

2006



罗克韦尔自动化
中压技术支持

PowerFlex 7000™ 同步切换调试指南

LISTEN.
THINK.
SOLVE.®

 Allen-Bradley · Rockwell Software

**Rockwell
Automation**

中压技术支持

PowerFlex 7000™ 同步切换调试指南

2006

罗克韦尔自动化
135 Dundas Street
Cambridge, Ontario
电话 519 740 4100 • 传真 519 740 4756

作者: Gary Bankay

目录

第 1 章		
简介	1	
概述	1	
变频器系统	2	
第 2 章		
同步切换流程图	4	
低压检查	6	
检查切换逻辑	6	
操作过程	7	
旁路闭合时间	10	
操作过程	11	
第 3 章		
中压检查	14	
调整中压电源的相位	14	
操作过程	15	
第 4 章		
稳定超前角	24	
操作过程	24	
电压漂移率	25	
操作过程	26	
第 5 章		
同步切换关闭延时	32	
第 6 章		
同步切换	34	
操作过程	34	
第 7 章		
取消同步	38	
操作过程	38	
附录	40	

简介

PowerFlex™ 7000 ASD (PF7000) 可作为标准产品的一个选项在同步切换应用中使用。同步切换允许电机在变频器供电与频率固定的电源供电之间“实现”平稳切换。PF7000 既可应用于单变频器/单电机组合，也可以应用于单变频器/多电机组合。在同步切换应用中，PF7000 的调试可分为两个部分。第一部分是对 PF7000 进行标准调试。该操作可由受过培训的服务工程师完成，调试后用作标准变频器。第二部分是专门针对同步切换应用。这需要先前在工厂代表或高级服务工程师监督下执行过同步切换应用调试的服务工程师来完成。同步切换不当会造成严重后果，绝不能掉以轻心。如果同步切换设备安装或调试不当，将出现严重的设备损坏、工厂停电和/或人员受伤。本文档提供的指南可供受过培训的服务工程师在调试 PF7000 同步切换应用时使用。

概述

需要考虑的同步切换应用类型有两种：单变频器/单电机应用和单变频器/多电机应用。在多电机应用中，将使用 PLC 对同步切换过程进行全面控制。

开始调试变频器同步切换功能之前，变频器系统应处于以下状态：

- ☑ 已按照《PowerFlex™ 7000 用户手册》(PowerFlex™ 7000 Users Manual) 中的调试步骤完整调试过变频器。
- ☑ 已根据系统中的所有电机和各种变频器/电机组合的参数记录整定过变频器。该要求适用于多电机应用场合。
- ☑ 确认变频器在可能的情况下已分别拖动过每个电机到满速满载。
- ☑ 已执行系统测试并确认变频器系统中的所有启动器功能完备。

变频器系统

要执行同步切换，变频器系统中需安装变频器输出接触器与旁路接触器。名称“旁路”表示该接触器的作用是绕过变频器将电机直接连接到频率固定的电源上。

变频器系统

那些安装后用于将变频器连接到中压源和电机的组件。这些组件包括但不限于隔离变压器、输入接触器、谐波滤波器、线路电抗器、输出接触器、变频器输出接触器、旁路接触器、保护装置和电机

下图显示了多电机(两个电机)同步切换应用的单线图。对于两个以上的电机，可通过为其余电机添加适当的开关设备(旁路隔离开关、旁路接触器、输出隔离开关和输出接触器)轻松组态成这种设置。

注：变频器系统中并不是总安装有变频器输出接触器(DO)。如果安装了，则该接触器会跟随所选输出接触器(OP)动作而动作。

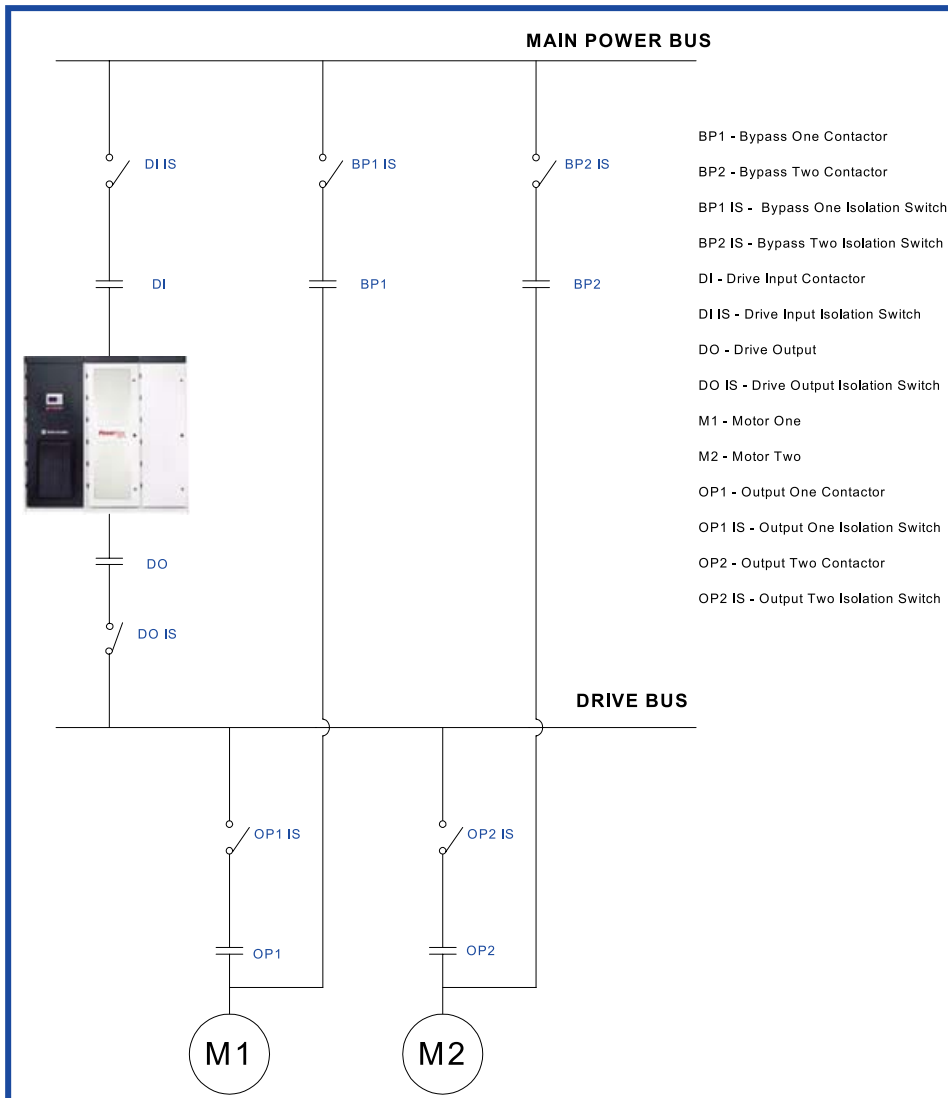


图 1：变频器系统的单线图

同步切换流程图

以下流程图反映了整个同步切换过程的控制算法。这就是在讨论有关同步切换过程的指南中遵循的算法

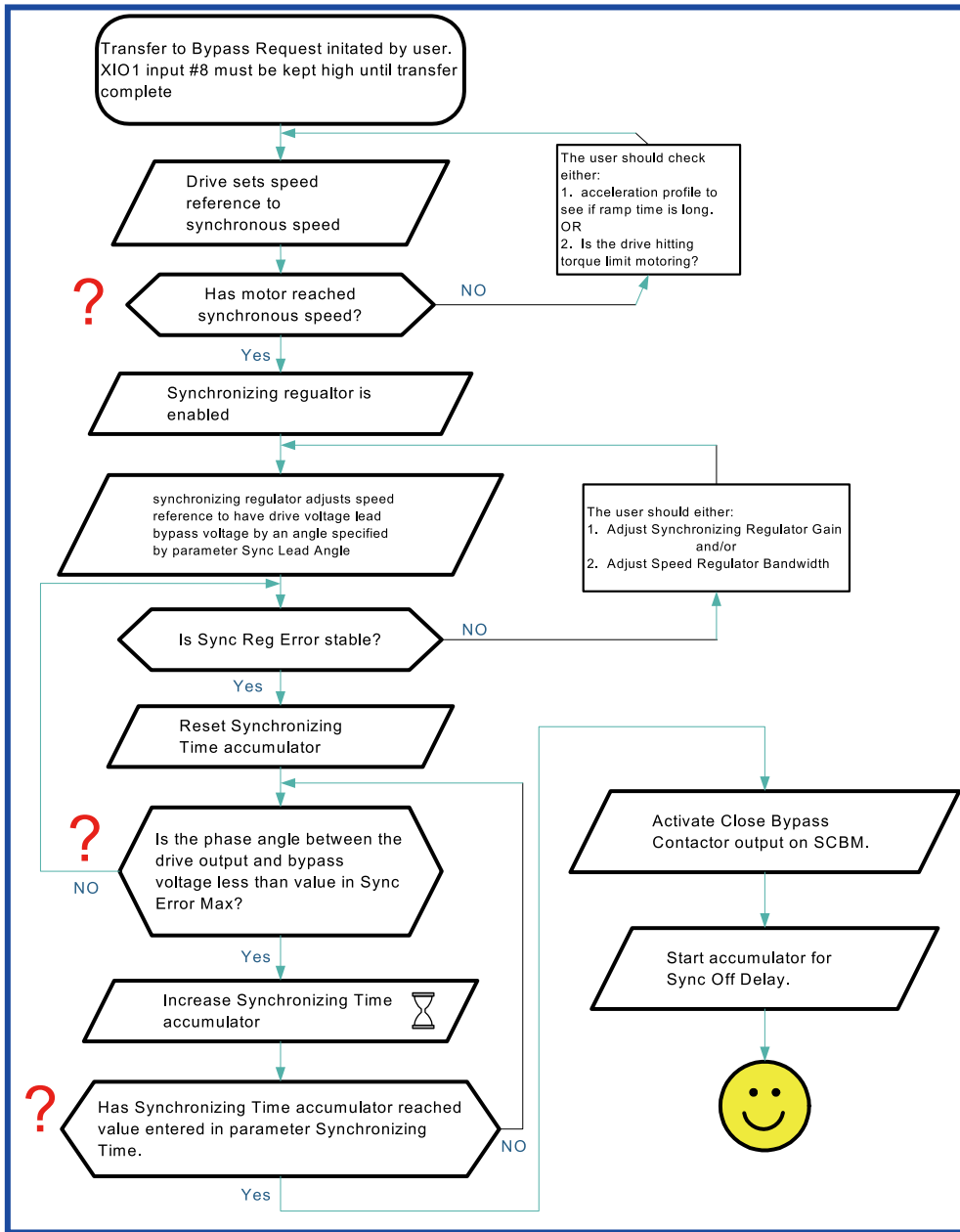


图 2：同步切换流程图

低压检查



请按先后顺序仔细阅读以下各页，以确保成功调试 PF7000 同步切换应用。同步切换的第一系列步骤只需要向变频器施加控制电源。向变频器系统施加中压时，快速完成这些步骤将有利于为后续过程提供尽可能多的时间。

检查切换逻辑

目标

确保变频器系统中的所有接触器按预期动作，确认控制接线和逻辑(多电机应用中使用的 PLC)正确无误。

接触器动作顺序对同步切换应用至关重要。应系统地识别系统中的每台电机，并确认每台电机从变频器供电切换为旁路供电时接触器动作的顺序。

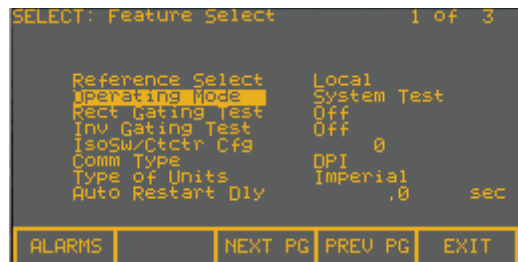
在这一阶段，需确认电机的相应输出和旁路接触器是否按预期运行。例如，如果命令电机切换为旁路供电，则需确保 OP1 和 BP1 是起作用的接触器。在本测试中，这两个接触器将会动作，因此需要确保变频器与中压隔离，并且电机不旋转。

现场问题

在调试多电机(700HP 和 1500HP)同步切换应用期间，检查过启动器输出接触器和电机之间的动力电缆。发现两台电机的电缆连接有问题。连接电机 1 的动力电缆被连接到电机 2，从启动器 2 接出的电缆连接到电机 1。如果指示电机 1 启动，电机 2 将会通电。这属于检查接线方面的问题，在此提及是为了强调在调试这些复杂系统期间完成每个步骤的重要性

操作过程

- 断开并锁定变频器系统中的所有隔离开关。
- 向所有接触器施加测试电压并将其控制开关设到“测试”位置
- 选择变频器工作模式“系统测试”(SYSTEM TEST)。这将模拟变频器运行并演示变频器系统中接触器的断开与闭合动作。同样，确保变频器和电机与任何中压源隔离，因为本次测试期间将闭合接触器。



- 变频器处于“就绪”(READY)状态时，立即启动开始序列。
- 在该仿真模式下，变频器将抬升逆变器频率以匹配速度给定值。变频器输出达到命令设定的速度后，将等待下一条命令。
- 对变频器发出同步切换命令后，变频器将使逆变器斜升到同步速度，并尝试进行空载切换。
- 选择将 M1 切换到旁路并触发该事件。
- 变频器会将速度命令设置为同步速度 (60Hz)。
- 逆变器随后将根据指定的斜率斜升至同步速度。
- 到达 60Hz 后，变频器将指示旁路接触器 (BP1 IC) 闭合，然后断开接触器 OP1。
- 这属于空载切换，因此，本测试只能检查接触器的动作顺序。
- 要查看一些有用的信息，请设置变频器趋势分析以采集空载切换数据并确认接触器动作顺序。
- 以下示例显示了该测试中采集到的参数和空载切换的结果。示例中的变频器被用于多电机应用场合。

**POWERFLEX 7000™ 同步切换
调试指南**

趋势通道选项
1) 逻辑状态: 258
2) SCBM 输出: 461
3) SCBL 输出: 462
4) 速度计: 363
5) 基准反馈值: 273
6) 速度命令: 277
7) SCBM 输入: 463
8) SCBL 输入: 464

1	2	3	4	5	6	7	8	变频器状态
[Hex]	[Hex]	[Hex]	[rpm]	[]	[Hz]	[Hex]	[Hex]	
84F	4	5	986	49.2	49.3	4	5	变频器以 49.2Hz 的频率运行
84F	4	5	987	49.2	49.4	4	5	
84F	4	5	987	49.2	49.3	4	5	
81F	4	5	991	49.2	60.0	4	5	向变频器发出同步命令，速度命令设置为 60Hz。
81F	4	5	997	49.3	60.0	4	5	变频器加速至速度命令 60Hz。变频器通过更新速度计和基准反馈值模拟电机加速。
81F	4	5	1003	49.4	60.0	4	5	
81F	4	5	1009	49.6	60.0	4	5	
81F	4	5	1015	49.8	60.0	4	5	
81F	4	5	1021	50.1	60.0	4	5	
81F	4	5	1027	50.4	60.0	4	5	
81F	4	5	1033	50.7	60.0	4	5	
81F	4	5	1039	51.0	60.0	4	5	
81F	4	5	1185	58.7	60.0	4	5	
81F	4	5	1189	58.9	60.0	4	5	
81F	4	5	1193	59.1	60.0	4	5	
81F	4	5	1197	59.3	60.0	4	5	变频器逼近 60Hz
81F	5	5	1199	59.5	60.0	4	5	在 60hz 时达到同步速度。变频器指示旁路接触器闭合。
-> 80D	1	1	0	58.7	.0	4	1	变频器撤消“闭合输出接触器”、“闭合变频器输出接触器”和“闭合旁路接触器”命令，因为此时变频器由多电机应用中的 PLC 进行控制。
80D	1	1	0	49.6	.0	0	1	变频器输出接触器和输出接触器的反馈显示这些接触器已断开。

- 该示例仅显示了变频器系统中要监视的运行顺序。对于具体的变频器系统，需采集相关数据并查看运行顺序是否符合逻辑。
- 对变频器系统中的所有其它电机重复以上过程。
- 请注意，输出接触器和旁路接触器的状态有时相同，出现同步切换时，这两个接触器都立即闭合。这是实现将电机平稳切换到由旁路电压供电的必要条件，稍后将作详细说明。
- 完成本过程后，您对变频器系统中所有接触器的运行顺序一定非常有把握。

旁路闭合时间

目标

测量旁路接触器闭合所需的时间。



旁路闭合时间

从变频器指示旁路接触器闭合到旁路接触器实际闭合的时间

为确保平稳的同步切换，绝对有必要准确测量旁路闭合时间。

变频器一旦确定尝试同步切换的所有条件都满足，即会指示旁路接触器闭合。在经由旁路闭合时间参数设定的时间(延时关闭定时器)到期后，变频器将停止运行。变频器停止运行几个周期后，旁路接触器将闭合，电机由稳压源供电。系统按以下顺序执行同步切换：

1. 指示旁路接触器闭合
2. 启动延时关闭定时器(参数“同步切换关闭延时”(Sync Off Delay))，在旁路接触器闭合前解除变频器对电机的控制。
3. 旁路接触器闭合的前几个周期，变频器关闭，并持续到延时关闭定时器计时到期。
4. 变频器电机滤波电容器将作为激励源维持电机的电压和转速几个周期时间，避免转速下降很多。
5. 旁路接触器闭合
6. 现在，直接通过线路给电机供电。
7. 变频器输出接触器断开，隔离变频器。

如果未精确测量旁路闭合时间，则执行步骤 3 后可能出现两种结果，分别是：

<p>1. 旁路接触器闭合，但变频器仍然运行。因此很可能损坏变频器逆变器中的 SGCT。</p>	<p>2. 旁路接触器可能在变频器停机很长一段时间后才闭合。电机低于同步转速，同步切换不平稳。可能导致电机损坏，另外，电气系统中出现的瞬变可能启动保护装置。</p>
---	--

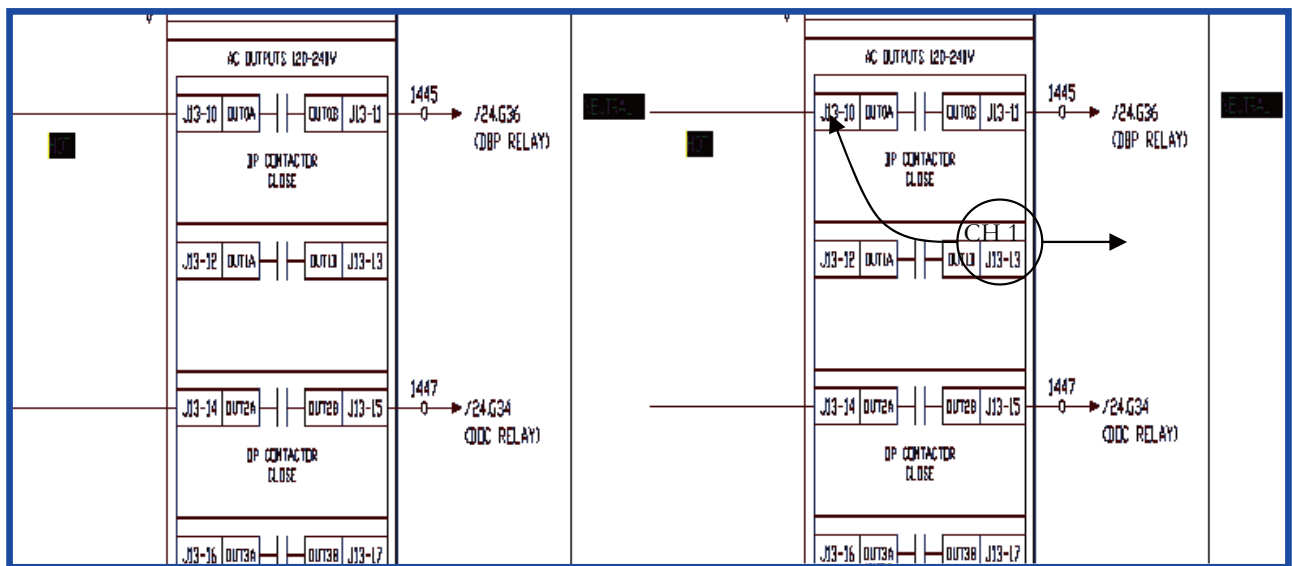
这两种情况我们都不希望看到，必须倾全力确保尝试同步切换时不出现这些情况。如果精确测量了旁路闭合时间，则不会出现以上任意一种情况。

操作过程

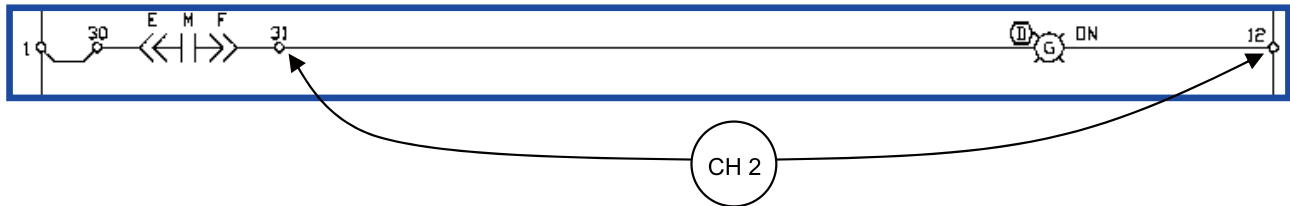
设置图形记录仪或示波器，监视 SCBM 的“旁路闭合命令”输出和被要求闭合的旁路接触器的辅助触点。

使用以下两个示意图作为参考，按如下所示设置记录仪：

1. 通道 1 - SCBM(1445-中性线)
2. 通道 2 - 旁路接触器的辅助触点 “M” (31-12)



POWERFLEX 7000™ 同步切换 调试指南



- 将记录仪设置为 SCBM 输出时触发 – CH1。
- 通过 CH2 监视旁路接触器辅助反馈至关重要！

注

理论上，应直接通过接触器的真空瓶测量旁路接触器反馈。这可通过与真空瓶并联一个 9V 电池并将 CH2 跨接到真空瓶来实现。接触器断开时，测量值为 9V。接触器闭合时，测量值为 0V；注意电池被短接。如果有任何与旁路闭合时间有关的问题，应采用此方法。建议对 800A 真空接触器使用此方法。

- 在仍处于“系统测量” (System Test) 模式期间，发出启动命令。
- 确保记录仪安装正确并准备好采集数据。确保将记录仪的基准时间设置为至少采集 200 毫秒的数据。
- 发出同步切换命令。
- 变频器到达同步频率后，输出接触器和旁路接触器将在变频器的控制下自动运行。
- 记录仪应已采集到旁路闭合顺序数据，从该数据可得到“旁路闭合时间”的测量值。
- 下图显示了该记录的一个示例。测得的“旁路闭合时间”为 143 毫秒。

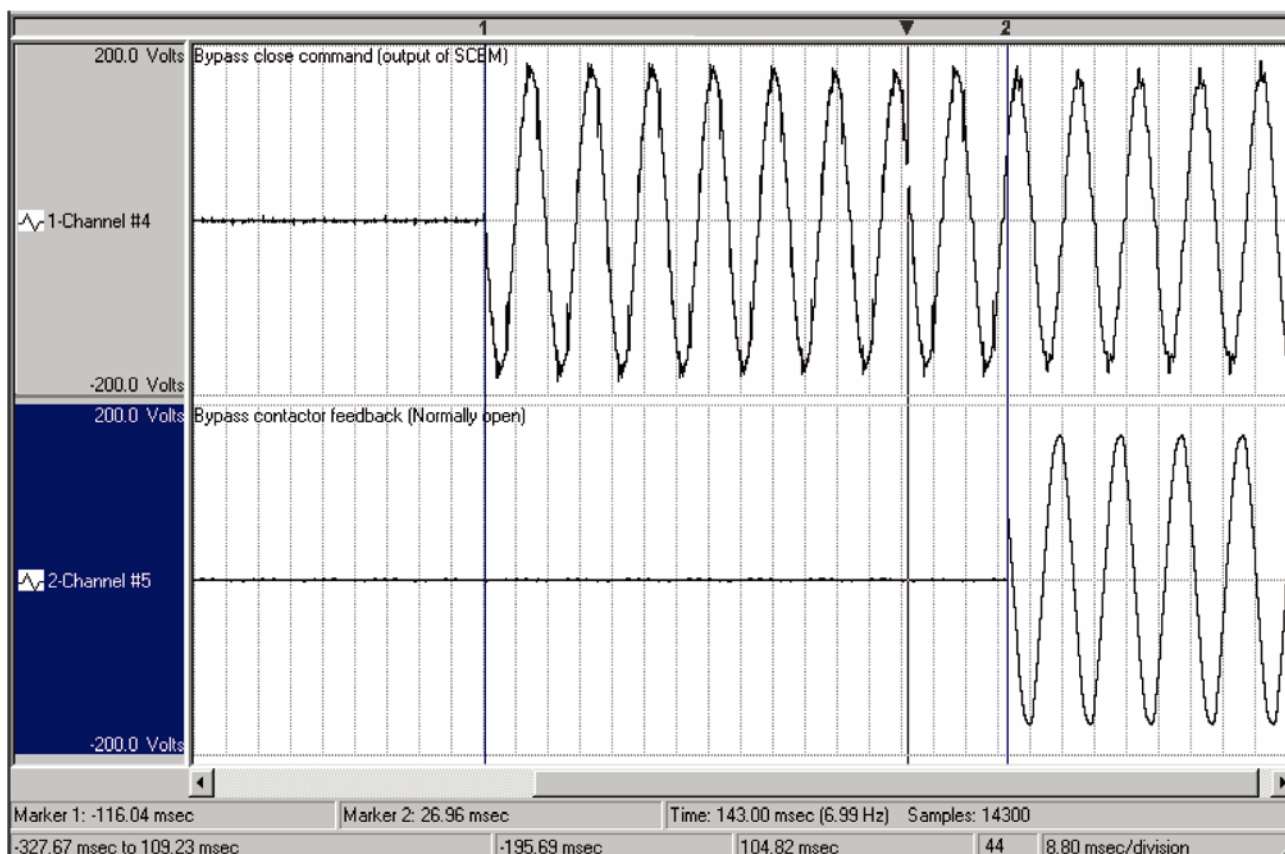


图 3. 旁路闭合时间

- 记录本测试期间对旁路接触器控制电路施加的控制电压。
- 对该接触器重复多次此测试，查看测量到的旁路闭合时间是否存在差异。记录接触器的最短闭合时间。
- 对变频器系统中所有其它旁路接触器重复此测试并记录最短旁路闭合时间。

■ 测试结果可能与此表格中的数据相似：

电机	700HP	1500HP
旁路闭合时间	113V 时为 0.19162 秒	113V 时为 0.18617 秒

现场问题

主接触器闭合时间通过 PLC 的输出测量。PLC 的扫描时间给测量增加了额外的可变时间，如此可导致错误的同步切换。

中压检查

至此，已确认变频器系统能够：

- 按预期正常运行
- 已检查过动力电缆
- 已记录旁路闭合时间

继续调试同步切换需要向变频器系统施加中压 (MV)。假设已完全调试过变频器，向系统施加中压电时不应出现什么意外。

调整中压电源的相位

目标

确认电机的所有中压源都是 **ABC** 相位旋转模式。



电机旋转

电机旋转方向取决于所施加的定子电压的相序。



如果电机电压源的相位不完全正确，有可能导致电机或电气设备严重损坏。如果变频器以 **ABC** 相位旋转模式驱动电机，但尝试通过非 **ABC** 相位旋转的旁路电压来实现同步切换，则电机将从正向全速运行瞬时切换为反向全速运行。这种剧烈的转矩瞬变将损坏电机，而且相

应的电气瞬变可能致使工厂电气系统跳闸。

必须确保从所有中压源(变频器电压和旁路电压)输出到电机的相位均为 **ABC** 模式。

SCBM 上设有电压测试点，这些测试点通过安装在各旁路启动器柜中的电压检测板 (VSB, Voltage Sensing Board) 来提供，用于检查变频器输出和旁路电压源的相位。

变频器将同步其触发顺序，参考旁路电压信号将变频器输出电压调整为与旁路电压同相。

带状电缆用于连接 **VSB** 和 **SCBM-J10** 输入。

现场问题

在最初的几次同步切换应用中，工厂未提供从旁路启动器的 VSB 连接到变频器的带状电缆。请确认带状电缆已送达并正确安装在变频器中。SCBM 上带状电缆的方向非常重要，务必要进行检查。

操作过程

将向变频器系统施加中压电！！

变频器将全速运行并尝试与旁路电压同步。需要设置变频器参数以确保禁止同步切换。此时可以检查并确认变频器输出电压和旁路电压。

电机将全速运行。通知过程操作人员为该作业点做好相应安排。达到全速时，采集对电机施加中压电时的电压波形数据，如下图所示：

POWERFLEX 7000™ 同步切换 调试指南

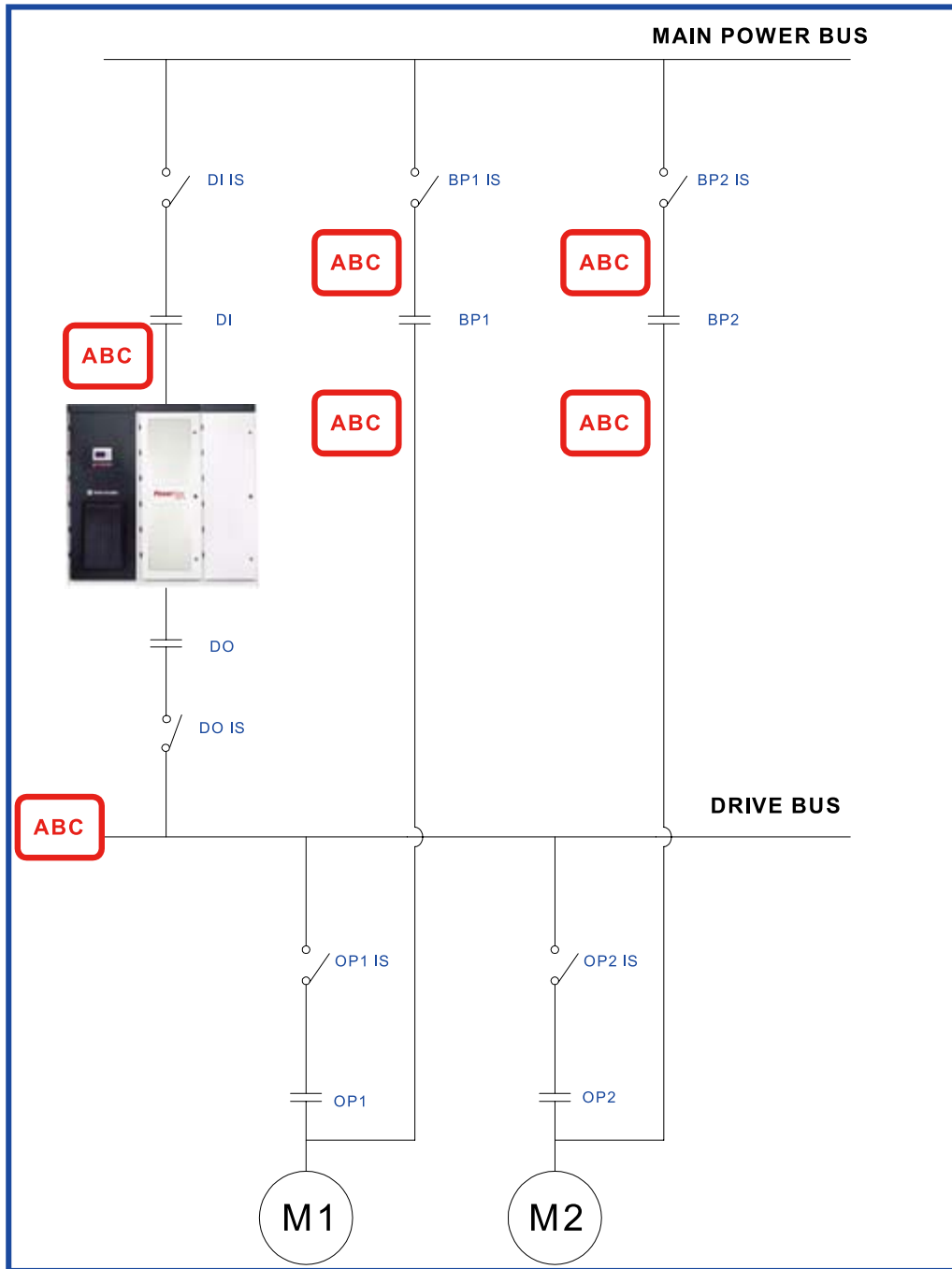


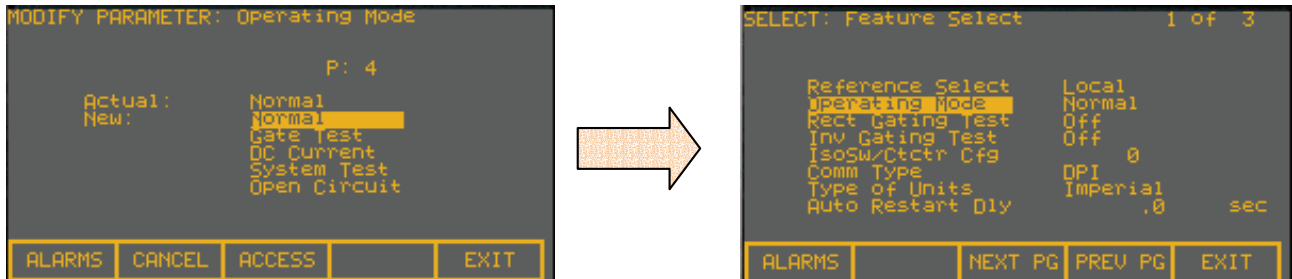
图 4. 相位检查

启动变频器前，将变频器参数设置为禁止同步切换：

- 最大同步误差 = 0°
- 同步时间 = 10 秒
- 同步超前角 = 0°
- 同步切换时间 = 30.0 分钟

在本文档中稍后会介绍这些参数的含义。

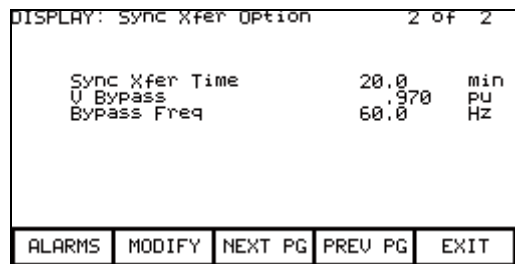
- 将工作模式设置为“正常” (Normal)



- 向变频器施加中压电

输入电压相位调整

- 确认“同步切换选项” (Synchronous Transfer Option) 组中的“旁路电压” (Bypass Voltage) 参数大约为 1.0pu。如果该参数为 0pu，则说明未连接 SCBM J10 上的带状电缆或连接错误。此外，旁路频率必须为 60Hz。如果频率为 -60Hz，则旁路电压相位为 ACB 模式。变频器在这些条件下不允许执行同步切换。



- 记录变频器输入端的电压波形。如此可确保变频器的相位为 ABC 模式。SCBL 上的测试点便于采集此信息。下图显示了 6P 和 18P 整流器的结果。

POWERFLEX 7000™ 同步切换 调试指南

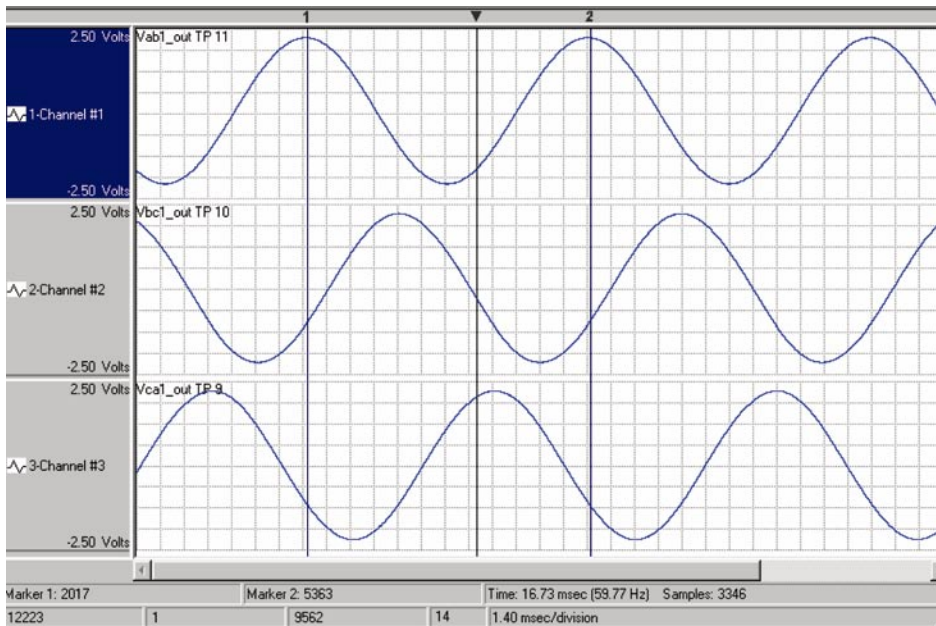


图 5. 变频器输入端的 6P 相位检查

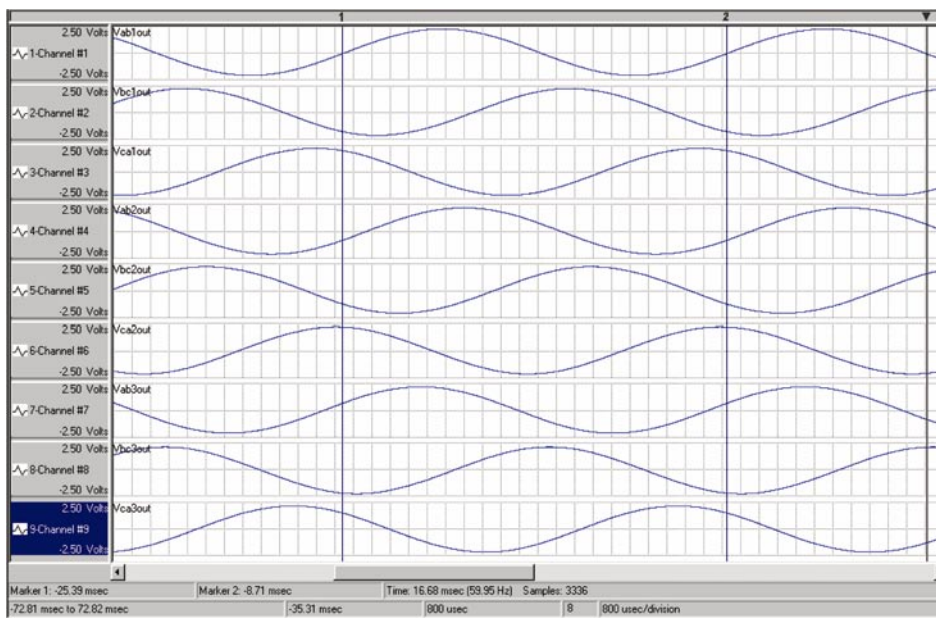


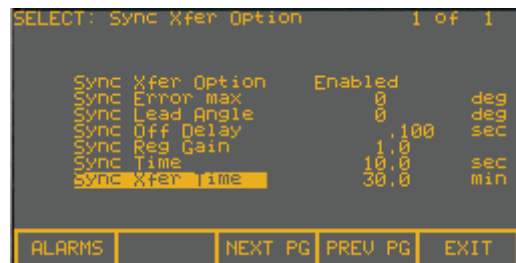
图 6: 变频器输入端的 18P 相位检查

- 如此可确保变频器输入相位为 ABC 模式。

输出电压相位调整

- 启动变频器，使电机加速到设定的速度。
- 接下来，电机全速运行时，确认变频器输出电压的相位和旁路电压的相位。

设置同步切换参数可确保不满足同步切换的各个条件时，在变频器启动后不会发生同步切换。此外，为成功切换，已将总定时器设置为 30 分钟。



The screenshot shows a terminal window with the following text:

```
SELECT: Sync Xfer Option          1 of 1

Sync Xfer Option      Enabled
Sync Error Max        0          deg
Sync Lead Angle       0          deg
Sync Off Delay        1.000     sec
Sync Reg Gain         1.0
Sync Time             10.0      sec
Sync Xfer Time        30.0      min
```

At the bottom of the screen, there are four buttons: ALARMS, NEXT PG, PREV PG, and EXIT.

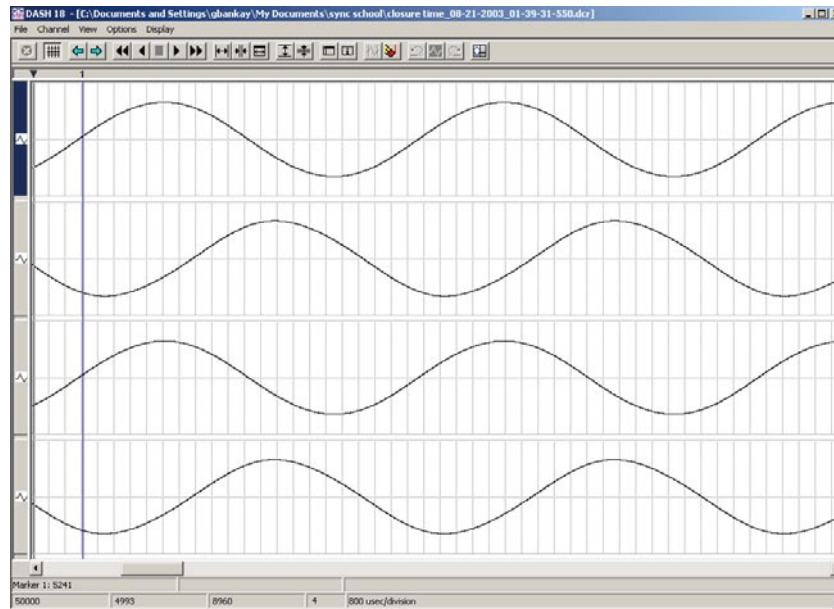
注

对于使用一个 PLC 的多电机应用，还将使用与“同步切换时间” (Sync Xfer Time) 参数取值相同的定时器 (T:104/8)。本测试中也须调整该定时器，否则变频器将因“顺序不完整”故障而出错。

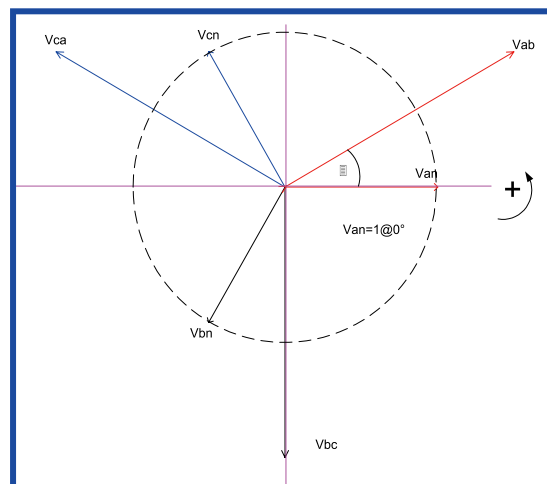
- 为电机发出同步切换命令。如果按规定设置了同步切换参数，变频器将加速至 60Hz，并使输出电压与旁路电压同步。
- 查看变频器控制下的电机电压相位，并与旁路电压的相位进行比较。
- 这是相位检查的关键所在；因为这是在执行同步切换之前出现的状况。
- 观察输出电压频率匹配情况并尝试锁定为旁路电压。

POWERFLEX 7000™ 同步切换 调试指南

- 记录旁路接触器上下两侧的电压波形。下图显示了一组常见波形：上面两个波形对应旁路接触器上侧的 V_{ab} 和 V_{bc} ，下面两个波形对应旁路接触器下侧的 V_{ab} 和 V_{bc} 。



- 确认两组波形均为 ABC 相位旋转顺序。电压 V_{ab} 超前 V_{bc} 120° 、 V_{bc} 超前 V_{ca} 120° 。如以下相量图所示， V_{ab} 正向超前 V_{bc} 120° 。



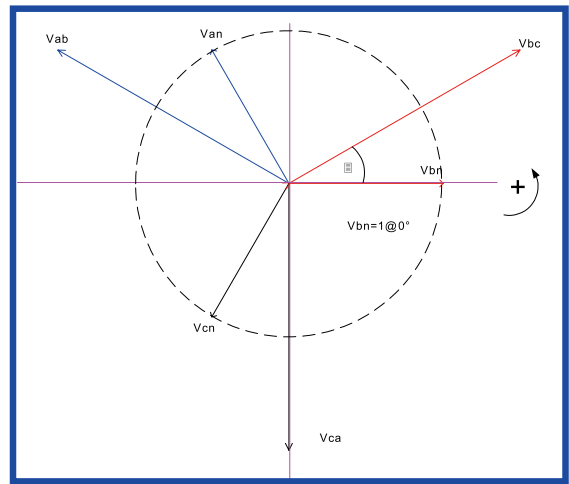
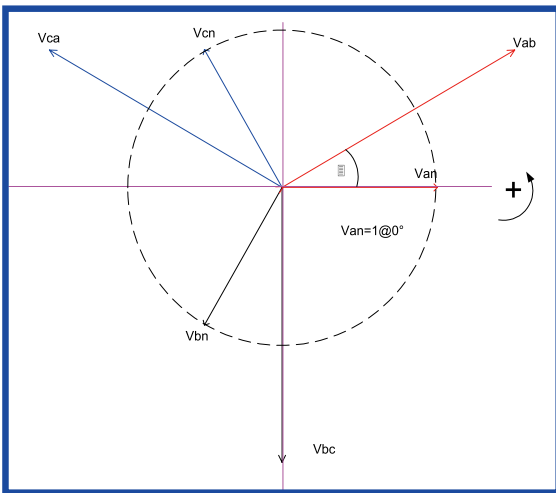
- 此外，旁路接触器上侧 $\cong A-B$ 和 $\cong B-C$ 之间的电压与旁路接触器下侧 $\cong A-B$ 和 $\cong B-C$ 之间的电压同相。

对应同步切换应用，变频器输出电压和旁路电压的相位旋转方向和相序必须一致！

注

变频器输出电压和旁路电压可以具有相同的旋转方向，但相移可能为 120° 或 240° (ABC 与 BCA 或 CAB)，因此，必须都为 ABC 模式！！**ABCABCABCABCABC...**

- 左侧相量图为 ABC 模式，右侧相量图为 CAB 模式。二者可以使电机以相同的方向旋转，但它们并不同相。实际是 V_{ab} 与 V_{bc} 同相， V_{bc} 与 V_{ca} 同相：



POWERFLEX 7000™ 同步切换 调试指南

- 要查看变频器为锁定为(同步)旁路电压而调节变频器输出电压的能力大小，可监视参数“同步调节器误差”(Sync Reg Error)

DISPLAY: Sync Xfer Option			1 of 2
Sync Reg Output	-.01	Hz	
Sync Reg Error	-.5	deg	
Sync Xfer Option	Enabled		
Sync Error Max	0	deg	
Sync Lead Angle	20	deg	
Sync Off Delay	.169	sec	
Sync Reg Gain	2.0		
Sync Time	10.0	sec	

ALARMS	MODIFY	NEXT PG	PREV PG	EXIT
--------	--------	---------	---------	------

- 变频器激活同步调节器后，参数“同步调节器误差”(Sync Reg Error)将显示变频器输出电压与旁路电压保持同步的程度。该参数为 0° 时表示变频器输出电压与旁路电压的相移与参数“同步超前角”(Sync Lead Angle)所输入的预置相移完全相同。在本例中，同步超前角为 -0.5° ，表示变频器输出电压与旁路电压的相位相差 0.5° 。
- 提示：在PV550上显示“同步调节器误差”(Sync Reg Error)数值时会有时延。为使用模拟量表示“同步调节器误差”(Sync Reg Error)，可将该参数指定给SCBL或SCBM上的模拟量输出。例如，使用设置为500ms/div和1V/div的SCBM上的DAC_TP1(TP#63)输出。通过示波器或图形记录仪查看该模拟信号。
- 至此便完成了相位检查过程。

注

如上列出了相位调整的设置步骤，首次执行同步切换的调试人员应遵循这些步骤以确保安全。由于同步切换应用的调试需要获取并分析大量信息，因而使这项工作变得非常紧张，调试人员需高度集中注意力。

有经验的现场代表：旁路接触器上侧的相位必须为 ABC 模式，但相序可为 ABC、BCA 或 CAB 模式。这些相序的电压都可使电机以相同的方向旋转。在发出同步切换命令之前，变频器输出电压将为 ABC 模式，没有基准(漂移)。发出同步切换命令后，变频器将调整(锁定)其输出电压，使其与旁路电压一致。因此，无论旁路电压为 BCA 还是 CAB 模式，变频器都会正确地将其相位 AB 调整为旁路电压相位 AB 相同，以此类推。

稳定超前角

目标

确定“同步超前角” (Sync Lead Angle) 的稳定值。



同步超前角

变频器输出电压与旁路电压之间的相位差。

“同步超前角” (Sync Lead Angle) 用于设置变频器输出电压相对于旁路电压的相移。例如，值为 25° 时将使变频器输出电压超前旁路电压 25° 。

逆变器和整流器直流线路电抗器电压之间的相互作用可导致大量不稳定的“同步超前角” (Sync Lead Angle)。该现象的一个有力证据是：达到同步时，输出电压漂过期望的超前角点，在不希望的偏移点稳定几秒钟后，返回超前角点并超出期望的偏移量。输出电压将在设置的超前角点前后摇摆，始终无法返回所需位置。

重新设置参数以禁止同步切换

操作过程

- 在变频器以 60Hz 的频率运行并请求执行同步切换后，在 -0° 到 30° 范围内以 5° 为幅度调整“同步超前角” (Sync Lead Angle)。
- 监视“同步超前角” (Sync Lead Angle) 各个值对应的参数“同步调节器误差” (Sync Reg Error)。理论上，“同步调节器误差” (Sync Reg Error) 应为 0° ，调整“同步调节器增益” (Sync Reg Gain) 和/或“速度调节带宽” (Speed Reg Bandwidth) 将有助于使“同步调节器误差” (Sync Reg Error) 趋于稳定。如果可能，在下表中记录产生稳定超前角时各参数的值：

同步超前角	同步调节器增益	速度调节带宽	同步调节器误差	稳定超前角 - 是或否?
-10°				
-5°				
0°				
5°				
10°				
15°				
20°				
25°				
30°				

电压漂移率

目标

确定旁路接触器闭合之前，变频器输出电压相对旁路电压的最佳超前角。



漂移率

变频器停止时，变频器输出电压与旁路电压之间相差的变化率。

理想超前角可使变频器输出电压在变频器停止运行约 2 个周期(32 毫秒)后与旁路电压达到同相。

IDC 基准值设置为零时即认为变频器停止运行。要在发出停止命令后使 IDC 基准值立即变为零，参数“滑行速度”(Coast Speed)必须大于速度基准值。变频器需设置为按稳定超前角运行，然后发出停止命令。变频器输出电压随即从其超前相位角开始漂移，不久后与旁路电压同相。变频器输出电压漂移的快慢程度在同步切换过程中至关重要。

POWERFLEX 7000™ 同步切换 调试指南

操作过程

- 设置变频器参数以禁止同步切换。此外，将变频器设置为收到停止命令后立即停止运行。
- 滑行速度 = 65 Hz
- 最大同步误差 = 0°
- 同步时间 = 10 秒
- 同步切换时间 = 30 分钟
- 同步超前角 = 30°/20°/10°/0°
- 设置记录仪以采集以下各电压的波形：
 1. 旁路电压 V_{ab}
 2. 变频器输出电压 V_{ab}
 3. Idc 基准值
- 通过这三个波形，您可以看到在变频器停止运行之后，变频器输出电压偏离旁路电压相位的快/慢程度。电机负载情况也会影响漂移率。对本测试而言，务必考虑哪些在正常工作中会遇到的情况。
- 变频器启动后，即请求切换至旁路。
- 变频器将驱动电机加速至同步速度并尝试进行切换。但是，由于实现同步切换的条件过于苛刻(最大同步误差 = 0°、同步时间 = 10 秒)，因此不会执行同步切换。

仅当变频器确定旁路电压与变频器电压的相位差不超过“最大同步误差”(Sync Error Max)参数的最大值，才会启动切换并持续一段时间，该时间取决于在参数“同步时间”(Sync Time)中输入的值。

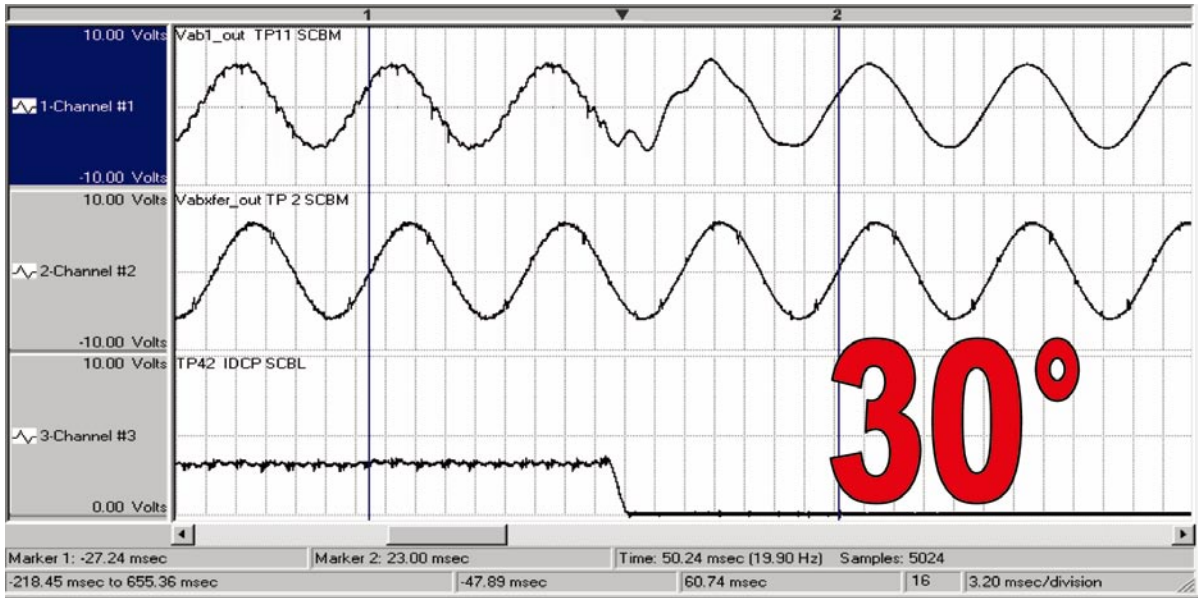
该误差为 0° 的状态不应超过几个周期，当其不为 0° 时，将重置“同步时间”定时器。如此将禁止执行同步切换。

- 变频器达到同步速度后，将根据需要调整速度基准值以满足同步切换条件。可监视参数“同步调节器误差”，查看变频器在多大程度上满足同步切换的条件。

$$\text{Syncregulator Error} = (\angle \text{Drive } V_{ab} - \angle \text{Bypass } V_{ab}) - \text{SyncLead Angle}$$

- 示例：将“同步超前角” (Sync Lead Angle) 设置为 10°。变频器将调整变频器输出电压，以使其相位超前旁路电压 10°。变频器无法使变频器输出电压与旁路电压之间的相位差连续维持为 10°。当这两个电压之间的相位差为 13° 时，“同步调节器误差”将为 3°。
- 可通过设置一些参数来最大程度地减少“同步调节器误差”，理想情况下，保持为 0°。这些参数是“同步调节器增益”和“速度调节器带宽”。
- 由于变频器会自动调整速度基准值以维持 0° 的同步调节器误差，调整以上任一参数或同时调整这两个参数都可能使该误差降低至可接受的值。理论上要求同步调节器误差为 0°，但执行同步切换时也可接受高达 5° 的误差值。
- 监视参数“同步调节器误差” (Sync Reg Error)，在该参数接近 0° 时按下停止按钮。变频器将立即停机，电机也将惯性减速停止。以下各组波形显示了负载恒定、超前角设置不同的情况下，变频器输出电压的漂移率。

POWERFLEX 7000™ 同步切换 调试指南

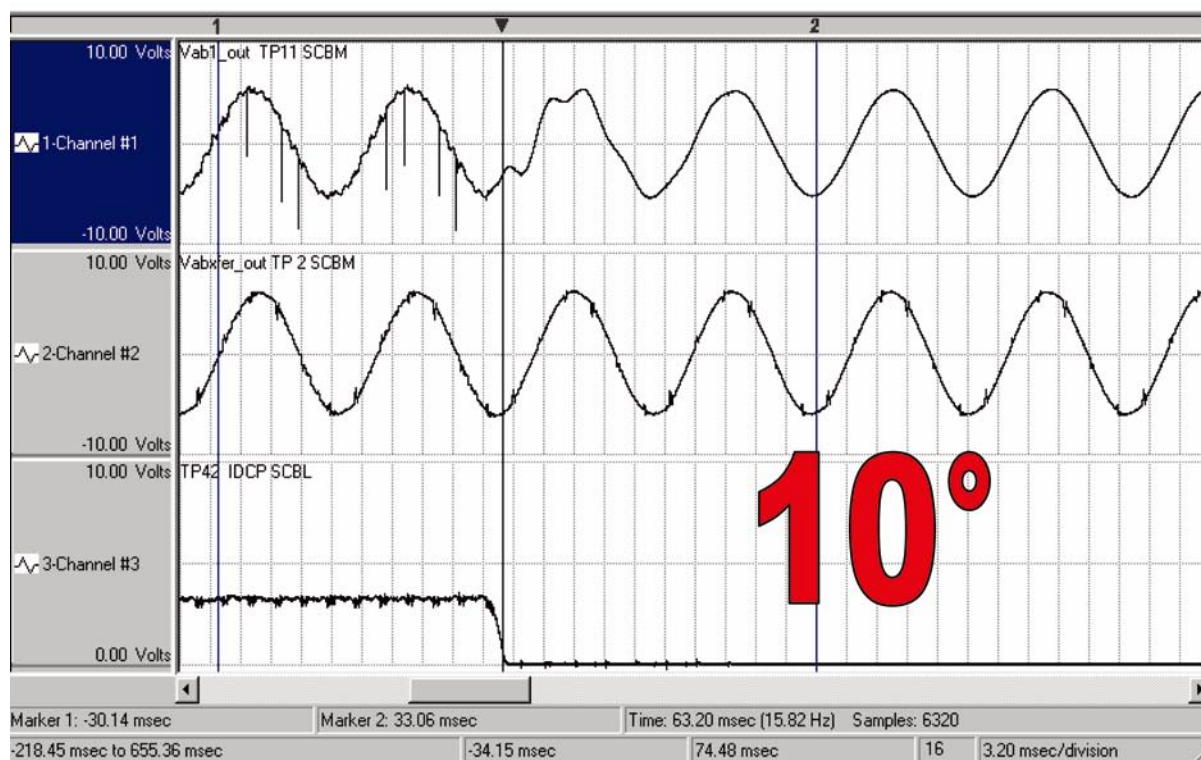
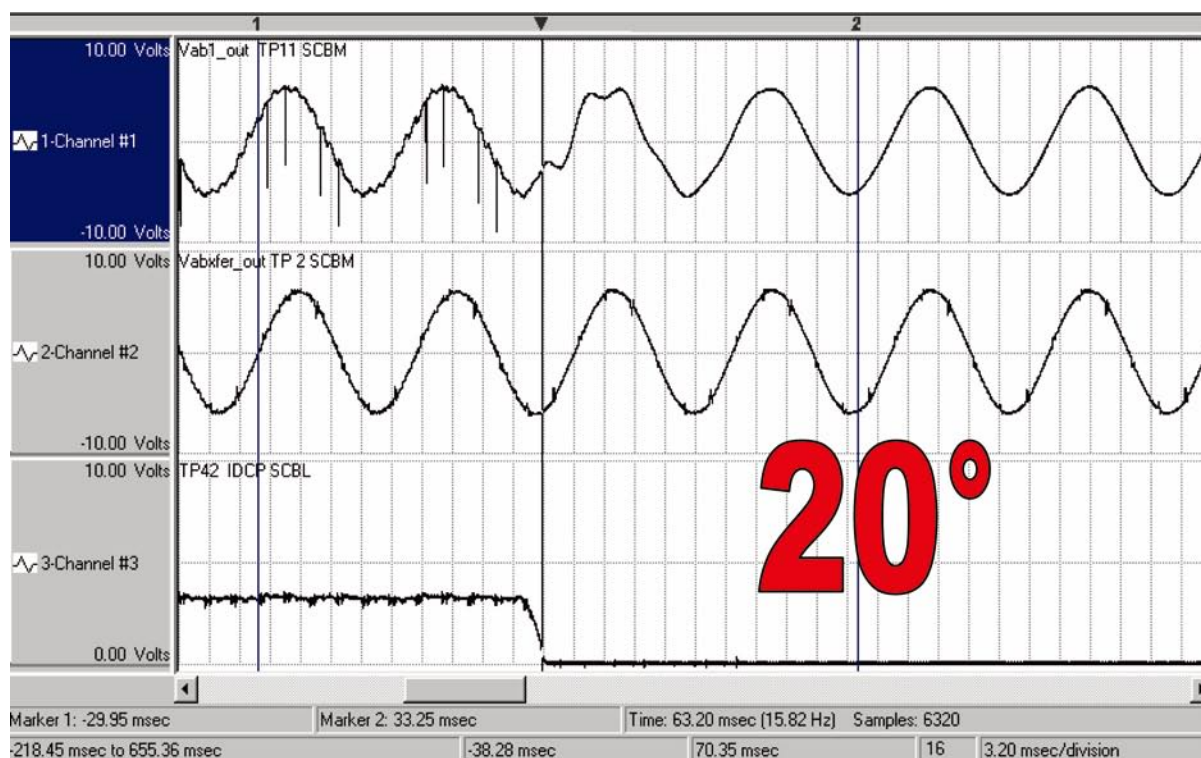


最上方的波形表示变频器输出电压 V_{ab} ，中间的波形表示旁路电压 V_{ab} ，下方的波形表示 I_{dc} 基准值。当 I_{dc} 从非零稳态正值变为零时，电机即停止运行。变频器停止运行之前，同步调节器尝试使这两个电压之间的超前角维持为 30° (见零交叉线)。当同步调节器误差稳定在 0° 左右时，按下了停止按钮。

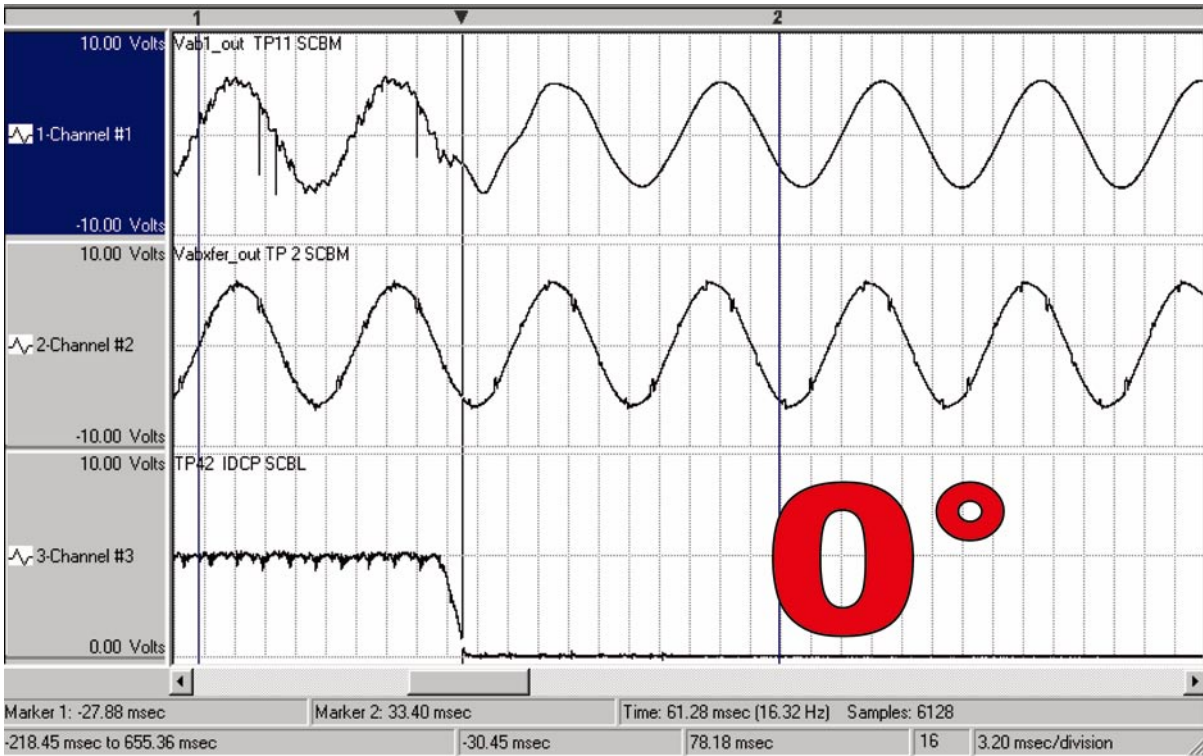
变频器停止运行后，变频器输出电压开始相对于旁路电压漂移。最初，变频器输出电压出现一定程度的失真。大概在一个完整的周期过后，该失真现象消失。为此，变频器停止 2 个周期且变频器输出电压恢复为正弦波形以后，才尝试执行同步切换。大约在变频器停止运行两个周期后，变频器输出电压仍然超前旁路电压 18° 。

再次强调，本测试的目标是确定可产生变频器输出电压漂移的超前角大小，以使变频器输出电压和旁路电压在变频器停止运行 2 个周期后达到同相。

如下显示了同步超前角为 20°、10° 和 0° 时对应的电压波形以供参考。



POWERFLEX 7000™ 同步切换
调试指南



■ 下表汇总了相应的结果：

同步超前角	变频器停止运行 2 个周期后的相位差	漂移率 (°/ms)
30	+18°	0.375 (12°/32)
20	+5°	0.469
10	0°	0.313
0	-22°	0.687

小结：

在本例中，“最佳”同步超前角应为 10°，有如下两个原因。首先，这两个电压将在变频器停止运行 2 个周期后达到同相。这是闭合旁路接触器以完成同步切换的最佳时期。其次，漂移率仅为 0.313°/ms。旁路接触器闭合的确切时间未知，但应该在变频器停止运行 24-32ms 后闭合。在第 32ms 时，这两个电压达到同相，而在第 30ms 时，这两个电压的相位差为 0.8° (2° x 0.416)，这是最小的相位差值，应当是闭合旁路接触器的好时

机。如果漂移速度快，变频器输出电压将快速漂过旁路电压，因而旁路接触器闭合时二电压相位差可能较大。正常情况下，各种滑行速度停止测试中的漂移率应为恒定值。最好以定义的超前角执行惯性停止测试，以便查看实际的漂移率。

现在，您即已确定最适合具体应用的超前角。如果无法通过调整参数“同步调节器增益”或“速度调节器带宽”来使超前角达到稳定值，则选择下一个具有稳定“同步调节器误差”的最佳超前角。依据相对置信度假设，变频器停止运行 2 个周期后，所选超前角提供的变频器输出电压将与旁路电压达到同相。

选择超前角后，仅当旁路接触器在两个电压达到同相而闭合时才会出现同相切换。下一步是确定如何确保旁路接触器在预期的时刻闭合。

同步切换关闭延时

目标

确定参数“同步切换关闭延时”的值 (P227)。



同步切换关闭延时

到达定时器设定的时间后停止变频器；定时器从启动同步切换时开始计时。

参数“同步切换关闭延时”中输入的值为变频器发出闭合旁路接触器命令到变频器停止运行的时段。

仅当满足同步切换条件时，变频器才会发出闭合旁路接触器命令。旁路接触器的电源电极在其控制继电器通电一段时间后才闭合；这称为“旁路闭合时间”。

前面已测出相关旁路接触器的“旁路闭合时间”。执行该测量时对接触器电路施加了测试电压。通过对旁路启动器施加正常电源(中压)，通过接触器控制电路测得的电压可能与用于计算“旁路闭合时间”的电压有所不同。

随着电压上升，闭合时间减少，因为电磁铁的磁动势更大，因而吸入电枢冲片的速度也更快。利用正常工作模式下观察到的测量控制电压与以下公式计算旁路接触器的“旁路闭合时间”：

$$T_{normal} = \frac{V_{test}}{V_{normal}} \times T_{test}$$

- $T_{测试}$ = “系统测试”模式下测得的旁路闭合时间
- $T_{正常}$ = 正常工作模式下预计算得的旁路闭合时间
- $V_{测试}$ = “系统测试”模式下测得的旁路接触器控制电压

- $V_{正常}$ = 正常工作模式下测得的旁路接触器控制电压。

示例：“系统测试”模式下使用 113V 测试电压测得的“旁路闭合时间”为 0.19162 秒。对旁路启动器施加中压后，施加到旁路接触器控制电路的电压为 122V。则实际“旁路闭合时间”为：

$$T_{normal} = \frac{113V}{122V} \times 0.19162\text{sec} = 0.17748\text{sec}$$

如果市电由弱电系统供应，则电机以同步速度运行时电压可能下降。建议记录电机以同步速度负载运行时的旁路控制电压，或在执行同步切换时可能适用的情况。

“旁路闭合时间”是指从旁路接触器控制继电器通电到其电源电极闭合的时间段。

同步切换关闭延时

要计算“同步切换关闭延时”的值，可使用计算得到的旁路闭合时间(0.17748 秒)和 32 毫秒(60Hz 系统)。

当变频器确定变频器电压已锁定为旁路电压时，它会发出闭合旁路命令，促使旁路接触器控制继电器通电。如果此时变频器停止运行，则变频器电压开始漂移。若使用 0.313°/ms 的漂移率，则 0.17748 秒后旁路接触器电源电极闭合时，两个电压的相位相差 56°！因此，在旁路接触器电源电极闭合之前的 32 毫秒内，应保持变频器为运行状态。

同步切换关闭延时参数 = 旁路闭合时间 – 32 毫秒
同步切换关闭延时参数 = 0.17748 – 0.032 秒
同步切换关闭延时参数 = 0.14548 秒

对于该特定的电机和旁路接触器，应将“同步切换关闭延时”(Sync OFF Delay) 参数设置为 0.14548 秒。

同步切换

目标 采集并分析完所有数据后，可以执行此应用中的首次同步切换操作。

操作过程

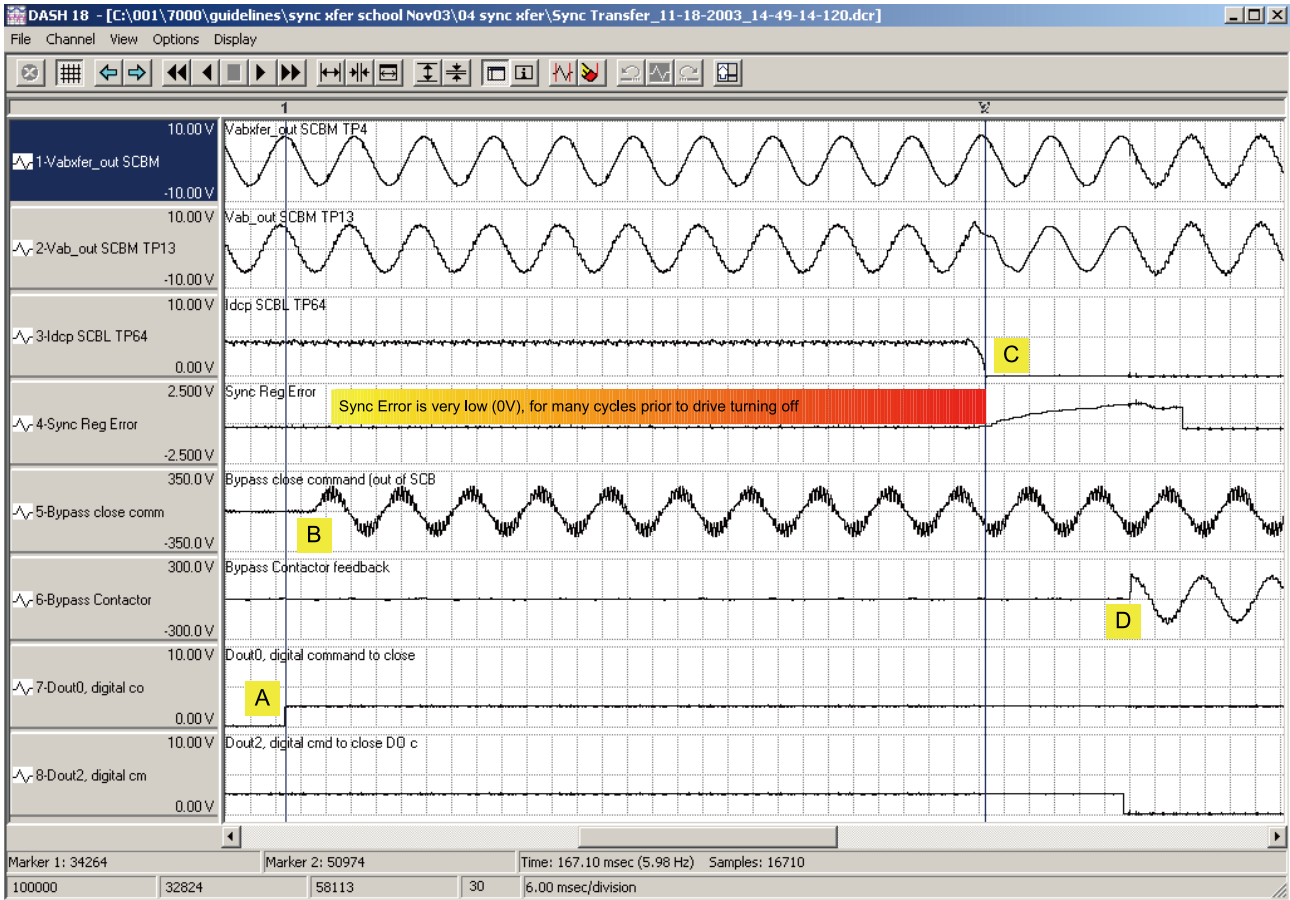
首

先是设置转移的允许条件，以便执行尽可能严格的切换时能够在切换过程中达到理想的相变效果。

- 最大同步误差 = 5° 且
- 同步时间 = 1.0 秒

下图显示了 700HP 电机工作在 4000V 时的同步切换的波形记录。

最上方的波形表示旁路电压，第二个波形表示变频器输出电压。



时间段	描述
A-B	在时间 A 处，变频器通过 DCB 发出闭合旁路接触器的命令。该信号经控制旁路接触器的 SCBM 处理。SCB 的输出被设计为在零交叉点开始启动。A-B 时间段可长达 8 毫秒(适用于 60Hz 应用)。在时间 A 处，变频器将启动“同步切换关闭延时”定时器。
B	指示旁路接触器闭合。
D	旁路接触器闭合，电机由三相市电供电
B-D	旁路闭合时间。
A-C	参数“同步切换关闭延时”(Sync OFF Delay) 中输入的值。
C	变频器停止选通
C-D	电机空转
<< C	变频器监视“同步调节器误差”(Sync Reg Error) 以确定执行同步切换前系统是否处于稳定状态。在本例中，同步调节器误差为 0，这是非常理想的。这表明旁路电压和变频器输出电压已相互锁定并达到同步。但是，它们的相位并不相同，请切记还涉及到“同步超前角”。

POWERFLEX 7000™ 同步切换 调试指南

如果转移耗时过长(即超过 30 秒), 应首先以 0.1 秒的幅度逐渐减少“同步时间”(Sync Time) 参数。如果转移时间仍然过长, 则应按每次几度的幅度逐渐增大“最大同步误差”(Sync Error Max)。

请不要将最大同步误差增到 7° 以上, 也不要将同步时间减小到 0.3 秒以下, 因为这样会引发不稳定问题。

若旁路闭合时输出电压和旁路电压的失真程度非常低, 则可明显判定切换非常成功。如果旁路接触器闭合时控制室内指示灯不停闪烁, 则表示切换结果并不乐观; 请停止操作并重新检查操作过程和计算结果。

如果客户(过程)允许惯性停止, 同时您又对首次同步切换尝试犹豫不决, 则可拔除旁路接触器底部的负载电缆, 执行现场空载切换。变频器将执行同步切换, 但旁路接触器闭合时, 电机将靠惯性减速停止。这样便有机会记录上图所示的波形, 以确保变频器至少在旁路接触器闭合前 32ms 内停止运行。确认后, 将负载电缆重新连接到旁路接触器底部, 确保电缆的相位未更改。

注

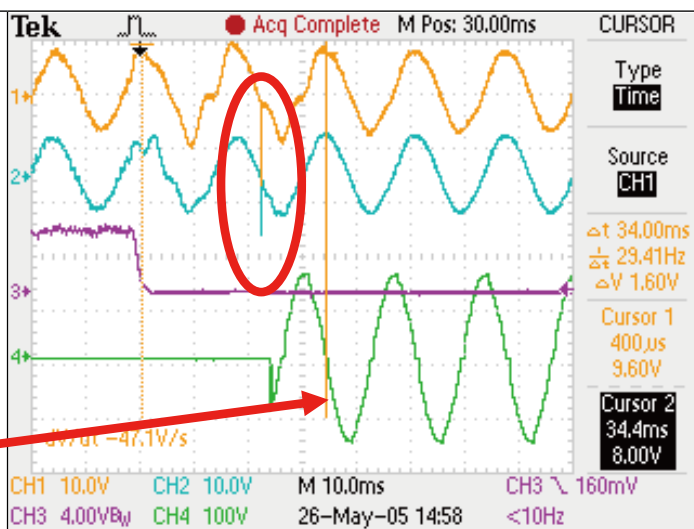
从变频器软件 4.001 版本起, 已在先前软件基础上更改了变频器在执行同步切换后对旁路接触器状态的监视方式。这将适用于那些包含 PLC 的多电机应用。请参见技术更新文档 PF7000_FMW-23。

注: 要使用 Tektronix 720P 示波器采集同步切换数据, 请使用以下设置:

- Ch1 连接到 Vab1_out SCBM(缩放比例 5V/div)
- Ch2 连接到 Vabxfer_out SCBM(缩放比例 5V/div)
- 外部 DMM 连接到 TP63 SCBM (Dout0)
- 时间基准 50ms/div
- 单个采集
- 在外部、上升沿、2V 时触发

右图显示了同步切换错误时产生的瞬变示例。

这种情况下，旁路接触器闭合过早，在变频器停止运行 25ms 后便已闭合(波形 4 与波形 3 相比)。波形 1 为旁路电压，旁路闭合时仍然失真，因而导致旁路闭合时出现瞬变。旁路闭合期望时刻为变频器停止运行后 34ms 时刻，如图所示。



固件缺陷

1. 自变频器固件版本 3.004 起，当旁路接触器闭合且成功切换后，变频器将在“电机 O/V”时脱扣。要解决此问题，参数“电机 O/V 延时” (Motor O/V delay) 必须设置为 0.5 秒，而不是缺省的 0.05 秒。
2. 自变频器固件版本 3.004 起，参数“转矩限制驱动” (Trq Limit Motoring) 需设置为 1.30pu 才适合同步切换应用。

取消同步

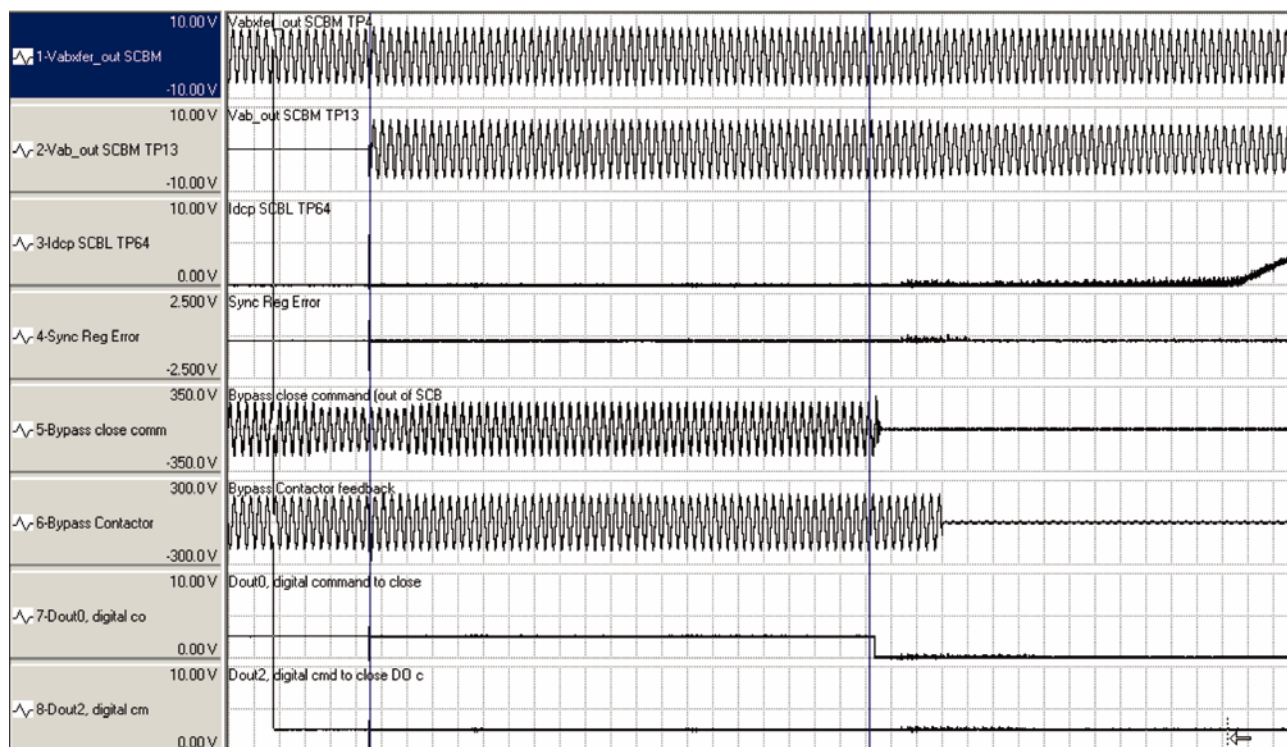
目标 使通过线路供电运行的电机，回到用变频器对其进行控制。

操作过程 都不需要。

电机切换到旁路后，变频器将变为空闲状态。要使电机重新回到受变频器控制，必须向变频器发出取消同步命令(XIO 输入 #9: DE-SYNC)和启动命令。变频器收到命令后，将闭合输出接触器并允许变频器电机滤波电容充电至母线电压；该过程将持续一秒钟。然后，变频器会撤销闭合旁路接触器的命令。变频器收到旁路接触器断开的反馈后，将立即开始控制电机。取消同步过程不需要设置任何步骤。

电机切换至旁路后，将激活一分钟定时器，以防止处理取消同步命令。必须使用该定时器使变频器电机滤波电容实现完全放电。

该过程先后顺序显示如下以供参考：



- φ 首先是变频器指示输出接触器闭合，Dout2 随即更改状态。
- φ 变频器通过测试点 Vab_out SCBM 查看输出接触器是否闭合。这是电机通过线路供电运行期间的电压。
- φ 变频器等待电机滤波电容完全充电 1 秒钟。
- φ 1 秒钟之后，变频器撤消闭合旁路接触器的命令，Dout0 SCBM 随即更改状态。
- φ 变频器收到旁路接触器断开的反馈后，开始产生电机电流以供快速启动，如 Idc 波形所示。这样会使电机从 60Hz 的速度变为指定给变频器的基准速度。

附录

测试点交叉参考表。本文档中所示的波形指的是零件号为 80190-280-xx 的 SCB 上的测试点波形。当变频器 SCB 的零件号为 80190-380-xx 时，请使用下表。

	SCBL 80190-280-01	SCBL 80190-380-01
Vab1_out	11	13
Vbc1_out	10	12
Vca1_out	9	11
IDCP	68	64
DAC_TP1	76	74
Dout2	59	63
	SCBM 80190-280-02	SCBM 80190-380-02
Vabxfer_out	2	4
Vbcxfer_out	1	3
Vab1_out	11	13
Vbc1_out	10	12
Vca1_out	9	11
Dout0	63	67

中压技术支持

办公时间请联系：**519-740-4790**

非办公时间请联系：**519-654-5616(传呼机)**

www.rockwellautomation.com.cn

动力、控制与信息解决方案

Americas: Rockwell Automation, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204-2496 USA, Tel: (1)414 382.2000, Fax: (1)414 382.4444

亚太地区 - 香港数码港道100号数码港3座F区14楼 电话: (852)28874788 传真: (852)25109436

中国总部 - 上海市漕河泾开发区虹梅路1801号B区宏业大厦1楼 邮编: 200233 电话: (8621)61288888 传真: (8621)61288899

北京 - 北京市建国门内大街18号恒基中心办公楼1座4层 邮编: 100005 电话: (8610)65217888 传真: (8610)65217999

天津 - 天津市和平区解放北路188号信达广场写字楼3310-3312室 邮编: 300042 电话: (8622)58190588 传真: (8622)58190599

青岛 - 青岛市香港中路40号数码港旗舰大厦2206室 邮编: 266071 电话: (86532)86678338 传真: (86532)86678339

济南 - 济南市历下区泺源大街229号金龙大厦东楼23层东北室 邮编: 250012 电话: (86531)81778388 传真: (86531)81778389

西安 - 西安市高新区科技路33号高新国际商务中心数码大厦1201室 邮编: 710075 电话: (8629)88152488 传真: (8629)88152466

乌鲁木齐 - 乌鲁木齐市友好南路576号凯宾斯基酒店717室 邮编: 830000 电话: (86991)6388683 传真: (86991)6388980

郑州 - 郑州市中原中路220号裕达国际贸易中心A座1216-1218室 邮编: 450007 电话: (86371)67803366 传真: (86371)67803388

太原 - 山西省太原市府西街69号山西国际贸易中心B座8层801室 邮编: 030002 电话: (86351)8689580 传真: (86351)8689580

唐山 - 唐山市路北区东方大厦C座303室 邮编: 063000 电话: (86315)3195962/63 传真: (86315)3195951

南京 - 南京市中山南路49号商茂世纪广场44楼A3-A4座 邮编: 210005 电话: (8625)86890445 传真: (8625)86890142

无锡 - 无锡市解放东路1000号保利广场8号2208室 邮编: 214007 电话: (86510)82320076 传真: (86510)82320176

武汉 - 武汉市建设大道568号新世界国贸大厦1座2202室 邮编: 430022 电话: (8627)68850233 传真: (8627)68850232

长沙 - 长沙市韶山北路159号通程国际大酒店1712室 邮编: 410011 电话: (86731)5450233/5456233 传真: (86731)5456233 ext. 608

杭州 - 杭州市杭大路15号嘉华国际商务中心1203室 邮编: 310007 电话: (86571)87260588 传真: (86571)87260599

广州 - 广州市环市东路362号好世界广场2703-04室 邮编: 510060 电话: (8620)83849977 传真: (8620)83849989

深圳 - 深圳市福田区金田路4028号荣超经贸中心4305-06室 邮编: 518035 电话: (86755)82583088 传真: (86755)82583099

厦门 - 厦门市湖里区湖里大道41号联泰大厦4A单元西侧 邮编: 361006 电话: (86592)2655888 传真: (86592)2655999

南宁 - 南宁市青秀区金湖路59号地王国际商会中心31层3117、3118、3119室 邮编: 530000 电话: (86771)5594308 传真: (86771)5594338

成都 - 成都市总府路2号时代广场A座906室 邮编: 610016 电话: (8628)86726886 传真: (8628)86726887

重庆 - 重庆市渝中区邹容路68号大都会商厦3112-13室 邮编: 400010 电话: (8623)63702668 传真: (8623)63702558

昆明 - 昆明市东风西路123号三合商利写字楼13层C座 邮编: 650000 电话: (86871)3635448/3635458/3635468 传真: (86871)3635428

沈阳 - 沈阳市沈河区青年大街219号华新国际大厦15-F单元 邮编: 110015 电话: (8624)23961518 传真: (8624)23963539

大连 - 大连市西岗区中山路147号森茂大厦2305室 邮编: 116011 电话: (86411)83687799 传真: (86411)83679970

哈尔滨 - 哈尔滨市南岗区红军街15号奥威斯发展大厦26层B座 邮编: 150001 电话: (86451)84879066 传真: (86451)84879088

长春 - 长春市西安大路1688号新润天国际大厦2201室 邮编: 130061 电话: (86431)87069871 传真: (86431)87069882

