

剩余电流保护器在光伏逆变器系统的应用研究

文/袁小琴
上海正泰智能科技有限公司

介绍了各种类型剩余电流装置(RCD)，分析了光伏逆变器的剩余电流保护标准规范，以及剩余电流检测功能在非隔离型的光伏(PV)逆变器中的作用，指出非隔离型的光伏(PV)逆变器的外部交流电路中有必要安装B型剩余电流装置(RCD)以防止接地故障。通过非隔离光伏逆变器的实际案例，为交流电路选择适当外部RCD提供参考。

逆变器作为光伏发电系统的核心装置，其性能会影响整个系统的安全和可靠运行。光伏逆变器与传统逆变器相比，具有效率高、成本低和体积小的优点。近年来，由于光伏发电系统发电成本逐步逼近火电评价的要求，在市场上获得广泛应用和快速发展，但开关管高频动作会造成光伏模块对地产生不断变化的共模电压。变化共模电压通过空气电容产生剩余电流，特别在下雨天，影响电能质量和运行安全。如果剩余电流故障保护不充分或功能不当，会对人员和财产造成危害。一些特定国家/地区的安装规范要求光伏(PV)逆变器外部的交流电路中安装B型剩余电流保护装置(RCD)，防止剩余电流故障。本文介绍各种类型的RCD，解释剩余电流检测功能在光伏逆变器中的作用，提供漏电保护器在光伏逆变器中的选型指导。

剩余电流保护器概述

剩余电流指从电气系统到地面的泄漏电流，通常是由接地故障造成的。泄漏电流可通过人体流向地面，导致人员触电、受伤或烧伤，引起过热和火灾发生。RCD用于检测泄漏电流，并在漏电电流值超过预定义限值时自动断开电路与电源的连接。剩余电流监测装置(RCMU)与RCD类似，只是它不

包含断开功能，只能激活警报。

IEC 60755:2017《剩余电流动作保护电器(RCD)》规定了三种不同类型的RCD：AC型对剩余正弦交流电(AC)敏感；A型对剩余正弦交流电(AC)或脉冲型直流电(DC)敏感；B型对剩余正弦交流电(AC)、脉冲型直流电或平滑直流电敏感，如图1所示。

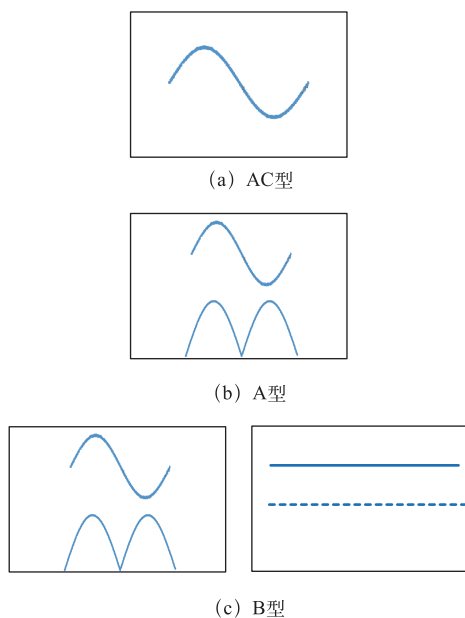


图1 三种不同类型的RCD敏感检测

只有当RCD或RCMU的类型与预期剩余电流的类型（交流、直流或混合）相匹配时才能确保其正常运行。在某些应用场景，RCD需安装在连接光伏逆变器的交流电路上，如果在无变压器非隔离逆变

器的并网光伏发电系统（见图2）中点画线框处，光伏发电系统上的接地故障因为系统交流部分的直流残余电流类型不匹配导致剩余电流保护器拒动作，从而导致人身安全事故的发生。

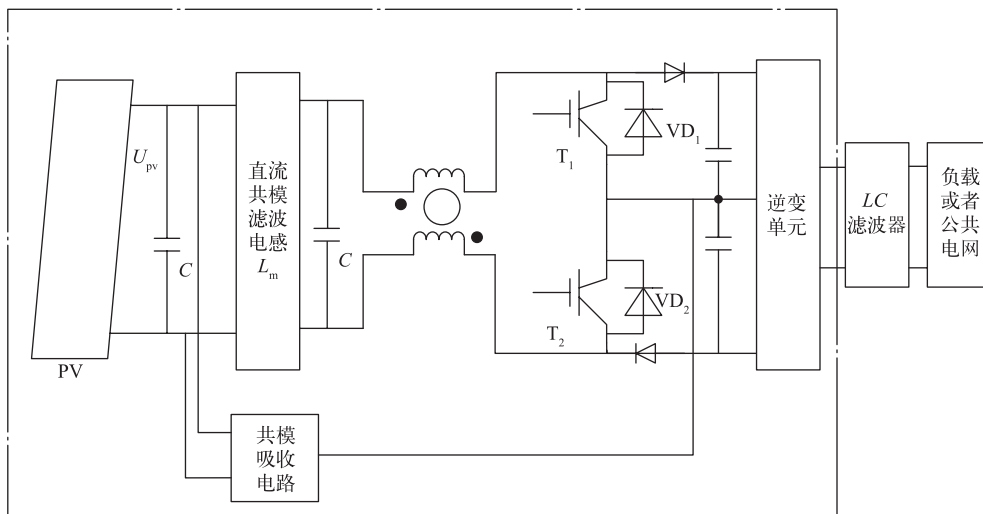


图2 无变压器非隔离逆变器并网光伏系统

可见，要在无变压器非隔离逆变器的交流电路上正确安装RCD，除了了解逆变器的特性外，还要了解逆变器本身包含的RCD或RCMU功能可以防止或警告光伏阵列中的接地故障，以及光伏剩余电流保护功能的局限性。

光伏逆变器的剩余电流保护标准

为了防止接地故障，许多法规要求光伏（PV）系统配备剩余电流检测装置，通常需要将RCDRCMU集成到光伏逆变器中。集成到非隔离并网逆变器中的RCD/RCMU需要设置一个300 mA（或更大、更高）的连续剩余电流检测器和一个基于DIN/VDE 0126-1-1、EN/IEC 62109-2和其他标准所列限值的剩余电流突变检测器，具体的限值见表1。

表1 光伏系统剩余电流保护标准限值

漏电流类型	电流值/mA	逆变器的脱网动作时间/s
突变泄漏电流	30	0.3
突变泄漏电流	60	0.15
突变泄漏电流	150	0.04
连续泄漏电流	≥300	0.3

从表1可以看出，典型非隔离逆变器中的RCD/RCMU本身并不能防止直流剩余电流超过6 mA。另

外，逆变器中的RCMU只能保护逆变器阵列侧的剩余电流。光伏发电系统的安装通常会遇到以下两个问题：一是逆变器内部的RCD/RCMU能否替代交流电路的RCD；二是是否需要安装外部A型、AC型或B型RCD。

第一个问题的答案是不能替代，因为逆变器中的RCD/RCMU无法保护电源和逆变器之间的电路，而此保护需要在电路的电源（电源）端布置。

对于第二个问题，需要了解逆变器如何影响RCD选择，并正确解释RCD选择的相关规定。是否需要安装外部A型、AC型或B型RCD取决于逆变器的设计，看其是否提供直流剩余电流在交流电路中流过的电流路径。隔离型的逆变器在交流和直流电路之间不能将直流剩余电流传递到交流侧，而无隔离型的逆变器可以将直流剩余电流传递到交流侧，除非对逆变器进行特殊的设计以防止这种情况的发生。

光伏逆变器剩余电流保护器选用案例分析

以无变压器非隔离逆变器并网光伏系统的剩余电流保护器选用为例进行案例分析。

如图3所示，包含非隔离逆变器和具有接地中性交流电源电路的光伏系统，当光伏发电系统直流

部分+光伏发生接地故障产生直流剩余电流，而且该故障剩余电流可通过交流中性点接地从地面连接流入交流电源电路，还可通过非隔离逆变器返回直流电路，逆变器内部控制单元集成了接地故障电流保护算法，逆变器中控制单元的RCMU可对该剩余电流进行检测。从表1可知，如果RCMU设置的剩

余电流动作值远高于A型或AC型RCD允许的最大6 mA剩余电流，则不能使用A型或AC型RCD。只有当RCMU剩余电流动作值设置为6 mA或以下时，或者逆变器系统包含在该阈值下打开电路的其他装置时，才可以使用A型或AC型RCD，否则需要使用B型剩余电流保护器。

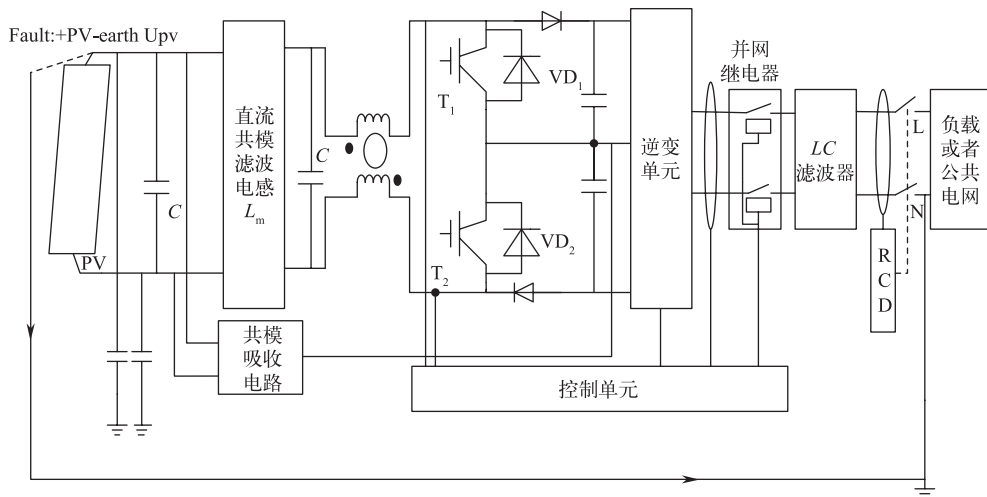


图3 无变压器非隔离逆变器并网光伏系统

另外，VDE-100-0712和IEC 60364-7-712等法规也明确规定：“如果电气装置包括光伏电源系统，且交流侧和直流侧之间没有分离装置，则应根据IEC 60755：2017的规定，为通过自动断开电源提供故障保护而需要安装的RCD应该选择B型剩余电流保护器。如果光伏逆变器的结构无法将直流故障电流馈送至电气装置，则不需要安装符合IEC 60755：2017所规定的B型剩余电流保护器。”

根据上述有关光伏发电系统的法规，对逆变器的安装应明确逆变器是否具有防止或限制直流残余电流进入交流电路的功能。在确定交流电路所需的RCD类型之前，还必须确定交流电路上产生的最大直流剩余电流。虽然逆变器的制造商通常会指定可与逆变器一起使用的RCD类型，但基于光伏发电系统运行的安全预防措施，还需要通过具体的评估措施确定逆变器允许流入交流电路的最大直流剩余电流，以及如何限制此类电流。

结束语

1) 并非所有安装规范都要求在逆变器安装交流电路上安装RCD。如果需要安装RCD，或在交

流电路上使用RCD，则根据交流电路中存在的剩余电流类型来选择RCD。在逆变器安装中，交流电路上可能存在直流剩余电流，除非逆变器限制了这一点。如逆变器是通过设计隔离的，或者带有专门限制直流剩余电流的特殊设计。其他的情况只有在选择B型RCD时，才能确保RCD的正确应用，否则逆变器设计能将直流剩余电流限制在6 mA或以下。

2) 光伏逆变器中的RCD/RCMU保护光伏阵列，不能取代逆变器交流侧的RCD。

3) 典型非隔离逆变器中的RCMU能够检测300 mA稳定剩余电流，以及30 mA及以上剩余电流的突然变化，但是其本身无法避免系统交流侧超过6 mA的直流剩余电流。EA

参考文献

- [1] 高莹. 分布式光伏发电并网的成本/效益分析[J]. 电气技术与经济, 2018, (3): 67-69.
- [2] 梁波, 王旭东, 冯延坤, 等. 分布式光伏发电对电网的影响及应对措施[J]. 电世界, 2019, 60(12): 9-13.