝缘强度的问题可通过 dv/dt 滤波器+VPL，或正弦波滤波器解决。

3.2

dv/dt 滤波器 + VPL

基本工作原理

dv/dt + VPL 滤波器包括两个组件：dv/dt 电抗器和电压抑制网络（峰值电压抑制器）。

图 3-2 dv/dt滤波器+VPL结构框图

dv/dt 电抗器与电机侧输出电抗器的作用一致。与所连接的电机电缆上的寄生电容和内置在抑制网络中的电容形成谐振电路，将电压变化率限制在如下数值，此时与所连接的电机电缆长度无关：

dv/dt 滤波器+VPL 下， $dv/dt < 500V/\mu s$ 紧凑型 dv/dt 滤波器+VPL 下， $dv/dt < 1600V/\mu s$

抑制网络主要包括二极管整流桥，连接 dv/dt 电抗器的输出到逆变器直流母线上，那么 dv/dt 电抗器输出的电压超调将被限制在直流母线电压范围内，进而抑制了电机电缆上的尖峰电压。由于电压陡度的减小，dv/dt 滤波器输出电压与电机端的电压基本一致。

图 3-3 a)不带 dv/dt 滤波器

图 3-3 b)带 dv/dt 滤波器+VPL 或

紧凑型 dv/dt 滤波器 + VPL

dv/dt 滤波器+VPL 和紧凑型 dv/dt 滤波器 + VPL 可有效抑制电机绕组的电压变化率和电压尖峰 V_{pp} ：

dv/dt 滤波器 + VPL：

电压变化率 $dv/dt < 500V/\mu s$

尖峰电压 V_{pp} （典型值） $< 1000V$ ，在 $V_{line} < 575V$ 下

尖峰电压 V_{pp} （典型值） $< 1250V$ ，在 $660V < V_{line} < 690V$ 下

紧凑型 dv/dt 滤波器+VPL：

电压变化率 $dv/dt < 1600V/\mu s$

尖峰电压 V_{pp} （典型值） $< 1150V$ ，在 $V_{line} < 575V$ 下

尖峰电压 V_{pp} （典型值） $< 1400V$ ，在 $660V < V_{line} < 690V$ 下

dv/dt 滤波器+VPL 能限制尖峰电压至 IEC/TS 60034-17:2006($V_{pp} < 1350V$) 规定的限值以下，紧凑型 dv/dt 滤波器+VPL 能限制尖峰电压至 IEC/TS 60034-25:2007($V_{pp} < 1560V$) 规定的限值以下。

dv/dt 滤波器+VPL 和紧凑型 dv/dt 滤波器+VPL 可有效抑制供电电压等级在 500V~690V 范围内的电机绕组绝缘的影响，在某种程度上无需对电机做特殊绝缘处理。轴电流明显降低。安装使用 dv/dt 滤波器+VPL 后对于供电电压 690V 的变频驱动中的电机可采用标准绝缘，无需采用绝缘轴承。这样即可采用西门子电机，也可采用其他生产商的产品。

针对dv/dt 滤波器+VPL使用需要一定的边界条件，请参考S120功能手册，工程师手册等。

3.3

正弦波滤波器

基本工作原理

正弦波滤波器是一类 LC 低通滤波器，构成异常复杂的滤波方案。正弦波滤波器相较于dv/dt 滤波器+VPL 或紧凑型或紧凑型 dv/dt 滤波器+VPL，更能有效抑制电压变化率及尖峰电压 V_{pp} ，但是相关的脉冲频率设置，逆变器输出的电流/电压都将有比较苛刻的约束。

图 3-4 正弦波滤波器原理图

如下图所描述，正弦波滤波器提取了逆变器输出的脉冲模式中的基波分量。所以加载到电机端的电压为谐波很小的正弦量。

图 3-5 采用正弦波滤波器时的逆变器输出与电机端的电压波形示意图

正弦波滤波器对于电压变化率和尖峰电压的限制非常有效，其值：

$$\text{电压变化率 } dv/dt << 50V/\mu s$$

$$\text{尖峰电压 } V_{pp} < 1.1 * 2 * V_{Line}$$

因此，经过滤波器后加载于电机端的电压强度与直接电网供电的运行条件基本一致。轴电流大大减少。安装使用正弦波滤波器后，电机可采用标准绝缘，无需采用绝缘轴承。这样即可采用西门子电机，也可采用其他生产商的产品。

采用正弦波滤波器后使电机电缆上电压变化率变得很低，对电磁兼容性具有积极意义。这样以来，在电机电缆较短情况下，考虑 EMC 因素，没有必要再采用屏蔽电缆了。

由于加载于电机端的电压为非脉动的，那么电机中由变频器高频干扰造成的杂散损耗，额外噪声大大减小，噪声等级基本接近于由电网直接供电运行的情况。

正弦波滤波器可应用于 SINAMCIS S120 功率范围：

380V~480V 供电范围，变频器输出功率到 250kW，400V

500V~600V 供电范围，变频器输出功率到 132kW，500V

对于更大功率等级的 SINAMICS S120 需要单独订购。