

快速关断开关的发展

随着光伏电站的普及，越来越多的光伏电站应急人员和消防人员意识到光伏系统存在安全隐患。一般交流电路发生故障后，有充分的保护设备将故障点与电源切断，保证故障不会一直存在。光伏电站大部分电路是 600~1000V（有些甚至高达 1500V）的直流电路。实际电站中，接头没有拧紧导致接触不良、接触件质量问题、绝缘老化、绝缘受潮等问题都会产生直流电弧。直流侧发生故障后光伏组件一直产生电能。直流电流没有过零点，因此，触发部位的故障电流会持续存在很长时间从而进一步引起火灾。

另一方面，只要有光照组件就会发电，当光伏系统火灾发生后，600V~1000V 的高压直流电对消防人员的人身安全造成威胁，阻碍火灾施救。



图 1 2018 年 4 月南通一光伏电站起火

2014 NEC 690.12 的诞生

为了能关闭光伏系统以免应急人员收到触电伤害，开断直流隔离开关似乎是一种简单且合乎逻辑的方案。但实际上断开直流隔离开关并不能减少光伏系统的触电危险。因为在直流隔离开关的两侧都带有电压，其中光伏阵列侧在白天有 600-1000V 的直流电压，而开关的另一侧通常与带有大输入电容器的逆变器相连，电容器和光伏阵列可以在隔离开关断开后的很长时间里产生高电压（电流已经开断）。

无论消防机构是否理解这种错误的安全感，很多消防机构仍然要求使用直流隔离开关来保障消防人员的安全。为此，制定了 2014NEC 690.12 的相关要求来保证建筑物内或建筑物上的光伏系统安全，主要要求为：

- 1， 在建筑物外，光伏阵列的边界为光伏阵列边缘 10 英尺。
- 2， 关断后 10 秒内，光伏阵列边界外或建筑物内超过 5 英尺的导体电压降到 30V 以下。

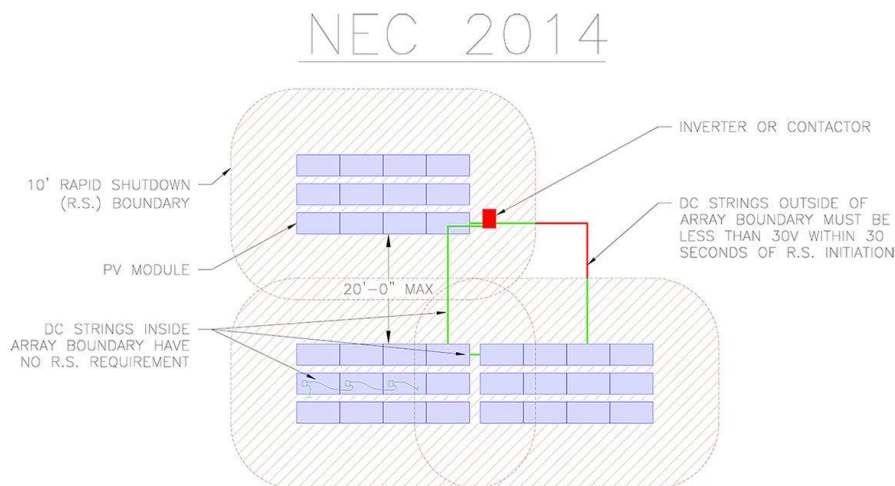


图 2 NEC 2014 要求示意图

这意味着未安装在建筑物内或建筑物上的光伏系统或附属系统不需要遵循 2014 NEC 的相关要求。而如果光伏系统需要进入建筑物内，则需要进入点的 5 英尺内有某种可以远程激活的开关（或者在建筑物外更靠近光伏阵列的地方）。在逆变器侧，如果逆变器不可以在内部将电路电压降到 30V 或 10 秒内将电容器隔离，则需要在逆变器接口的 5 英寸内安装另一个快速关断开关。

代商务广场 30 层

58 Qinglonggang Rd. Tiancheng Times Business Plaza 30F, Suzhou, 215133, Jiangsu, P.R.C

要激活组串级快速关断，虽然需要远程控制的功能，但并不需要特定的远程控制开关，只要消防人员关闭市电后，组串级快速关断激活即可。

在混合并网系统中，储能设备的引入让该系统更加复杂。由于储能设备一般是作为市电断开时的备用电源。所以如果当市电断开时，快速关断切断储能电源则会破坏储能设备的功能。因此，这些基于储能设备的系统需要独立于市电交流电源关闭的启动器。如果从储能设备到逆变器的电缆小于 5 英尺，则不需要在逆变器和储能设备之间增加快速关断。而如果因为这种情况（因电缆小于 5 英尺，没有在储能设备和储能设备之间增加快速关断），则可以远程控制的交流开关需要安装在逆变器的交流输出侧。而如果储能设备与逆变器之间电缆大于 5 英尺，则需在两者之间离储能设备小于 5 英尺的地方增加快速关断，而逆变器的输出电路上不再需要快速关断开关，因为一旦直流输入切断，逆变器会自动关闭所有交流输出。同样的道理如果逆变器在建筑物外，而又距离光伏阵列不足 10 英尺，则不需要在逆变器和光伏阵列之间增加快速关断。

不仅仅是美国市场，意大利、德国、澳大利亚、日本等市场通过不同的方式也推出了保护应急人员和消防人员的规定。

2017 NEC 690.12 的更替

通过 2014 NEC 的规定，美国光伏系统的安全性大大增强了，很多其他国家也迅速跟进了这一规定，保障了更多消防人员的安全。但以上规定要求过于宽松，一方面未对光伏阵列边界内的电压做出要求，在着火时，消防人员无法对光伏阵列灭火，另一方面时边界范围较大，例如有些长达 20 英尺的导体连接两个光伏阵列，而其电压并不受该法规的限制。这就促成了 2017 NEC 的诞生。

2017 NEC 相比于前一版主要在以下几个方面做了更改：

- 1, 将边界范围由原来的 10 英尺减小到 1 英尺；
- 2, 对边界内的电压也规定了系统可以在 30 秒内降到 80V 内的限制，界限外要求 30 秒内降到 30V 内；

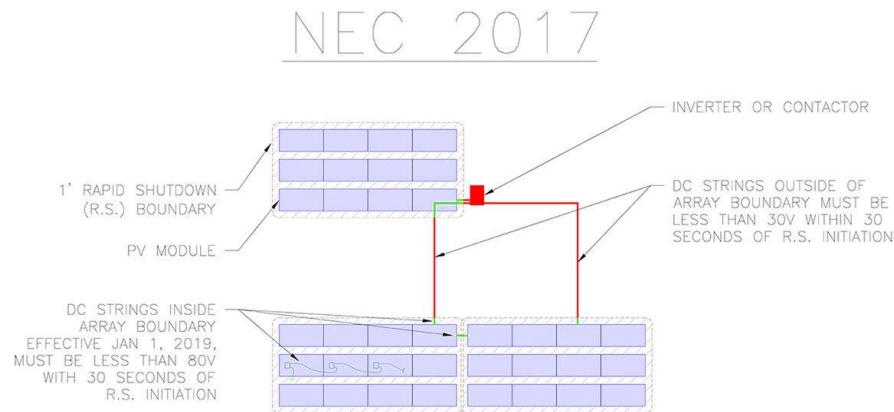


图 3 NEC 2017 要求示意图

边界范围的缩小导致以前两个列阵自由连接电缆的长度由 20 英尺减小到 2 英尺。而这并不满足很多国家对防火道宽度的要求。另一方面边界内任意两点间的电压限制到低于 80V，这远远低于光伏系统的系统电压 600V-1000V。

因此，需要有新的方法来提供更加安全的保障。目前可以采用的方法主要有两种：

- 1, 微型逆变器
- 2, 组件级的快速关断或带有快速关断功能的优化器

微型逆变器无论是安装在组件上或外挂在组件旁边，都可以提供相当于单块组件开路电压的保护（一般为 40V 左右）。微型逆变器对简单的小型系统是不错的选择，但有很多缺点要面对：

- 1, 可靠性问题：由于微型逆变器用量较大，相对于组串级逆变器发生故障的几率也成倍增加；
- 2, 效率低：单机效率在 95% 左右，而组串级逆变器的效率都在 98% 以上。
- 3, 无法对接储能设备：在有储能需求的系统中，无法采用微型逆变器方案。

组件级快速关断是一种安装在光伏组件上或附近的关断开关。每个关断开关服务于一个或多个组件，在需要时，切断组件间的连接，消除阵列中存在的直流高压。通常快速关断有一个由 AC 端供电的控制器，通过单独的或直流线控制快速关断开关。

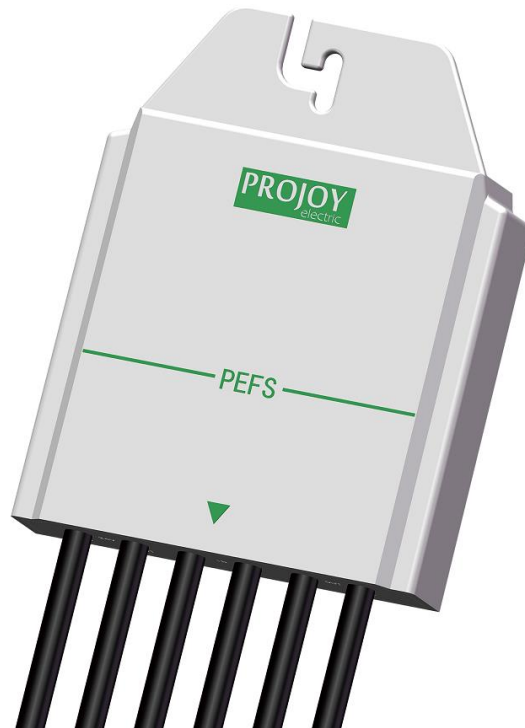


图 4 苏州普兆组件级快速关断

快速关断开关使用灵活，可以配合组串式逆变器提供保护，也就是说不存在微型逆变器无法接储能设备的情况。对已有的光伏电站，可以通过简单的串联就可以提供保护功能。苏州普兆组件级快速关断为光伏系统和消防人员的安全保驾护航。