

# 低压配电保护电器选择性配合分析

李昱磊

国网山西省电力公司朔州供电公司

**摘要:** 低压配电保护电器的选择性配合是一个非常重要的问题,直接关系到低压配电系统的安全和可靠运行。由于低压配电系统中发生的故障具有多样性,加上配电系统中保护电器种类较多,导致故障保护电器选择性配合困难,不能发挥保护电器应有的作用。因此,低压配电系统中要选择合适的保护电器来完成选择性配合。本文介绍了低压配电系统中保护电器的保护原理,低压配电保护电器故障分类及故障特性分析,并对低压配电系统中保护电器选择进行了探讨。

**关键词:** 配电保护; 低压; 选择性配合; 电器

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.11.038

在低压配电系统中,保护电器如断路器、熔断器等起着至关重要的作用。这些保护电器在系统出现异常情况时,如过载、短路、欠电压等,能够迅速动作,保护系统不受进一步损坏。而在多电器保护电器并存且可能发生选择性配合的系统中,保护电器的选择性配合显得尤为重要。本文将就低压配电保护电器选择性配合进行分析。

## 一、保护电器的保护原理

在低压配电系统中,保护电器主要是指断路器、熔断器和漏电保护器等,它们的作用就是当系统中出现短路、过载和漏电故障时,对这些故障进行保护。当出现短路故障时,断路器立即跳闸;当发生过载或漏电故障时,断路器在一定时间内不能跳闸,但也会跳闸;当发生短路、过载或漏电故障时,断路器能迅速跳闸。因此,保护电器的作用是在出现短路、过载或漏电故障时对保护对象进行动作。

1. 低压断路器作为低压配电系统的主开关,在系统发生短路或过载时,可以及时切断故障电流。它具有通断能力强、灵敏度高、分断时间短等特点,因此常作为低压配电系统的主开关使用。断路器是一种低压电器产品,其作用是切断电气回路的短路或过载电流。当系统发生短路时,断路器应能在一定时间内分断故障电流;当发生过载或漏电时,断路器应能及时分断故障电流。

2. 熔断器作为低压配电系统中的辅助开关使用,它具有通断能力强、可靠性高等特点。

3. 漏电保护器是低压配电系统中的重要保护电器之一。漏电保护器作为低压配电系统中的主要保护电器,其作用是在电路出现短路、过载或漏电时对保护对象进行快速切断故障电流。当发生漏电故障时,漏电保护器能快速切断漏电故障电流;当发生漏电故障时,漏电保护器能快速切断漏电故障电流。因此,漏电保护器能及时切断漏电故障电流。由于低压配电系统中漏电保护器种类较多、技术成熟、安装方便等特点,其应用范围

不断扩大。

## 二、故障分类及故障特性分析

低压配电系统中的故障按其产生的原因,可分为两大类:一是电气故障,主要是指线路接触器触点烧损、线圈断线、开关触头烧损和绝缘损坏等;二是机械故障,主要是指电动机启动时产生的机械冲击、过负荷、缺相运行以及绝缘不良等。电气故障与机械故障的性质不同,电气故障引起的电流增大,如短路、过载等,而机械故障引起的电流减小,如导线断裂、触头粘连、断线等。每一种类型的故障都有各自的特点和规律,不同的原因或原因组合引起的故障都具有各自不同的特点。因此,选择正确的保护电器和选择适当的动作时间来完成选择性配合是非常重要的。

### 1. 短路故障

短路是指电流方向为绝对零序的电路中,电线、电缆、开关等导电部分之间的相互连接点,或对地短路,或同相短路。在正常运行时,当线路中出现短路电流时,会在短时间内使导线发热甚至熔化。当短路电流达到额定值时,线路会产生很大的热效应,从而使导线温度升高,当温度升高到一定程度后,导线会产生一种“自锁”现象。当出现这种情况时,若线路中的过载保护电器动作时,由于过载保护电器具有一定的延时时间,所以剩余电流动作断路器不能动作;但若线路中的短路电流在短时间内过大或持续时间过长时(超过规定的延时时间),过载保护电器在没有延时的情况下也会动作。由此可见短路故障具有电流大、热效应大、延时间长等特点。

### 2. 接地故障

接地故障是指发生在相线与中性线上的故障,而不是发生在电源与负载之间的故障。在低压配电系统中,当用电设备绝缘损坏,造成相间或相线对地绝缘电阻降低,或产生不对称电流时,则构成接地故障。

在中性线上发生接地故障时,由于人体和其他金属

部分与大地之间有绝缘电阻存在，发生接地故障时会产生零序电流。

零序电流的大小与接地系统的中性线零序电阻和人体电阻有关。当中性线有较大的接地电阻时，人体电阻将增大而人体产生的电流很小；当中性线电阻很小时，人体流过的电流将随中性线电阻的减小而增大；当中性线电阻很大时，人体流过的电流将随中性线电阻的减小而减小。因此，可以通过选择适当的保护电器来减少接地故障引起的危害。

### 三、故障时的动作时间

在低压配电系统中，线路中的故障情况非常复杂，除短路、单相接地、相间短路、两点接地外，还有其他各种故障。这些故障中，有许多是具有突发性的，如线路上的单相接地，发生在瞬间；有一些是具有多发性的，如绝缘老化、线路老化等；还有一些是具有累积性的，如长时间短路后产生的高温引起绝缘材料老化。这些故障都会对线路和设备造成危害。低压配电系统中保护电器的动作时间很难准确确定。

国际电工委员会（IEC）认为短路电流上升时间应按短路持续时间来计算。它指出：“在电压为1500V、600V或600V、250V或150V的电力线路中，由于绝缘材料老化、线路老化等原因而造成的短路故障（即短接）时，当发生短路故障电流达到其峰值时，保护电器应能动作。”

我国国家标准《低压配电设计规范》中对低压配电系统中保护电器动作时间的规定与IEC一致。IEC标准对短路保护电器动作时间上没有规定统一的要求，各标准之间没有相互矛盾之处。从我国低压配电系统中保护电器动作时间规定来看，IEC标准中所规定的保护电器动作时间与国家标准《低压配电设计规范》中所规定的保护电器动作时间是一致的。

从以上几个标准和国家标准可以看出，对低压配电系统中保护电器动作时间上的要求都是一致的。国家标准对故障电流上升时间上没有做出明确规定，这给低压配电系统中保护电器选择性配合带来了一定困难。IEC标准对于短路故障时保护电器动作时间上没有明确规定统一要求，这就需要考虑低压配电系统中保护电器选择性配合问题时，应遵循IEC标准中对短路电流上升时间上没有明确要求统一要求这一原则。

综上所述，低压配电系统中保护电器在短路故障时应能可靠断开电源；短路电流上升时间应按短路电流峰值来计算；短路电流上升时间与短路电流峰值之比不应大于熔断器的动作速度；短路故障时保护电器应能可靠断开电源。在低压配电系统中，当发生短路故障时，如果不能准确断开电源，将会对供电造成严重影响。在低

压配电系统中使用具有快速切断电源功能的保护电器是十分必要的。

### 四、选择保护电器的原则

在低压配电系统中，保护电器有很多种类，如空气开关、断路器、熔断器、隔离开关等。每种保护电器都有其各自的优点，但也都有各自的不足之处。因此在选择保护电器时，应综合考虑各种因素，并遵循下列原则：

1. 应根据低压配电系统的具体情况（包括设备种类、使用环境、供电方式、负荷大小、供电距离等）来确定。低压配电系统的保护电器必须满足保护选择性的要求，如果没有满足要求，即使选择了最好的保护电器，也不能发挥其作用。

2. 根据线路最大正常工作电流和线路正常工作时可能出现的最大短路电流来确定保护电器。当线路最大正常工作电流大于或等于线路短路电流时，选择的保护电器必须能及时切断电源，起到防止事故扩大和减小对人身伤害的作用。

3. 根据故障类型选择保护电器。当故障电流小于或等于线路短路电流时，选择保护电器应能及时切断电源；当故障电流大于线路短路电流时，应根据不同情况选用不同类型和规格的保护电器。当出现人身触电事故时，应根据触电人员所在位置及其触电时间长短选择相应规格的断路器或隔离开关等低压电器来切断电源；当发生火灾事故时，应根据火灾事故程度选用相应规格的灭弧型断路器或其他类型的保护电器来切断电源。

由于低压配电系统中存在着各种各样不同类型、不同性质和不同大小的负荷，因此需要选用与其相适应的保护电器来完成选择性配合。对于有较大起动电流及持续时间的负荷，应选择具有高通流容量和短时限特性及瞬时脱扣器和分断型脱扣器。

### 五、低压配电保护电器选择性配合基本原理

在低压配电系统中，保护电器扮演着重要的角色，它们负责保护电路和设备免受过电流、过电压和短路等故障的影响。选择性配合是保护电器的一种基本原理，它能够确保在故障发生时，仅对故障部分进行切断，而不会影响到其他非故障部分。

选择性配合的基本原理可以概括为以下几个方面：

1. 电流检测：保护电器基于电流检测来识别过电流故障。通常，电流互感器被用于检测电流，这些互感器能够将大电流转化为小电流信号，以便保护电器进行处理。

2. 延时设计：保护电器具有延时设计，能够识别持续的过电流。只有当电流超过设定阈值并持续一段时间后，保护电器才会动作。这样，电器就能够识别出真正

的故障部分，而不会误切断正常部分。

3. 分段保护：保护电器通常被设计成多个分段，每一分段负责保护一部分电路。当故障发生时，保护电器会根据预设的逻辑来选择切断最近的分段，从而限制故障范围。这种分段保护的方式能够确保仅对故障部分进行切断，而不会影响到其他非故障部分。

4. 通信与联动：现代的低压配电保护电器通常具有通信功能，能够与其他的保护电器或控制系统进行联动。这样，在发生故障时，可以协调各个保护电器的工作，确保仅对故障部分进行切断，同时最大限度地减少不必要的停电范围。

### 六、低压配电保护电器的选择性配合策略

1. 选择性保护的实施：低压配电保护电器应具有选择性保护功能，即在发生故障时能发出信号，使配电系统中的其他电器迅速切断故障，从而避免事故的扩大。保护电器应具有过载、短路、过压、欠压等保护功能，但当被保护线路中存在对电气设备构成严重威胁的危险时，应采取措施，以限制其短路电流和短路时间。

2. 选择开关电器和线路断路器的配合：断路器可以直接切断电源，但由于断路器和低压配电系统中的其他电器组成一个回路，断路器对故障点有较大的选择性，当发生故障时可以不受影响地切断电源，有利于保障低压配电系统安全运行。在实际应用中，应根据所使用的电器特性进行合理选择。低压配电系统中常用的断路器主要有以下几种：电流速断型、短路脱扣器型、时间继电器型。在实际应用中可以根据不同场合选择不同的开关电器。

3. 低压配电系统中保护电器选择：在低压配电系统中应采用选择性保护措施，以限制短路电流和短路时间，从而减小触电事故。当线路发生短路时，电流速断型断路器具有瞬时脱扣能力，且动作时间短，可以迅速切断故障电流；而时间继电器则具有长延时脱扣能力。在实际应用中可以将两种电器配合使用，以达到较好的选择性配合效果。在实际应用中应根据被保护线路的性质、重要性以及电网的情况等确定两种电器的配合使用。

4. 低压配电系统中保护电器安装位置应合理。由于断路器和时间继电器均具有瞬时脱扣能力和长延时脱扣能力，可以在一次短路电流中选择性地切断故障点。而剩余电流动作保护器则具有长延时脱扣能力和较强的二次短路脱扣能力，但长延时脱扣能力不如断路器，而且在二次短路时也不能选择性切断故障点。因此在实际应用中应根据保护电器特性和低压配电系统的实际情况选择合适的安装位置。

5. 低压配电系统中保护电器选择：保护电器的选择性配合应与保护电器本身特性相适应，同时应与配电系统电气设备特性相适应。保护电器具有较强的选择性和短路性能后，则宜选择带剩余电流动作保护器或时间继电器等其他类型保护电器，以实现低压配电系统中不同故障点进行选择性保护。

### 七、未来研究方向

本文对低压配电保护电器选择性配合进行了初步探讨，但在实际应用中，还存在许多影响因素，如环境因素、设备老化、人为因素等。未来研究可以针对这些影响因素，进一步优化选择性配合策略，提高电力系统安全性。此外，随着电力电子技术的不断发展，新型的保护电器如智能断路器、微机保护装置等也将为选择性配合提供新的可能。因此，未来的研究还应关注新型保护电器的应用及其对选择性配合的影响。

### 结语

低压配电系统中保护电器选择性配合的目的是为了提高保护电器的灵敏度和可靠性，从而减少由于低压配电系统中发生故障而引起的停电时间，保证生产和生活安全和可靠进行。因此，低压配电系统中要根据不同类型保护电器的特性来选择合适的保护电器进行选择性配合。对于选择性配合而言，可靠性是最重要的，可靠性越高，选择性配合就越容易实现。但是可靠性不是盲目地提高可靠性，而是要在满足使用要求的前提下提高可靠性。在低压配电系统中选择保护电器时，需要根据其使用要求、环境条件等因素来选择合适的保护电器。断路器是最常用的保护电器之一，由于其价格便宜、安装方便、使用灵活、性能可靠等特点，在低压配电系统中应用广泛。熔断器也是常用的保护电器之一，具有过电流脱扣器不能替代的功能。过电流脱扣器是一种在短路时能自动切断电路使断路器不能开断而起到短路保护作用的电器。

### 参考文献

- [1] 虞坚阳, 王科龙, 秦勇明, 王曙宁, 凌万水. 主动配电网智能分布式馈线自动化故障定位方法[J]. 南方电网技术, 2016, 10(12): 38-44.
- [2] 王少峰. 主动配电网继电保护的影响因素分析与研究[J]. 科技创新与应用, 2017, 7(6): 215-215.
- [3] 李嘉恒, 任惠, 师璞, 孙辰军, 王飞. 基于用户自定义特征的反时限有源配网保护方案[J]. 电测与仪表, 2017, 54(6): 37-43.
- [4] 徐萌, 邹贵彬, 高磊, 马玉伟. 含逆变型分布式电源的配电网正序阻抗纵联保护[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(12): 93-99.