

分布式发电系统孤岛检测

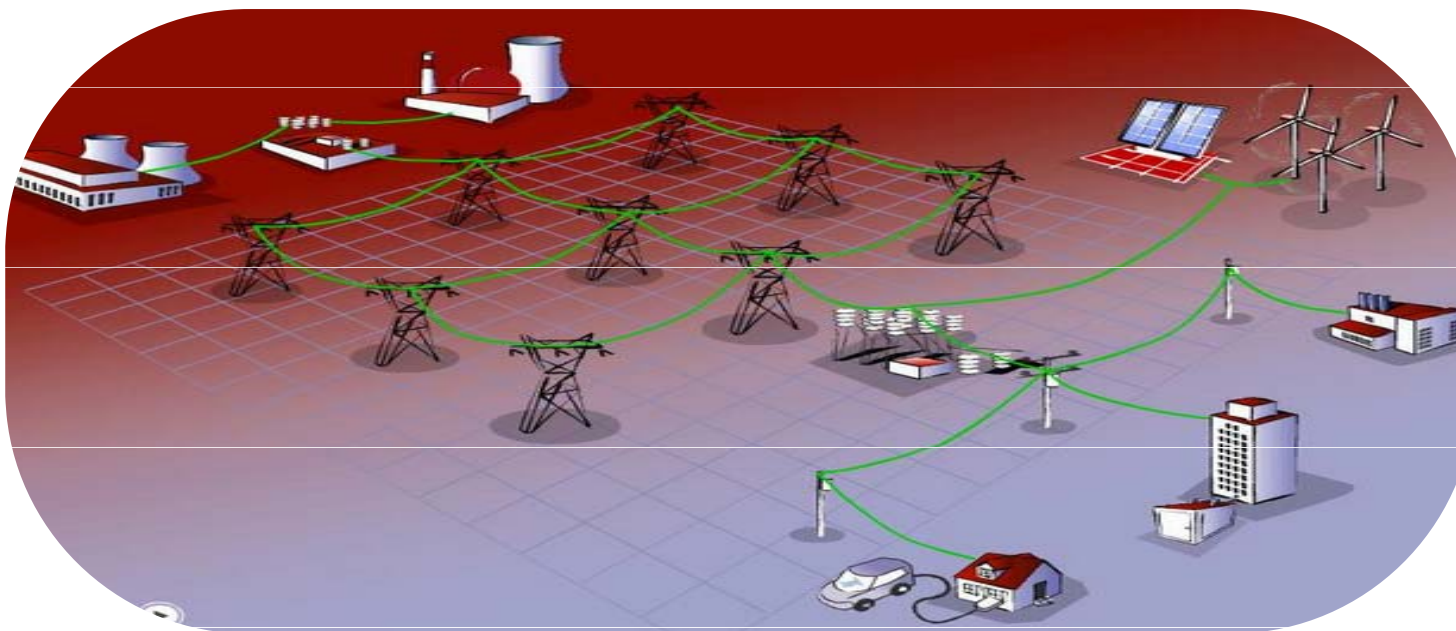
2016.09

分布式发电系统



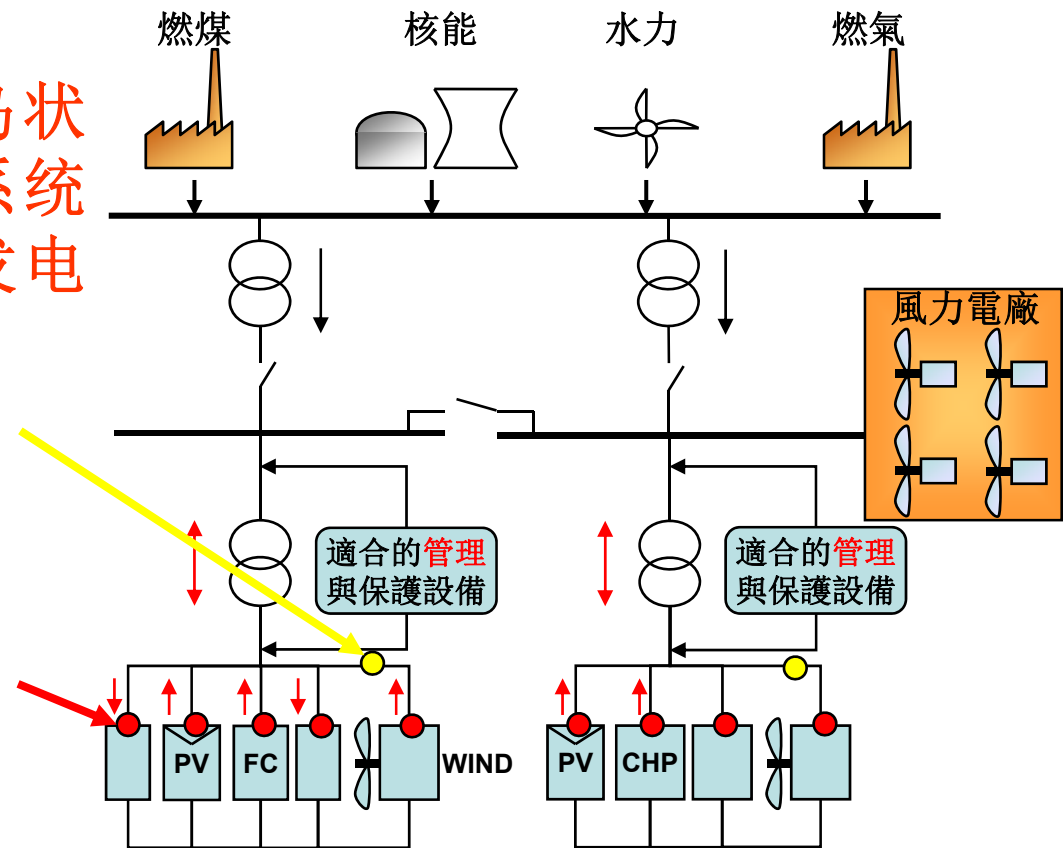
4.1 反孤岛保护的基本原理

- 当一分配电系统从电力系统中隔离开来，但仍继续由分布式发电设备供电时，则**形成了孤岛**。

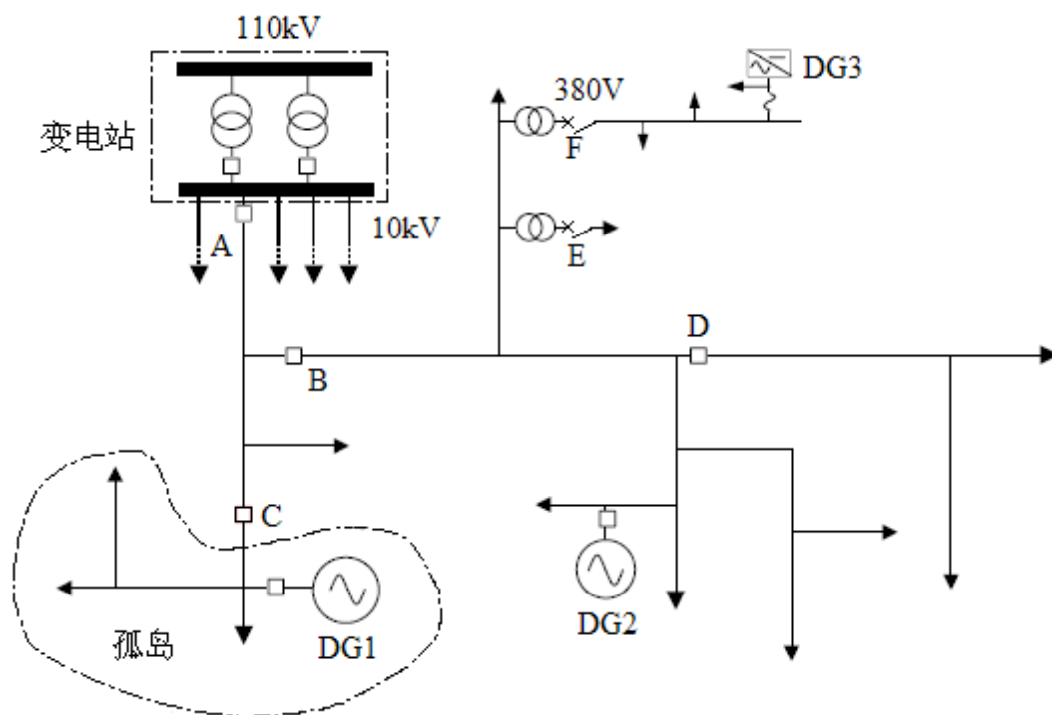


➤ **反孤岛**的能力是指分布式发电设备探测其是否处于孤岛运行状态并及时地**从孤岛系统中断开连接**的能力。

➤ 若不能有效地将处于孤岛状态的分布式发电设备从系统中解列，则有可能导致发电设备和负荷出现问题。



4.1.1、分布式发电系统孤岛的形成



➤ 孤岛是一个没有调节控制的电力系统，由于发电和供电之间的不平衡且孤岛电网中可能**没有电压、频率控制**，其特性是不可预知的。

孤岛的危害

- ✓ 由于电力系统不再控制孤岛系统中的电压和频率，如果孤岛系统中的分布式发电机不能提供电压和频率调节，没有限制电压和频率偏移的继电保护，则用户得到的电压和频率将波动很大，将可能引起用户设备的损坏。
- ✓ 当一条线路本应该没有电而由孤岛中的分布式发电机供电时，将使线路维修的工作人员或其他人员有触电的危险。
- ✓ 当孤岛系统重新与电力系统并列运行时，有可能损坏孤岛系统中的分布式发电设备，这是因为并列时分布式发电机可能与系统不同步，并列时的电压相位差将对发电机产生非常大的冲击电流，另外也可能导致系统的重新解列。
- ✓ 孤岛可能干扰邻近用户正常服务的手动或自动恢复。

处理方式

- 目前电力系统对孤岛的处理是立即**停止**所有**分布式发电机**的运行，使得**整个线路**都处于**无电**状态，防止可能对设备造成的损害，消除潜在的安全隐患。



- 4.1.2 孤岛的检测

- 当孤岛形成后，应能立即检测出来，要成功地探测到孤岛，基本需要为：

- ✓ 孤岛检测方案应能对任何可能的孤岛都有效。

- ✓ 孤岛的检测应在允许的时间内完成。

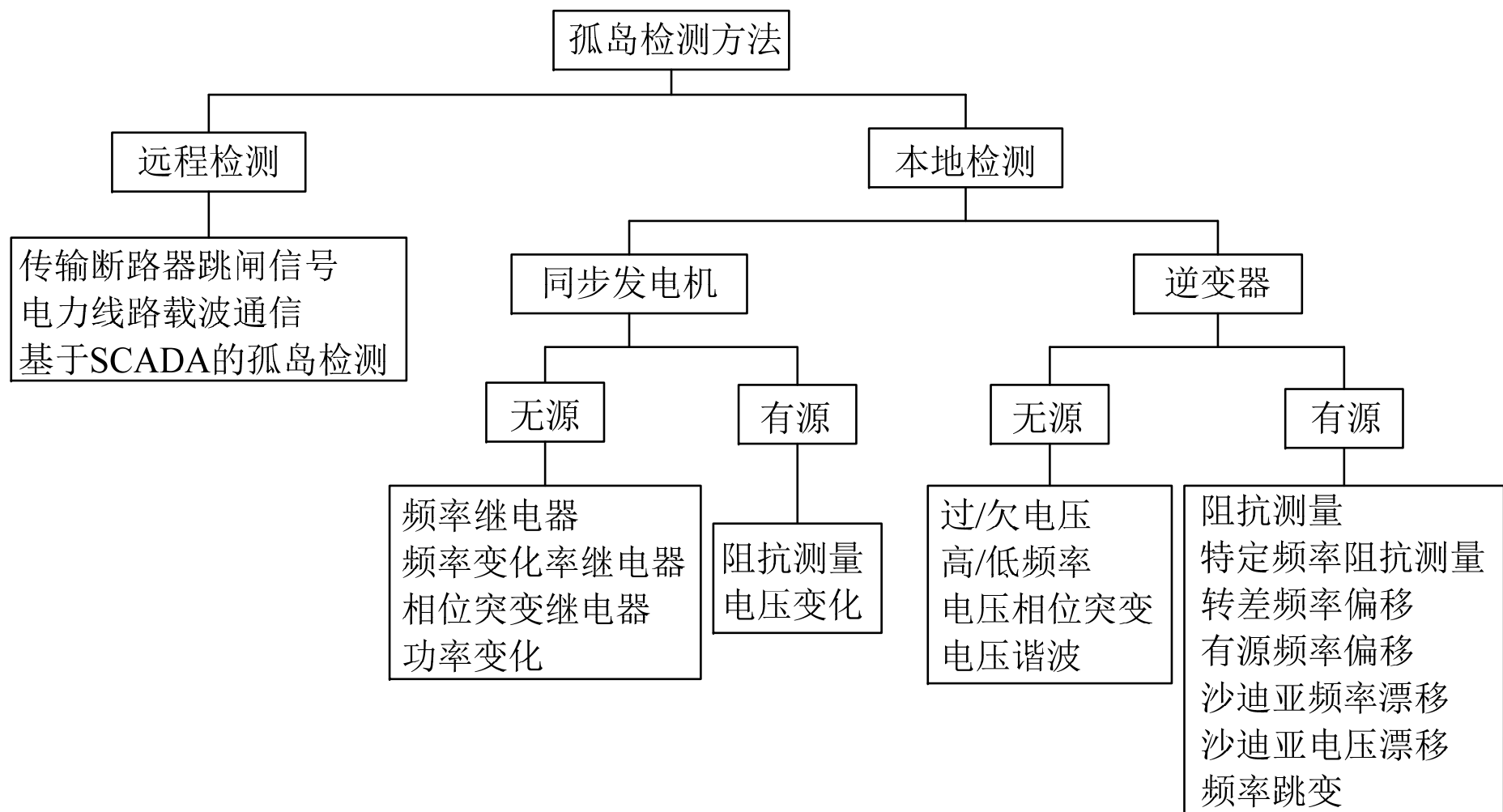
- 应考虑分布式发电机的特点，几乎所有的分布式发电机都能归纳为下述三种类型：

- ✓ **同步发电机**：这种类型的分布式发电机一般连接在主干母线上，其容量可达30MW。

- ✓ **感应式发电机**：该类型的分布式发电设备一般连接在主母线上，其容量一般也较大，在10~20MW左右。

- ✓ **基于逆变器的发电设备**：该类型的分布式发电设备一般连接在二次母线上，这主要是因为其容量相对比较小，一般在数百瓦到1MW。

- 根据目前提出的分布式发电系统孤岛检测的工作原理，可将孤岛检测分为两种类型，即远程检测方法和本地检测方法。
- 本地检测方法取决于分布式发电系统一侧电压和电流信号，如果检测到的信号超过一定阈值，则可检测孤岛运行状态。
- 本地检测方法也可分为两种类型：
 - ✓ 无源的检测方法：该方法主要是基于所测量的电压和电流信号在孤岛发生后的参数变化是否超过给定的阈值来判断孤岛是否产生。
 - ✓ 有源检测方法：该方法对系统加入扰动信号，然后根据检测到的系统响应来判断孤岛是否发生。



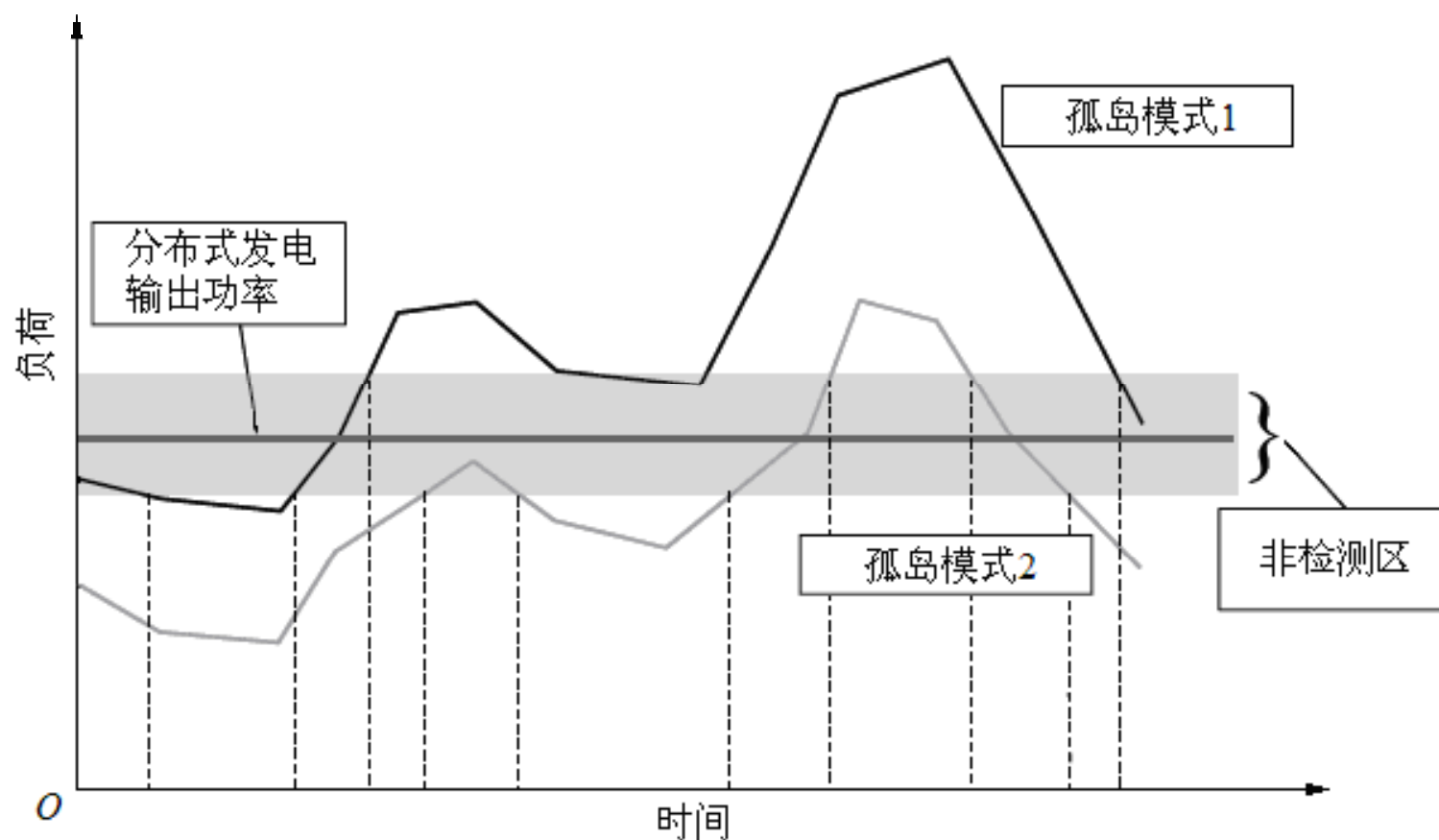
- 本地检测方法取决于分布式发电系统一侧电压和电流信号，如果检测到的信号超过一定阈值，则可检测孤岛运行状态。
- 本地检测方法也可分为两种类型：
 - ✓ 无源的检测方法：该方法主要是基于所测量的电压和电流信号在孤岛发生后的参数变化是否超过给定的阈值来判断孤岛是否产生。
 - ✓ 有源检测方法：该方法对系统加入扰动信号，然后根据检测到的系统响应来判断孤岛是否发生。

4.1.3 非检测区和孤岛危害分析

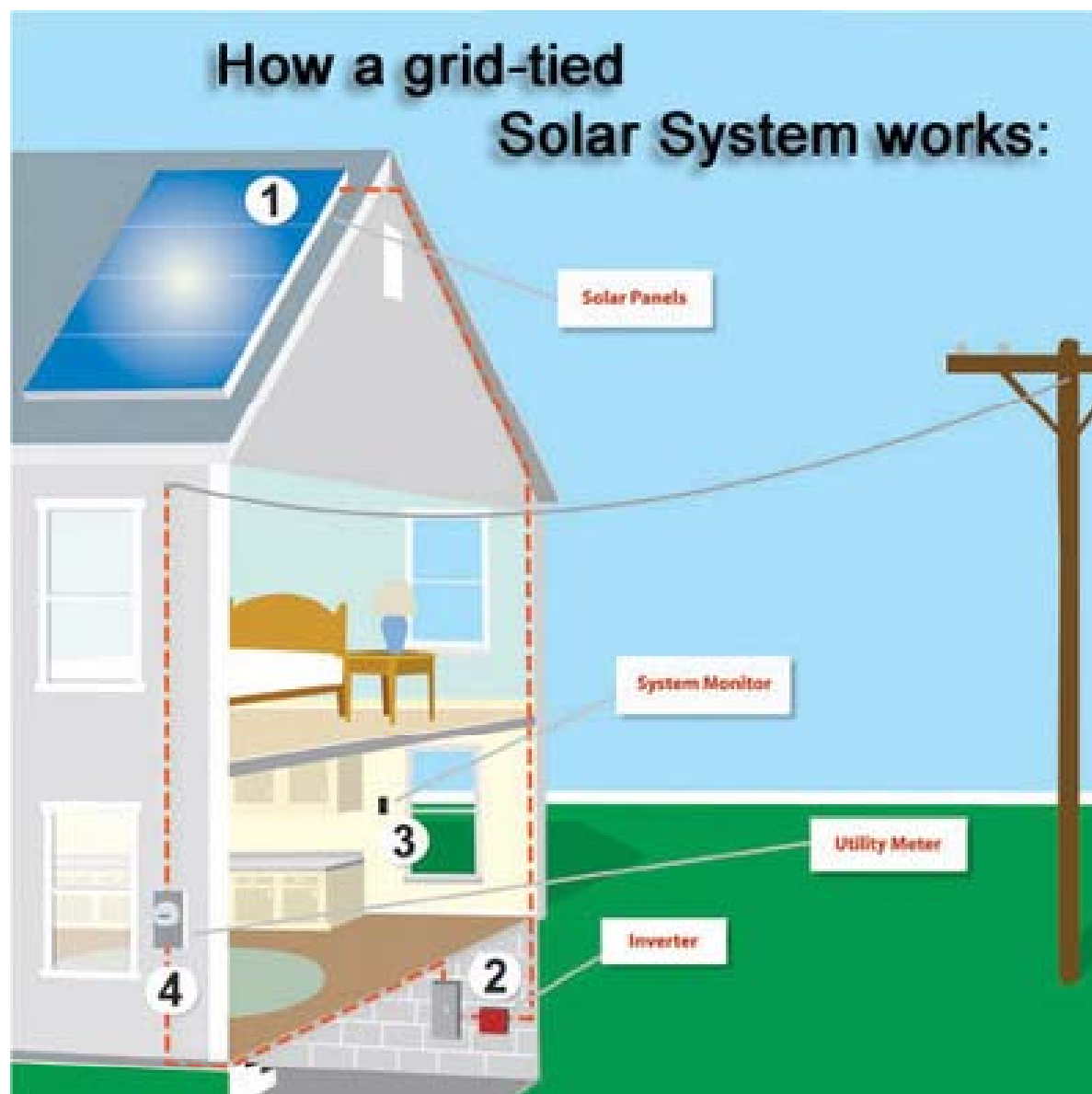
- 上述所有孤岛检测方法都存在某些局限性，如：**投资费用高**；**需要**分布式发电系统和电力系统之间的**相互配合**；**误动作**；在某些情况下可能**存在非检测**区以及对电力系统供电质量、电压和频率稳定性的影响等。
- 本地检测方法的主要缺点是存在非检测区(**Non-Detection Zone, NDZ**)，某些方法的**NDZ**很小，可以忽略，但其他方法的**NDZ**可能非常大。
- **基于频率的孤岛检测**方法常用于同步发电机中，下面采用此方法来说明**NDZ**的大小造成的影响。

- ✓ 基于频率的反孤岛方法通过测量本地频率的变化来判断孤岛是否发生。
- ✓ 在孤岛系统中，母线频率随着负荷与发电机的功率是否匹配而变化，发电机输出功率过大将使频率增高，反之，将使频率降低。
- ✓ 如果在孤岛中存在较大的功率失衡，基于频率的孤岛检测方法可快速地检测到孤岛的发生；
- ✓ 如果功率失衡较小，则需要较长的时间检测到孤岛。
- ✓ 在最坏的情况下，即孤岛系统中发电机和负荷的功率非常接近时，此方法可能在允许的时间内检测不到孤岛状态。
- ✓ 孤岛中发电机和负荷功率的失配决定了NDZ。

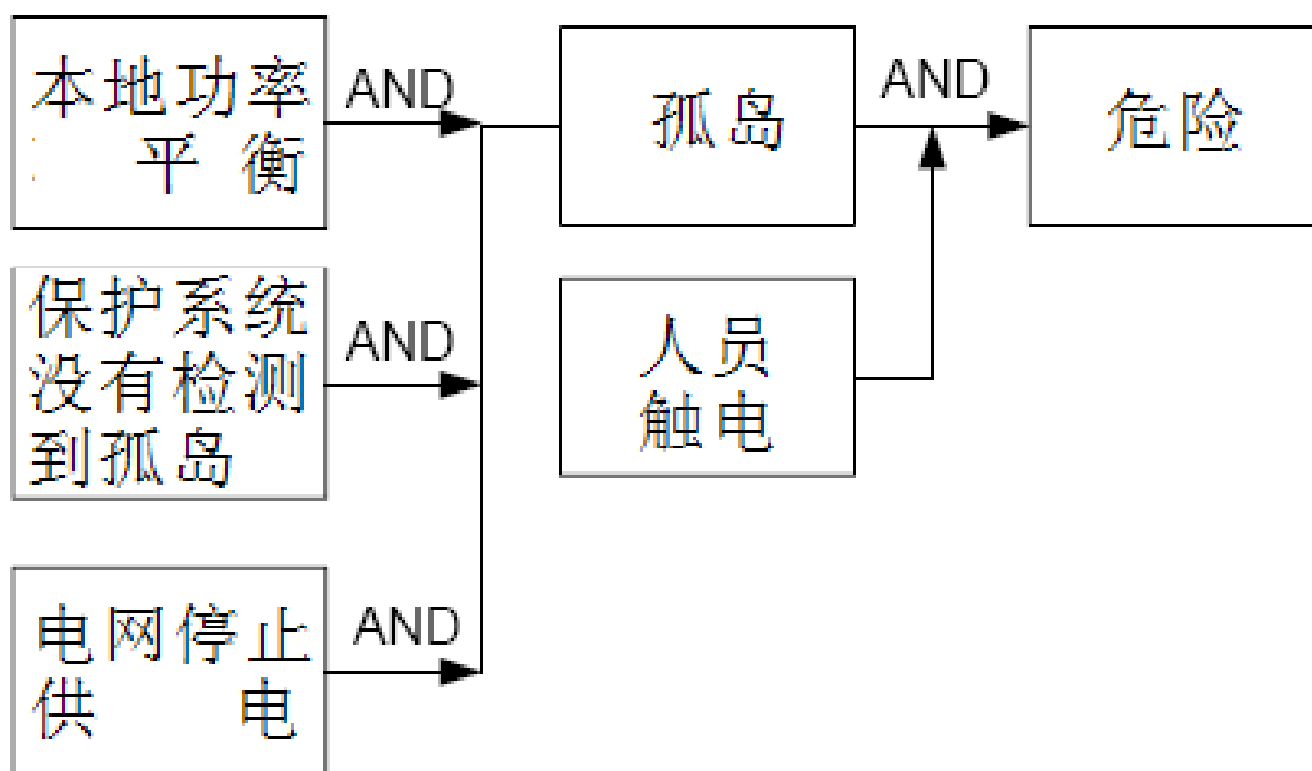
- 孤岛中显著地影响能量失配程度的因素有两个：**第一个**因素是线路**日负荷曲线**的变化。依据运行特征的不同，线路负荷会在平均日负荷的上下有 $\pm 20\%$ 波动；**第二个**因素是分布式发电系统中可能**形成不同的孤岛**，每个孤岛的负荷大小都不相同。



- 基于逆变器的分布式发电系统，其孤岛形成的可能与孤岛的形成本相关的危险比基于同步发电机的分布式发电系统的要小。



➤ 与孤岛相关的人员安全危害故障树

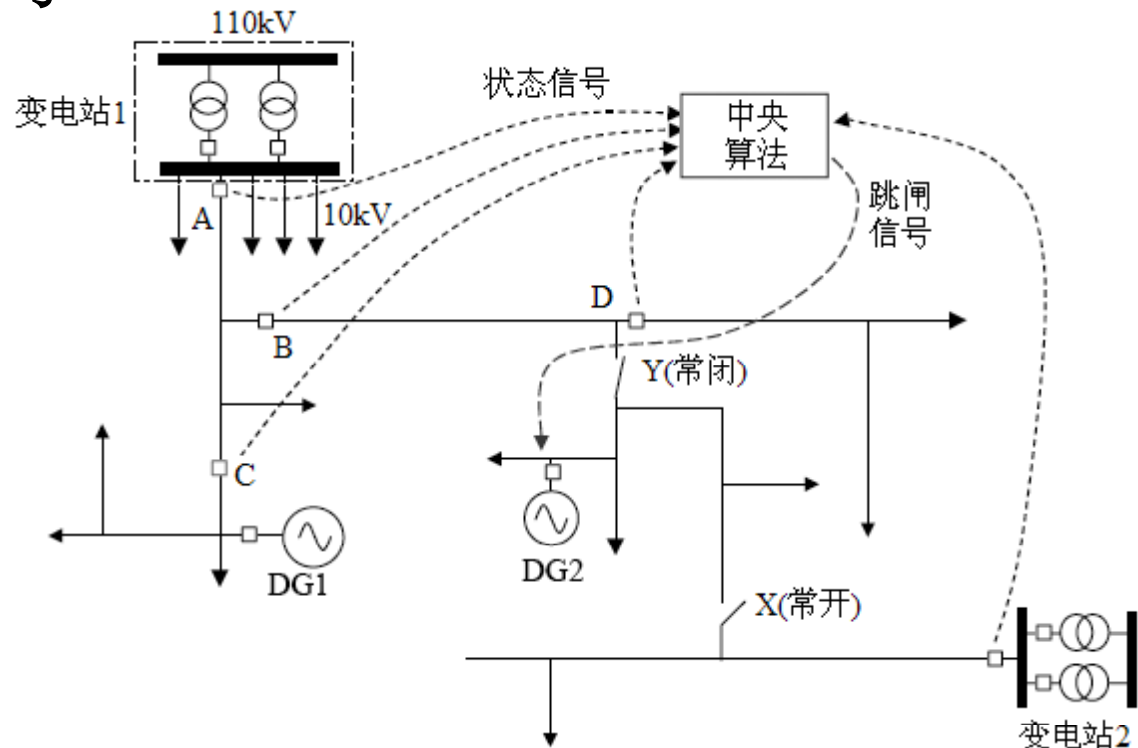


4.2 远程孤岛检测

- 在孤岛形成后，远程孤岛检测方法是依靠无线电通信来进行报警和使分布式发电系统跳闸，它们的性能通常与分布式发电机的类型无关。

4.2.1 传输断路器跳闸信号

重合闸的状态，当一个开关操作产生了到变电站的断路时，**中央算法可确定孤岛的范围**，然后给分布式发电机的断路器发出跳闸信号。

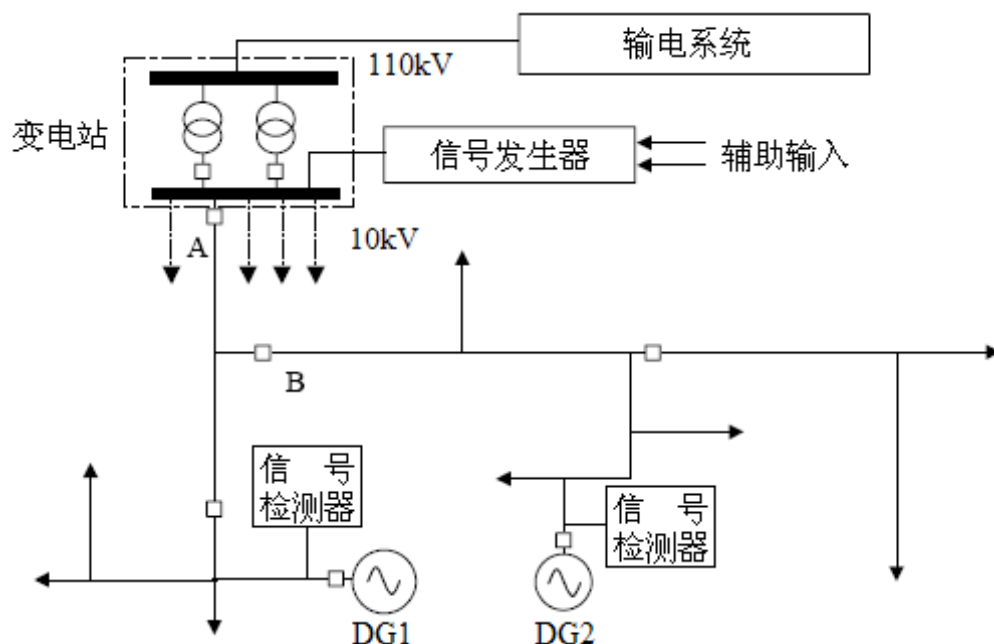


- 如果系统中有很多自动重合闸并且配电线路的拓扑结构发生变化，则传输断路器跳闸信号的孤岛检测方法将很复杂。
- 传输断路器跳闸信号的孤岛检测方法需要大量的通信支持。
- 该方法最大的缺点是费用较高以及潜在的复杂性。



4.2.2 电力线路载波通信

➤ 电力线路载波通信的孤岛检测采用输电线传输信号。



➤ 该方法**主要优点**是只采用一个信号发生器，而且信号接收器**只是检测信号的连续性**，因此非常**可靠**。另外不必考虑配电网络的拓扑结构的变化，因此很容易实现。

➤ 该方法有**两个主要缺点**：第一个是信号发生器的**费用**，这是一个中压装置，需要有一个降压变压器来连接并且必须安装在变电站中。第二个缺点是信号发生器发出的孤岛检测信号有可能**干扰**其他电力线路载波通信设备的信号。

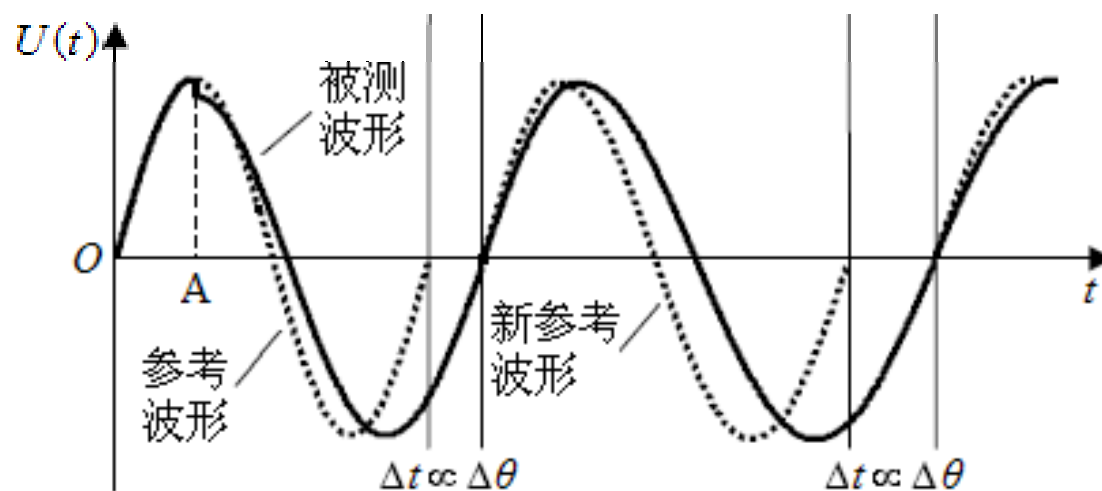
4.3 分布式同步发电机孤岛的本地检测

4.3.1 基于频率的无源孤岛检测方法

1) 工作原理

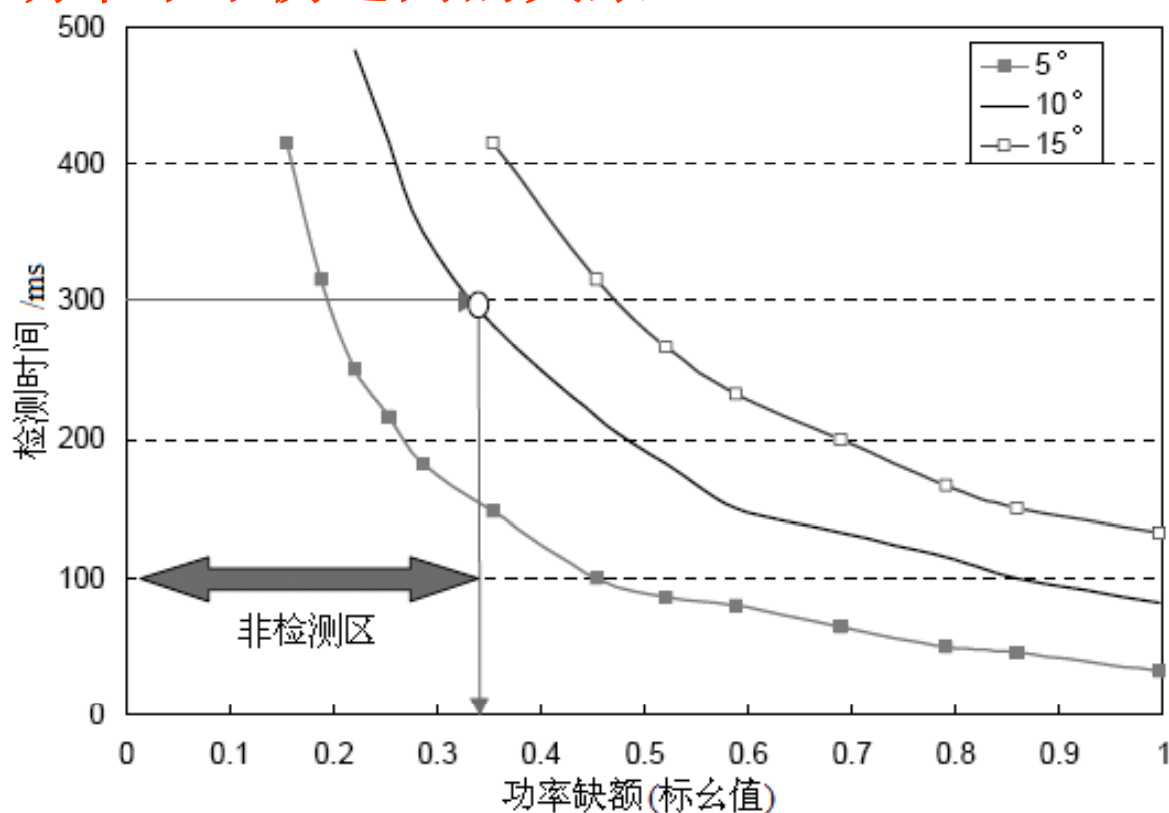
- 有三种基于频率的继电器可用于检测分布式发电系统的孤岛，分别为**频率继电器(OFR/UFR)**、**频率变化率继电器**和**相位突变继电器**。
- ✓ **频率继电器**测量分布式发电**机端电压波形频率**，根据测量的频率是否高于或低于频率阈值来判断孤岛是否形成。
- ✓ **频率变化率继电器**测量发电设备的**频率变化速率**。当测量的频率变化速率超过设定阈值时停止分布式发电机向系统供电。

- ✓ 相位突变继电器检测发电机端电压波形与参考电压波形之间的相位角偏移。

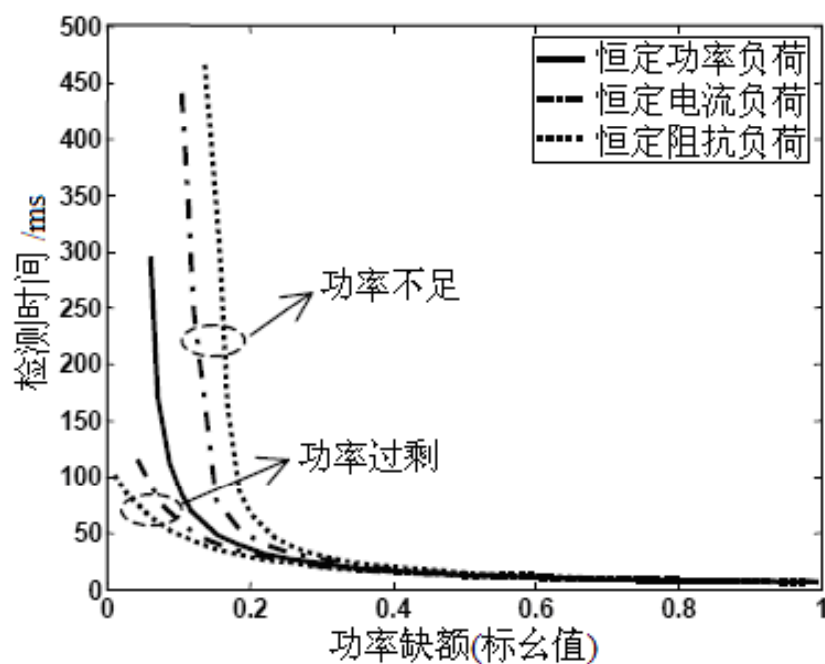


2.)性能特点

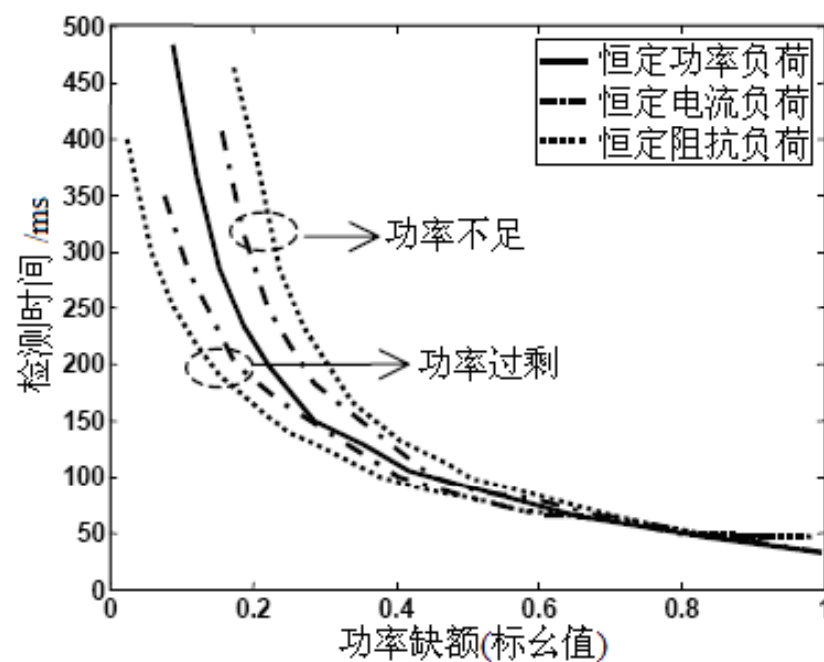
- 当在孤岛中存在**较大的功率不平衡**时，将引起孤岛中频率的快速变化，从而减小了检测孤岛的时间。
- 评价基于**频率**的反孤岛继电器性能的方法是掌握**跳闸(或检测)时间和功率不平衡之间的关系**。



- 对于基于频率的继电器孤岛检测方法，影响其性能的方面主要有分布式发电机的惯性、母线上随电压和频率变化的负荷以及同步发电机的励磁控制。

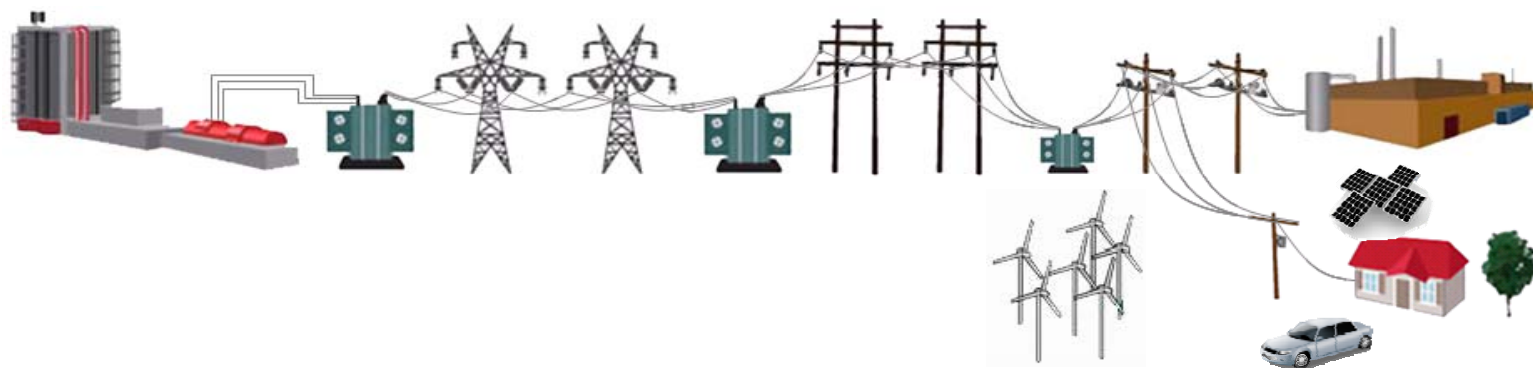


频率变化率继电器(整定值: 1.2Hz/s)



相位突变继电器(整定值: 10°)

- 如果孤岛中有**多个分布式发电机**，基于频率的继电器可能相互**干扰**。
- 基于频率的继电器的**最大缺点是非检测区大**，如果孤岛中的负荷功率缺额低于**10%~30%**，继电器就不能提供有效的反孤岛保护。



4.3.2 其他无源孤岛检测方法

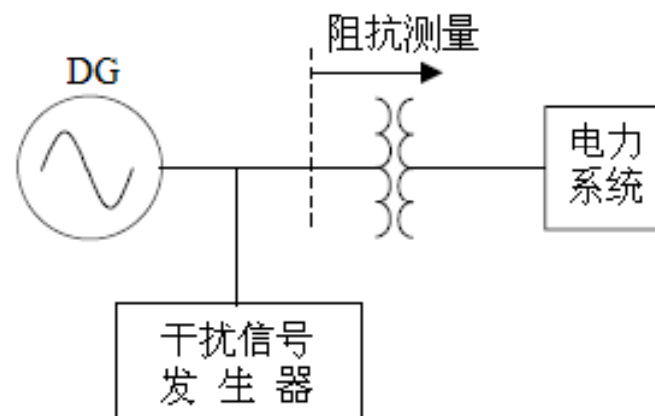
- 系统中过剩无功功率将使系统电压升高，无功不足将使电压下降。通过**电压变化或变化率**，就有可能检测到孤岛状态。
 - ✓ 孤岛中，**电压变化比频率变化快**很多，因为电压变化和机械惯量无关，所以电压继电器能够迅速动作。
- **有功功率输出变化**：这种方法监测分布式发电机输出的有功功率，由于有功功率变化直接导致系统频率变化，因此该方法的性能和基于频率的继电器相似。
- **无功功率输出的变化**：该方法监视分布式发电机输出无功功率的变化，它的性能可能比电压继电器的好，这是因为在分布式发电低渗透的配电网中，要得到可探测的电压的变化，系统中无功功率变化必须很大。
- **功率因数(P/Q)和(df/dP)**：发电机的有功功率和无功功率的变化都将影响功率因数。

4.2.3 有源孤岛检测方法

- 有源孤岛检测方法是将**干扰信号注入到供电系统**，并**测量本地系统的响应**来检测孤岛是否形成。

1)有源阻抗测量孤岛检测

- 有源阻抗测量孤岛检测是将干扰信号注入到系统中，通过测量**由干扰信号产生的响应来测量系统阻抗**。
- 如果分布式发电系统**与大电网相连**，分布式发电机端的等效系统**阻抗将很小**，反之如果分布式发电系统形成**孤岛**，则等效**阻抗将很大**。
- 该方法的突出**优点**是孤岛中的**功率不平衡大小不会影响它的性能**，主要**缺点**是系统有**多个分布式发电机**时，**注入的各扰信号之间将互相冲突**，因此很难获得相当精确的测量阻抗。另外，某些负荷的频率响应可能正好将干扰信号滤除掉，不能产生相应的电压和电流响应。

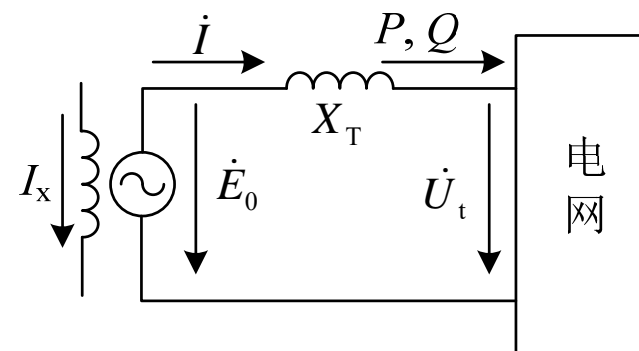


2)改变发电机端电压的孤岛检测方法

- 使分布式发电系统的自动电压调整器设置小的电压变化并且监视发电机无功功率输出值变化来检测孤岛。该方法比直接测量阻抗更实用，它的实现只需改变发电机的励磁系统。

$$P = \frac{E_0 U_t}{X_T} \sin \delta \quad Q = \frac{U_t}{X_T} (E_0 \cos \delta - U_t)$$

- 当分布式发电机并网运行时，如果感应电动势 E_0 增加，则发电机输出的无功功率将增加。
- 当分布式发电机处于孤岛状态时，由于负荷的无功功率不变，分布式发电机发出的无功功率为常数，因此随着感应电动势 E_0 的增加系统电压 U_t 将增加。



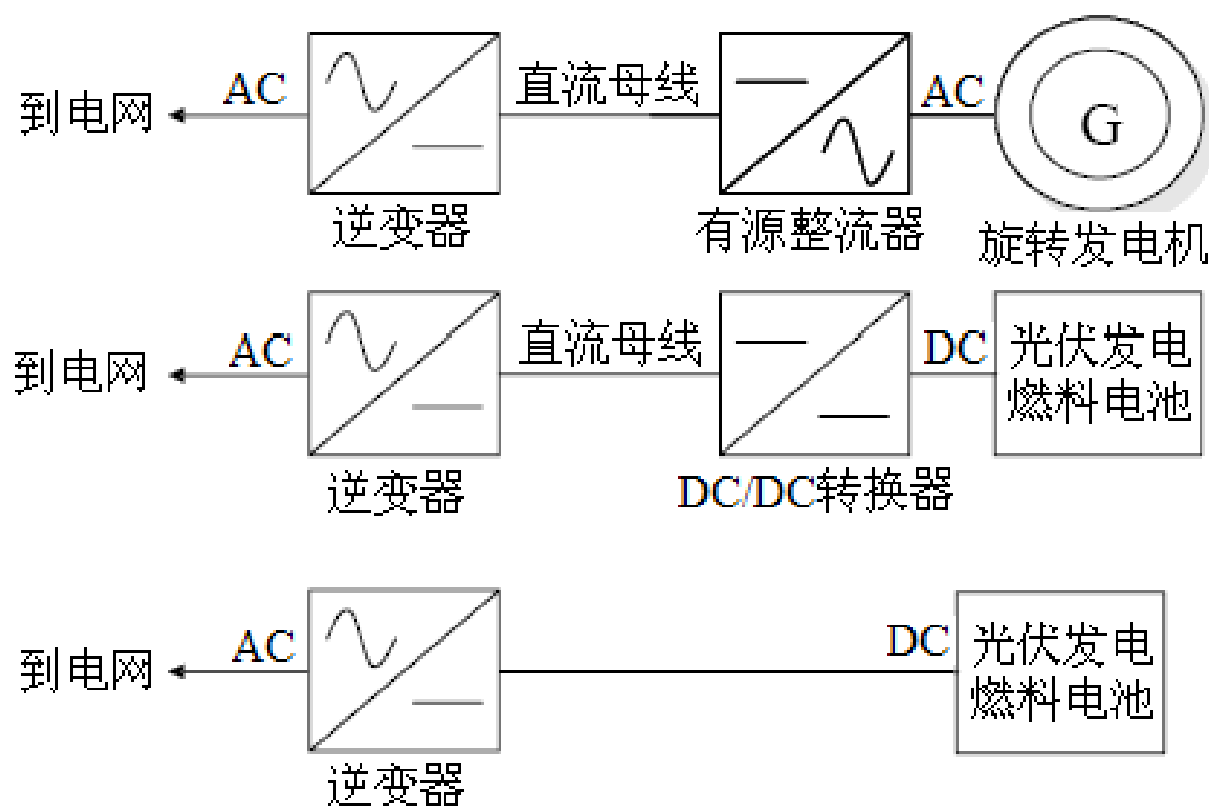
4.4 基于逆变器的本地孤岛检测方法

- 基于逆变器接口的分布式发电系统按照电力系统的标准其输出功率相对较小，为**1kW~几MW**，另外，它们通常采用不可调的能源，如**光伏电池阵列**，因此这些电源的安装费用不高，一般**不和电力系统的控制系统通信**。
- 基于逆变器接口的分布式发电系统的孤岛检测和保护方法主要采用本地检测技术而不是远程检测技术。

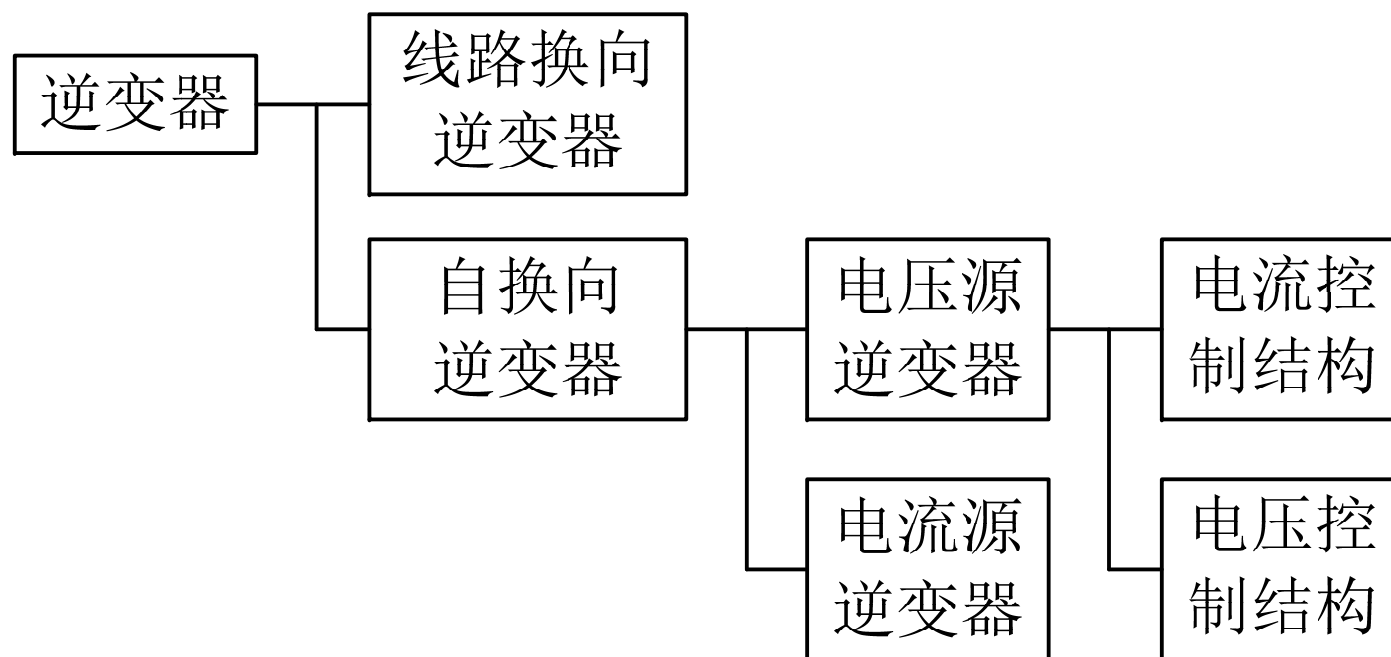


4.4.1 逆变器拓扑结构和控制结构对孤岛危害和保护技术的影响

1) 逆变器的工作原理



2) 逆变器分类



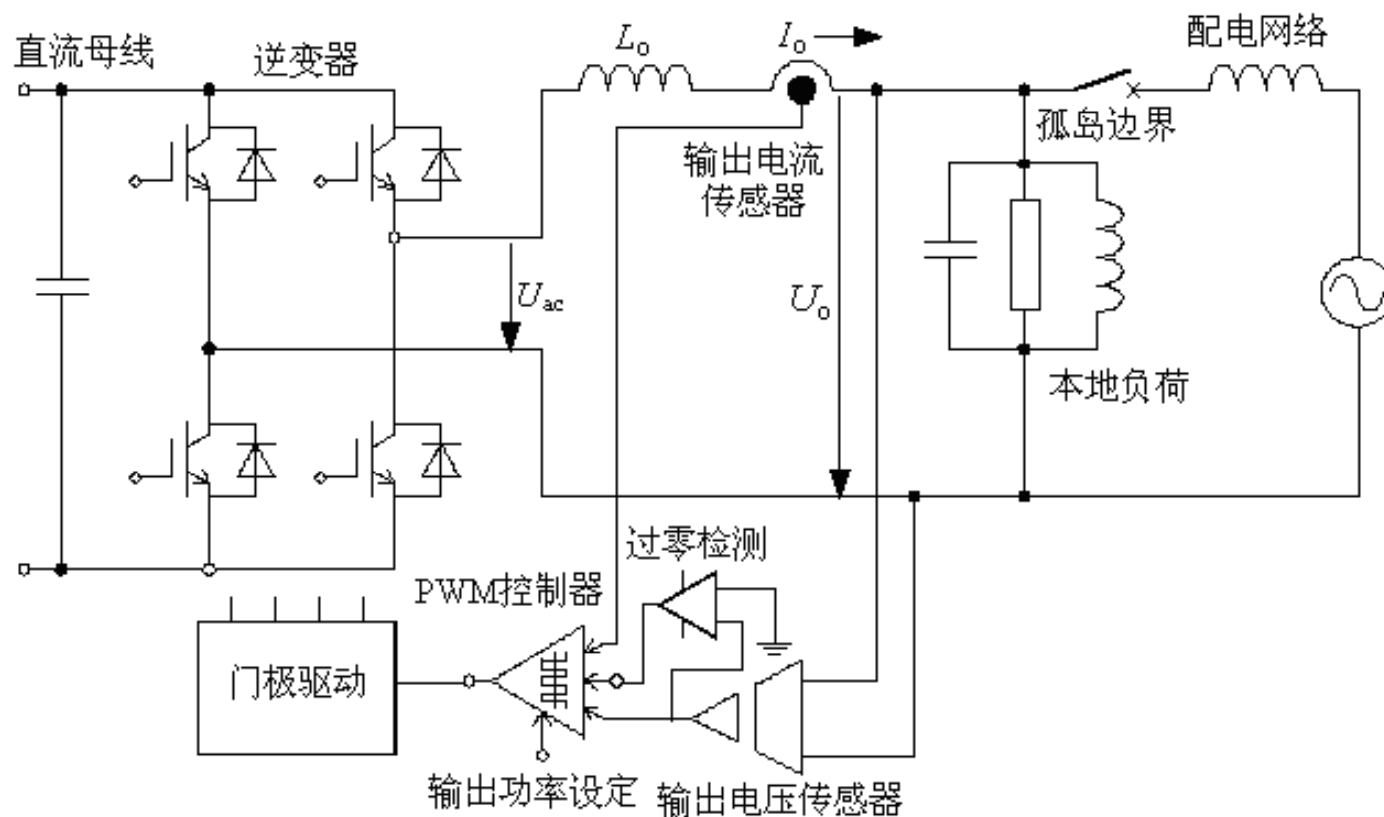
3) 线路换向逆变器

- 线路(或负荷)换向逆变器使用半导体晶闸管等开关器件，这些器件可用控制信号开通，但需要一个外部电路或电源，使电路中电流降到零来进行关闭。
- 在线路换向逆变器中，配电网作为电源来关闭开关器件。
- 线路换向逆变器能通过孤岛中外部容性电抗换向，或被孤岛中其他分布式发电机换向，因而逆变器将继续运行。

4) 自换向逆变器

- 自换向逆变器采用既能实现**导通控制**也能实现**关断控制**的开关器件，如**IGBT**和**MOSFET**。
- 根据直流输入端直流到交流的连接方式，自换向逆变器拓扑可分为电流源逆变器(CSI)和电压源逆变器(VSI)。
 - ✓ **电流源逆变器**有一个称为可控电流源的直流母线。通常直流母线采用大的**串联电感来维持母线上的电流不变**。
 - ✓ **电压源逆变器**有一个称为可控电压源的直流母线。通常直流母线使用大的**并联电容来维持直流母线的电压恒定**。
- 由于逆变器的**输出连接到恒定电压源特性的配电网**，因此对于分布式电源逆变器接口，**选择电流源拓扑结构**。将电流源直接与电压源连接比两个电压源直接连接**较易控制潮流**。
- 目前电压源逆变器接口通常比电流源接口更普遍，这是因为如**IGBT**和**MOSFET**这些开关器件更容易满足电压源逆变器的需要，也因为分布式电源更像电压源而不像电流源。

5) 逆变器控制结构



- 逆变器控制器测量端电压 U_o 和输出电流 I_o ，再加上可从内部计算或从外部电源得到的输出功率设定信号，控制逆变器的输出电流、有功和无功功率。

- ✓ 由于逆变器为达到控制目的测量输出电压和频率，因此很容易采用无源的方法检测孤岛，如检查逆变器的电压或频率是否偏移额定电压或频率来检测孤岛是否发生。
- ✓ 非检测区的大小取决于电压和频率的窗口的大小和逆变器控制器的设计。
- ✓ 电流控制拓扑结构的逆变器非检测区很小，逆变器运行在单位功率因数下，其输出电流跟随输出电压的变化，这两个因素都是不稳定的，因此即使负荷的匹配相当好，孤岛发生时将使电压或频率产生大的偏移。

4.4.2逆变器内部的孤岛检测技术

1)无源孤岛检测方法

- 逆变器内部的无源孤岛检测方法和同步发电机的本地无源检测方法相似，当孤岛形成时，该类方法监视逆变器输出端的电压参数，如电压幅值和频率等参数的变化。

(1)电压偏高/低和频率偏高/低孤岛检测

- 在并网逆变器中通常需要限制逆变器的输出电压和频率，为用户设备在逆变器电压和频率漂移时提供保护。
- 上述限制也可同时提供孤岛检测功能，因为当孤岛发生时如果逆变器的输出功率和本地负荷功率消耗不平衡，电压和频率将会产生偏移。

- 如果本地负荷和逆变器的输出功率相差不大，电压和频率的偏移不足以超过设定的逆变器的电压和频率的极限，则检测不出孤岛。
- 依据逆变器输出功率 (P, Q) 和本地负荷 ($P+\Delta P, Q+\Delta Q$) 之间的有功功率不平衡 (ΔP) 和无功功率 (ΔQ) 不平衡，非检测区的大小将随逆变器的控制策略不同而变化。

(2)电压相位突变孤岛检测(PJD)

- PJD和同步发电机分布式发电系统中孤岛检测使用的频率变化率继电器和相位突变继电器技术相似。
- 逆变器控制系统通常控制输出电流使电压和电流相位保持一个小的差别，**相位发生突变**说明配电网不再维持逆变器的端电压，它的相位角发生突变，**以便和负荷的相位角相匹配**。
- 对于电流源型逆变器，系统断开后，逆变器端**电压不再**被系统**固定**，而逆变器输出**电流是固定**的，它一直跟随逆变器内部锁相环提供的波形。由于频率没有发生变化，负载的相位必定与系统断开前相同，因此电压必须跳到新的相位。**在下一个过零点，“新”电压和逆变器输出电流之间的相位误差即可用来检测孤岛。**

(3)电压谐波变化孤岛检测

- 逆变器控制器监视逆变器端电压的总的谐波畸变(THD)，如果 THD 超过设定的阈值即关闭逆变器。
- 在正常运行时，配电网为一个低阻抗的电压源，能够维持逆变器端电压谐波畸变很低， $THD \approx 0$ 。
- 当孤岛产生时，**两个原因**使逆变器输出电压的 THD 增强。
 - ✓ 逆变器的**输出端的阻抗增大**，因为低阻抗的配电网被断开，孤岛系统中只有本地负荷，因此逆变器输出电流的电流谐波将使端电压的电压谐波增大。
 - ✓ 孤岛中的**非线性负荷**，尤其是配电变压器，将通过逆变器的输出电流励磁，非线性负荷的电压响应在励磁电流的作用下出现高度失真。

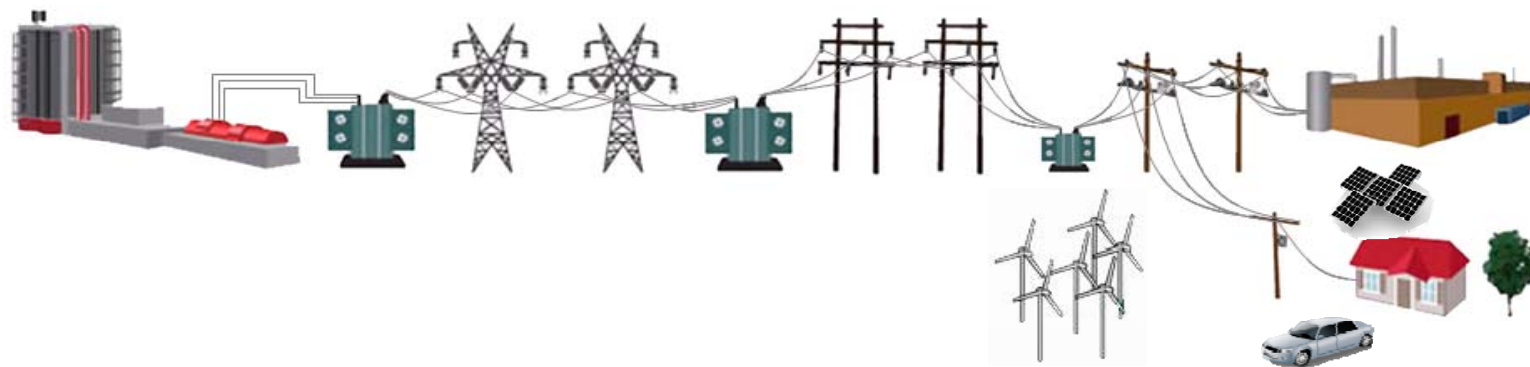
- 从理论上说，电压谐波检测法在很宽范围内都能成功的检测到孤岛，而且在多台逆变器情况下其效果并没有很大改变。
- 电压谐波变化孤岛检测与电压相位突变孤岛检测具体实现时面临同样的困难，通常不易选择能保证可靠的孤岛检测的动作阈值，而不引起逆变器误动作。...实际上

另外

- 如果孤岛中的负载具有很强的低通特性，这种方法会失效，例如负载具有很高的品质因数时，负载的滤波作用将使 THD 减小。
- 当发电机端的负荷分流无功电流或者逆变器具有高质量、低失真输出时，该方法也可能失效。

2) 有源孤岛检测方法

- 逆变器内部有源孤岛检测方法采用逆变器能够调整其输出电流、电压或频率的能力扰动负荷，然后监视其响应来探测具有稳定的电压、频率和低阻抗的配电网是否断开。



(1) 阻抗测量孤岛检测方法

- 阻抗测量孤岛检测通过探测当低阻抗配电网断开后，逆变器输出电路阻抗的变化来判断孤岛是否产生。

$$i_o = I_o \sin(\omega_o t + \varphi_o) \quad \text{—电流源时}$$

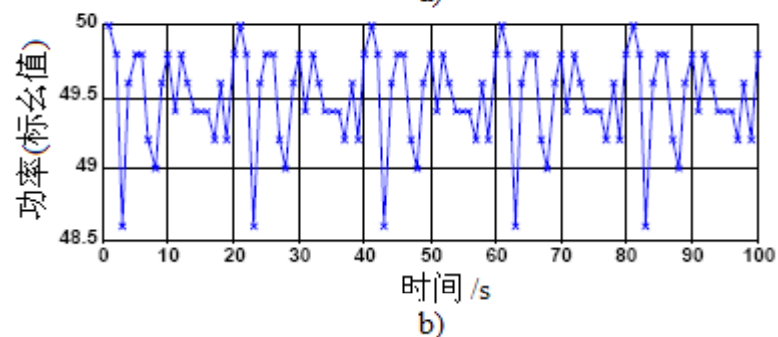
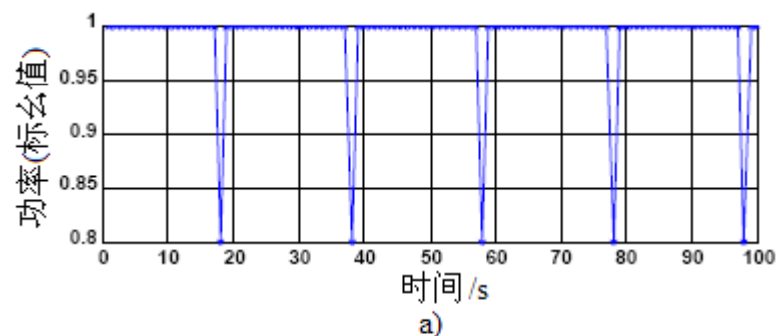
- 当逆变器与配电网并网运行时，由于电流幅值波动即功率变化引起的电压波动大小与系统额定阻抗和功率有关。

$$\Delta U = \frac{\Delta P}{2} \sqrt{\frac{R}{P}}$$

- 如果配电网与逆变器断开，电流幅值的变化将引起可检测到的逆变器端电压幅值的变化，从而可检测到孤岛的发生。
- 实际上，逆变器测量的是 du/di_o ，因此这种方法通常称为阻抗测量法。

➤ 阻抗测量孤岛检测方法最主要的优点是对于只有一个逆变器的孤岛，若本地阻抗大于配电网阻抗，在理论上则具有非常小的非检测区。

➤ 该方法最突出的缺点是在多逆变器情况下孤岛检测的效率将降低，即使孤岛中所有的逆变器的阻抗测量法也会降低检测效率，除非所有逆变器输出的扰动信号都同步。



- 即使对于非常大的电网，系统等效电压源的阻抗也不为零，因此，必须设定逆变器动作的阈值，如果低于该阈值则认为逆变器仍然与配电网连接。因此该方法也存在非检测区，如果本地负荷的阻抗低于动作阈值，阻抗测量法不会认为所测量得到的阻抗是本地负荷的阻抗，从而允许孤岛继续存在。

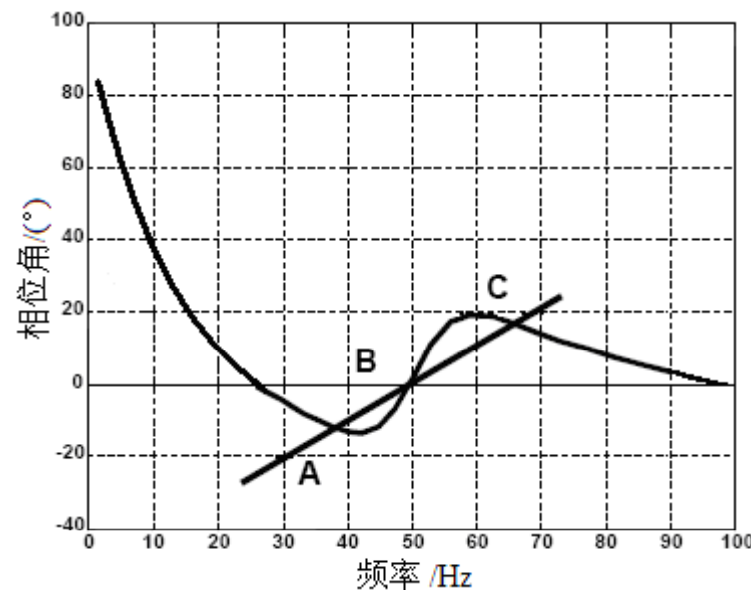


(2)特定频率下阻抗测量孤岛检测方法

- 该方法是谐波检测方法的一个特例，之所以被认为是有源的而不是无源的是因为它通过逆变器人为地注入特定频率的电流谐波。当孤岛发生后，注入的谐波电流将在负载上产生谐波电压，只要该谐波电压足够大，则可检测到孤岛。
- 该方法与无源的电压谐波变化检测法具有同样缺点。
- 多台逆变器注入相同的谐波可能产生误动作，因为即使与低阻抗网络相连，谐波电压幅值也将增加很大。
- 负载具有的频率特性有可能正好滤除掉引入的电流谐波信号而使该方法失效。

(3)滑模频率漂移孤岛检测方法(SMS)

- SMS对逆变器输出电压的相角引入正反馈。
- 逆变器相角响应曲线设计成在系统频率附近范围内，单位功率因数时逆变器相角比 RLC 负载增加得快，使工频成为逆变器运行的不稳定工作点。
- 当逆变器与配电网并列运行时，配电网通过提供固定的参考相角和频率，使逆变器工作点稳定在工频。
- 当孤岛形成后，负载和逆变器的相位-频率工作点必须是负载线和相位响应曲线的交点。



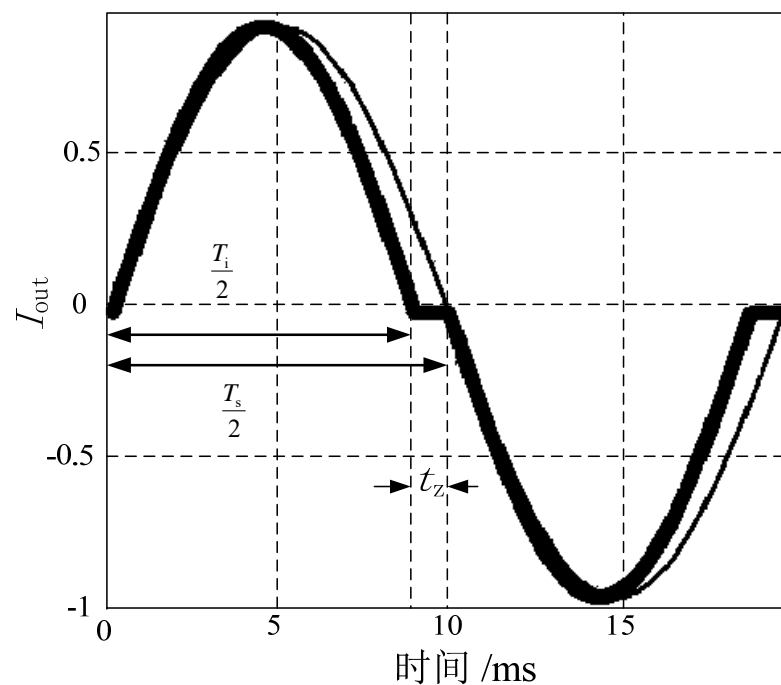
(4)有源频率偏移孤岛检测方法(AFD)

➤ 在这种方法中，逆变器的输出电流波形有少量畸变，使得其频率具有连续变化的趋势。当逆变器与配电网**并列**运行时，系统**频率不可能改变**。当逆变器与配电网**断开**后，逆变器输出电压的**频率将被迫上升或下降**，增大了孤岛系统为寻求与负荷频率谐振产生的自然频率偏移。

➤ t_z 与 $T_s/2$ 的比被称为斩波系数 c_f 。

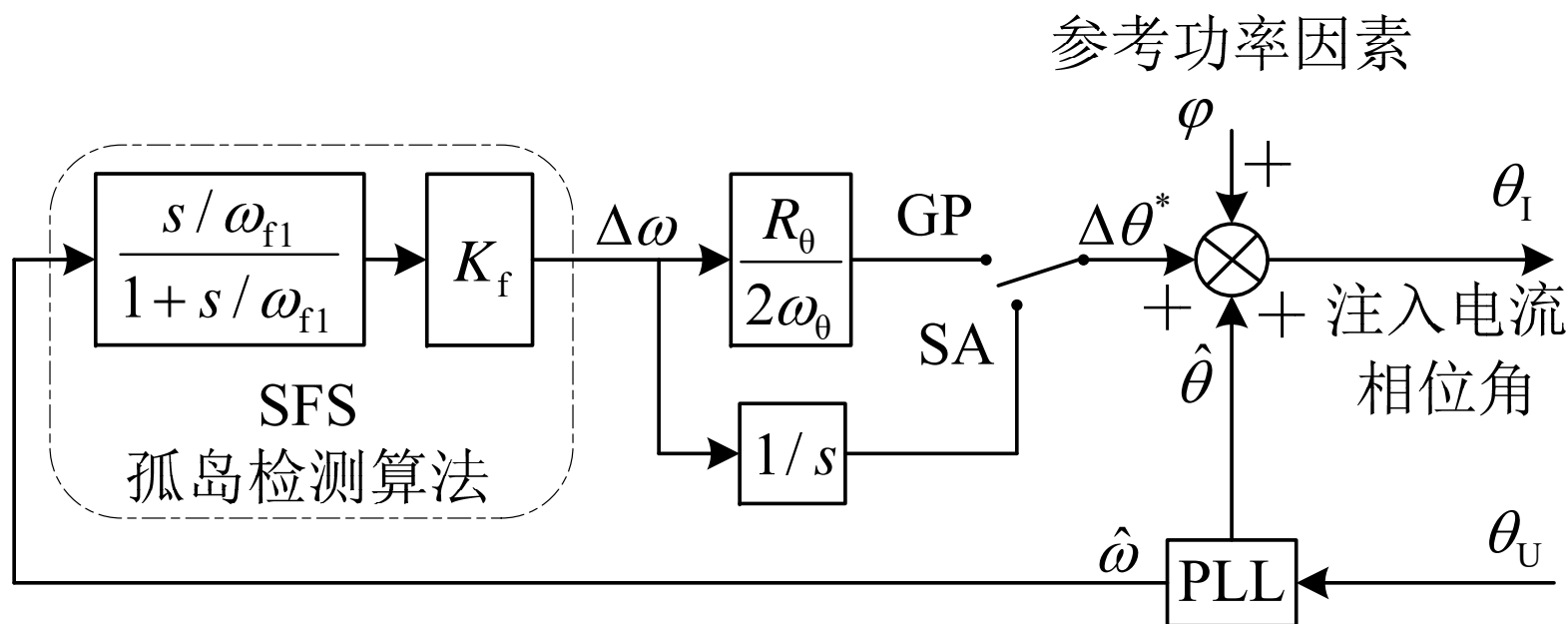
$$c_f = 2t_z / T_s$$

- 孤岛时，若将此电流加到阻性负载，其电压响应会跟随这种失真电流波形并且在比纯正弦激励更短时间内($T_s - t_z$)达到零，引起输出电压上升过零点比预期早，引起输出电压和电流之间的相位误差，逆变器为消除相位误差增加输出电流频率。

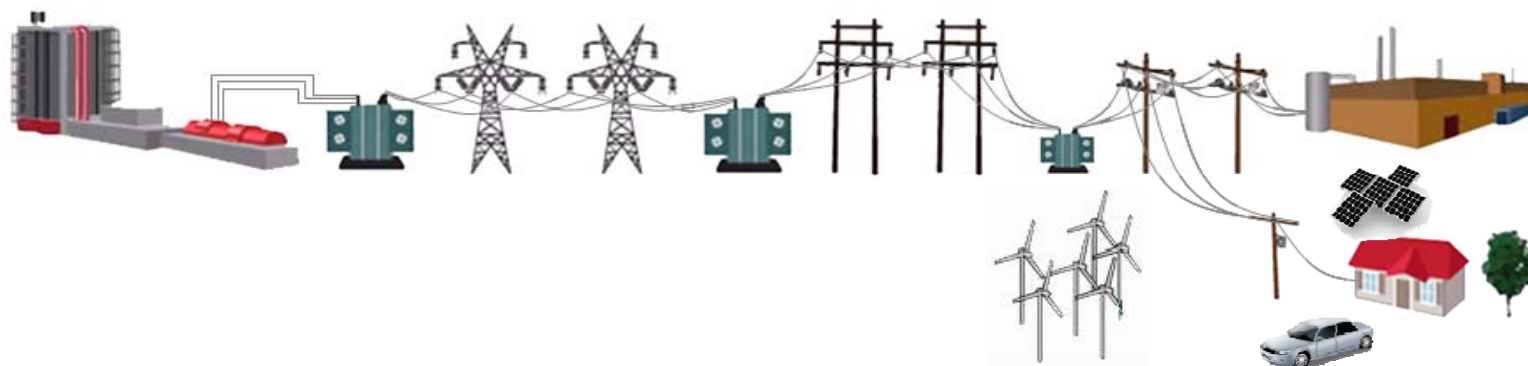


(5)沙迪亚频率漂移孤岛检测方法(SFS)

- 沙迪亚频率漂移孤岛检测方法是频率偏移方法的扩展，是美国沙迪亚国家实验室的研究人员提出的利用正反馈来防止孤岛的一种方法。该方法对逆变器输出电压频率应用正反馈。

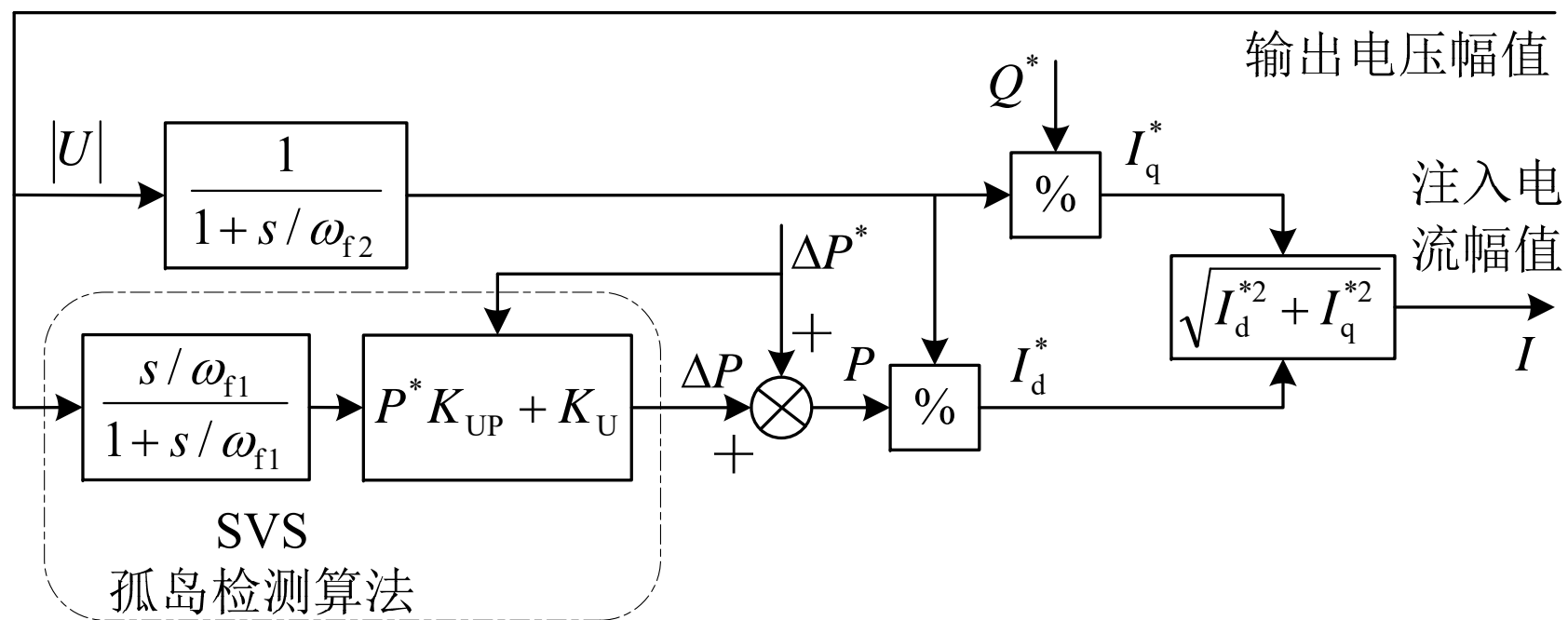


- 当逆变器与配电网相连时，SFS会使逆变器输出电能质量有轻微下降。与一个弱的电网连接时，逆变器电能输出的不稳定性可能产生系统不期望的暂态响应。
- 对于有大电容、小电感和(或)高电阻的负载，即具有高 Q 值的负载，SFS同样具有非检测区。

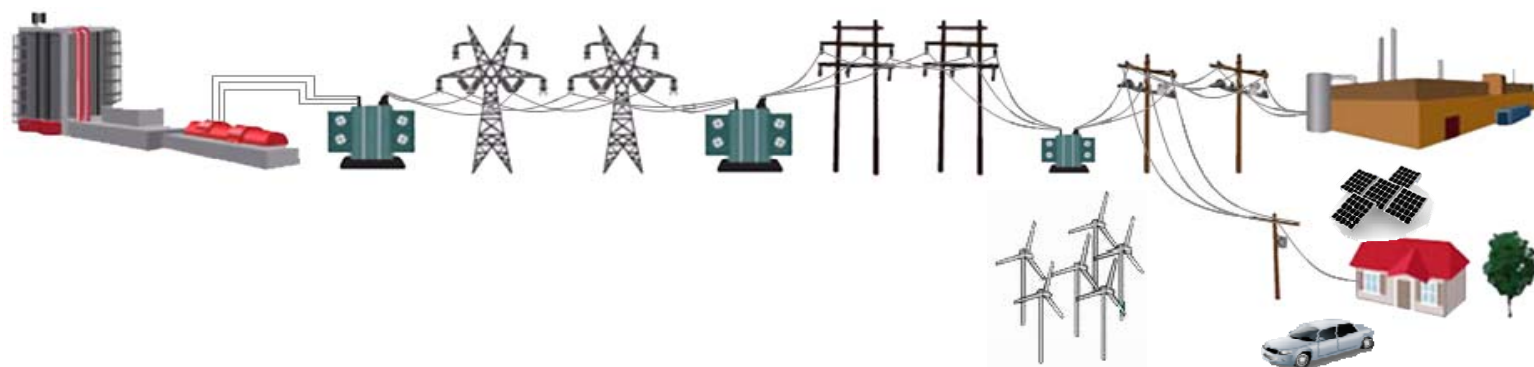


(6)沙迪亚电压漂移孤岛检测方法(SVS)

- 沙迪亚电压漂移孤岛检测方法对逆变器输出电压的幅值变化引入正反馈。



- 输入信号为逆变器输出电压的幅值，系统产生的电压误差将使参考功率 P^* 移动，使得逆变器的输出电压进一步远离正常运行范围。
- SVS孤岛检测算法的反馈环中，增益不是常数，而是参考功率的函数，这样可减小SVS算法对参考功率设定的依靠。
- SVS的主要缺点是它需要降低输出电能的质量，并将引起系统的暂态响应。



(7)频率跳变孤岛检测方法(FJ)

- 频率跳变孤岛检测方法是对AFD的修改，在概念上与阻抗测量法类似。在FJ中，每隔几个周期，在输出电流波形中加入死区。因此逆变器输出信号频率按照预先设置的模式振动。
- 当逆变器与配电网断开连接时，FJ既可以通过使频率偏离设定的范围来检测孤岛，也可以通过检测逆变器输出电压频率的振动模式是否与设定的振动模式相匹配来检测孤岛。
- 如果引入的电流振动模式足够精密，在单台逆变器孤岛中，FJ可有效地检测到孤岛。
- FJ最主要的缺点像阻抗测量和有源频率偏移方法一样，除非频率振动同步，否则多逆变器情况下检测效率会降低。

- 为了减少分布式发电系统与大电网相互连接的障碍，需要有评价孤岛检测技术性能的公共标准和校验孤岛检测方法性能的测试方法。
- 孤岛检测的性能标准通常要求分布式发电系统**孤岛形成后必须在规定时间内检测出来**并将分布式电源与孤岛中的负荷**断开**，只有在电网和孤岛中的负荷重新连接上以后才能将分布式发电设备重新并网。
 - ✓ 应考虑制定的测试方法能够应用于所有可能的应用模式和各种类型的孤岛；
 - ✓ 制定的测试方法应具有可重复的测试程序，从而限制测试时间和费用。

- 电气电子工程师协会(IEEE)在北美的孤岛检测方法的性能和测试标准的发展方面上占据了领先地位。IEEE制定的标准，IEEE Std. 929 - 2000和IEEE Std 1547 - 2003，已经被很多电力公司作为分布式发电系统互连标准和在北美使用的并网逆变器的设备安全标准。
- 国际电工委员会的孤岛测试方法需要一个交流电源来模拟电网(或者直接使用电网)，以及一个当切断电网电源而产生孤岛时仍然和逆变器连接的测试负荷。该测试方法要求逆变器输出的有功功率和无功功率与测试负荷的功率匹配，这样线路上的电流就不会流入或流出先前已经断开的电网。

- IEC一般认为一个调整到工频谐振的并联 RLC 负荷可代表孤岛负荷最坏的情形，且认为其他负荷要么不太可能产生不可检测到的孤岛(像变压器和非线性负荷)，要么它们可由高品质因数的 RLC 负荷等效。

