

# 基于大数据的快速熄弧及选线系统在化工行业应用及展望

林培海

新疆库尔勒中泰石化有限责任公司

**[摘要]**随着化工企业的网架结构的不断变化,且为了保证化工企业电力系统的安全运行,在项目的可研阶段,对于系统中性点接地方式的选取特别慎重<sup>[2]</sup>。系统的中性点接地方式的选取,涉及电网的安全性、稳定性、可靠性,与系统安全运行息息相关,本文通过消弧装置在厂内实际应用效果,分析了消弧线圈及选线装置在化工企业消弧效果不佳及选线不准的原因。同时对快速熄弧及准确选线系统进行了原理介绍及实际案例效果展示。

**[关键词]**快速熄弧系统;无线组网选线;涡流驱动快速开关技术;短路故障快速识别技术;中性点接地方式;大数据

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6261.2021.09.196

## 0 引言

随着公司经营范围的不断发展,需积极推动各子公司的发展,继续深入实施优势资源转换、发展循环经济、带动上下游产业发展和解决社会就业等方面发挥更重要的作用,加快推进煤化工、石化、氯碱产业发展,全力打造自治区现代化化工产业体系。到“十二五末”,力争实现资产总额500亿元、年营业收入480亿元的奋斗目标。致使企业用电负荷大、电质量要求高。10kV配电系统电压低、电流大,输电线路以单芯大截面的电缆为主,电缆单相接地故障频发。为提升公司10kV配电系统的安全性和故障快速响应处置能力,对电力行业相关新技术进行了多年的跟踪分析。2019年在新疆中泰石化有限公司年产120万吨PTA项目中成功实施了基于“涡流驱动快速开关技术”及“短路故障快速识别技术”为基础研制的“快速熄弧及选线系统”对厂内的单相接地故障防控技术进行了优化设计。实例证明该技术能够快速控制故障范围、快速准确选出故障线路。

## 1 项目背景

新疆中泰(集团)有限责任公司以化学工业规划、设计、项目建设,以及化工产品研发、生产、销售和融资为主的综合性化学工业集团公司,主要从事氯碱化工、煤化工、石油化工等行业的规划设计、项目建设、资源开发和产品的开发、生产和销售等业务。新疆库尔勒中泰石化有限责任公司年产120万吨PTA项目中110kV变电站设110/10kV 40MVA主变压器2台,选用户外三相双绕组油浸有载调压电力变压器。110kV和10kV均采用2段母线,单母线分段接线。正常运行时,2段母线分列运行(母联开关断开)。110kV开关采用GIS。10kV开关采用真空断路器。110kV变电站为厂区5个10kV开关站(分别位于PTA主装置、循环冷却水站、综合给水站、污水处理站和锅炉房)和4台厂前区变压器提供10kV电源。本工程10kV电缆较多,致使系统的单相接地故障电容电流大于30A,根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》中规定:10kV具有发电机(额定电压10.5kV)的系统,单相接地故障电容电流大于3A,应采用消弧线圈接地方式。2016年,在110kV变电站安装自动调容补偿消弧线圈和小电流接地选线装置各一套。设备安装后电缆接地弧光有所减少,但弧光熄灭非常难。每次接地故障发生时电缆桥架仍然有电缆燃烧、火势难于控制等。而只能通过人工逐一停电接地信号消失才

能确定故障线路,才能进行灭火操作。小电流接地选线器投运后选线不准长期处于无用状态。

## 2 消弧线圈小电流接地选线装置在10V系统中使用效果不佳原因分析

根据多年的现场经验,对于电容电流超过30A的3~10kV架空电网,一般采用消弧线圈接地方式<sup>[1]</sup>。当系统发生单相弧光接地故障时,架空电网的电弧电流主要表现为工频电流,高频电流幅值很小且衰减很快,因此架空电网的高频电流分量可以忽略。在只考虑稳态工频电容电流时,就可以采用针对稳态正弦交流电路的相量分析方法。在发生单相接地后的系统零序电压作用下,电容电流超前90°,电感电流滞后90°,消弧线圈提供的感性电流与流过接地故障点的稳态电容电流之间方向恰好相反。经消弧线圈“补偿”后,流过接地故障点的电弧电流减小到30A以内,接地电弧理论上可自行熄灭。接地故障后能维持运行2小时,为人工拉路选线和转移负荷的倒闸操作赢得了时间。对于架空线路消弧线圈能起到一定消弧效果。

但是随着网架结构改变,企业电网普遍使用交联聚乙烯电缆线路。使得非瞬时性单相接地故障概率大大增加,由于消弧线圈只能消除瞬时性单相接地故障。当电缆线路发生非瞬时性单相接地故障时,电弧电流不但有工频分量还有高频分量而且高频分量的幅值是工频分量的25~50倍。传统的消弧线圈不能很好快速消除弧光过电压,电缆电网中的稳态电流、高频电流提高、高频电流作用时间延长都导致接地电弧释放热量的增加,以及高频电流增大带来的弧光接地过电压提高,使得故障发展大大加快,发生单相接地故障,远远满足不了维持运行2小时的要求,往往是来不及选出故障线路、来不及完成转移负荷的倒闸操作,就发生了被迫跳闸事故,甚至使故障接地点很快烧毁并迅速发展成相间短路故障,致使故障扩大,并由此导致重要生产设备的停运。且不利于设备及人身安全。接地零序电流含有大量谐波成分,电流幅值和相位变化较大,不利于电磁式电流互感器对小电流接地信号选线的准确判断。中泰石化使用的小电流接地选线存在一次选出多条线路,选线的准确率极低,使得我们对小电流接地选线的结果失去信心。

针对公司配电网电缆故障频发,接地电弧光燃烧时间长而无法快速控制,接地故障线路选线不准等问题的长期困

绕。

### 3 单相弧光接地过电压的危害

小电流接地系统中，单相弧光接地是威胁电力系统安全运行的主要因素，中性点接地方式的选取，直接影响到单相接地时过电压的水平和危害程度，对于企业电网来说，3~35kV的中压电网基本上都采用中性点不直接接地的方式。因此，稳定的金属性接地对系统的危害不大，金属性接地时，系统线电压的幅值、相位都没有变化。

在弧光接地时，弧光接地过电压较高，一般情况下，单相间隙性弧光接地产生的过电压幅值与接地方式不同而不同，一般来说，最大过电压不超过以下数值：中性点不接地系统为3.5倍相电压；中性点经消弧线圈接地为3.2倍相电压；中性点经电阻接地为2.5倍相电压；这对正常绝缘是可以承受的，但如果系统中的绝缘薄弱点在此种过电压的情况下，有可能会造成对地绝缘击穿、放电，形成两相异地短路事故，造成事故停电；严重时会发生大面积事故、影响人身和设备安全。

### 4 基于大数据的快速熄弧选线系统的优化方案

经过近年来对电力行业相关新技术的深入学习，为了彻底消除各种过电压，提高选线的准确率，响应国家“节能减排”的号召，充分合理利用配电室空间，减少操作人员对电气设备维护检修的工作量、提高工作效率，优化各类产品结构及功能，提高对设备的运行状态的监控，最后，决定在年产120万吨PTA项目中快速熄弧选线系统，解决公司10kV配电网存在的选线不准及弧光不易熄灭的问题，系统增加了智能监测、大数据处理措施，方便用户实时了解系统的运行状况，改善小电流选线算法以提高选线的准确率，采取多种手段消除系统中的各种过电压，保护设备的绝缘不受损坏。

该优化方案的特点如下：1) 加装无线组网选线录波装置<sup>[5]</sup>，实现无线组网。2) 利用德国进口固态电容高压电涌吸收装置形成全相线过电压保护。3) PT中性点加装特制全相线阻尼消谐装置<sup>[3]</sup>，彻底消除谐振达到理想消谐效果。

基于大数据的快速熄弧选线系统主要由无线组网精准选线录波装置<sup>[5]</sup>、涡流驱动机构快速开关（单相控制）、全绝缘抗饱和PT、固态电容高压电涌吸收装置、智慧电压全电压监测终端、隔离手车、特制全相线阻尼线性消谐器、控制器、2台柜体等组成。

### 5 快速熄弧选线系统技术特点

#### 5.1 快速熄弧<sup>[6]</sup>

系统发生单相弧光接地时，由于接地电弧电流过大，事故发展迅速，往往来不及选出故障线路，来不及完成倒闸操作，就已经发展成为相间短路事故。为了有效避免由单相弧光接地引发的被迫跳闸事故，必须尽快熄灭接地电弧。为了避免发生两相异地短路事故，须快速退出接地相，强迫退出短路状态。快速熄弧选线系统接地元件采用分相控制的涡流驱动机构的快速开关，额定电流最小为1250A，满足了系统对

地电容电流较大时接地需求。管控系统中的快速开关，分闸时间小于5ms，合闸时间小于10ms，满足快速熄弧及短路故障快速处理的要求。

#### 5.2 快速准确选线<sup>[7]</sup>

系统能够快速熄灭接地电弧、限制了弧光接地过电压，故障的发展也得到有效控制，并可以做到保证至少能安全运行2小时，给转移负荷的倒闸操作留出了充裕的时间。但倒闸操作的前提是故障线路已被确定，这就需要解决快速准确选线问题。系统配套的无线组网选线录波装置采用了“阻抗瞬变法”和“最大增量法”相结合的高科技算法并结合“短路故障快速识别”技术，巧妙地解决了谐波干扰、电磁环境、高频大电流，可以在各种恶劣环境下实现快速而准确地选出故障回路，且支持多种通讯规约，能与变电站综合自动化系统进行远程数据交换。

该装置能够在接地后100ms内选出总站内地接地线路，同时分站也选择本站接地线路，并且分站和总站之间通过GSM网络实现数据交换，总站和分站数据统一采集综合比较得出最终选线结果，不但保证了信号不受距离和其他因素影响，同时保证了信号的准确性。能适合不同情况的接地选线，大大提高了选线的准确率。

### 6 结语

快速熄弧选线系统自安装以来，经过多次电缆故障检验证明，能快速判断出故障类型和故障相，接地故障快速准确动作、快速熄灭电弧，整个接地过程电缆桥架内未发生明火，该装置有效遏制多根电缆燃烧事故，降低事故损失率；选线装置快速准确选出故障回路，坚定线路停电操作的信心。提升了公司电网的安全运行环境。因此从技术成熟度、经济效益、节能效果以及运行可靠性等综合指标，快速熄弧选线系统在解决企业单相故障及选线不准的优化方案上值得推广和应用。

### 参考文献

- [1] 张龙钦. 《现代配电网单相弧光接地过电压》. 中国电力出版社 2017年7月
- [2] 成永红. 电力设备绝缘检测与诊断. 中国电力出版社 2001-08
- [3] 林海雪. 电力系统的三相不平衡. 中国电力出版社 1996-12
- [4] 狄富清. 变电设备合理选择与运行检修. 机械工业出版社 2006-01
- [5] 姜坛. 弧光接地过电压及其限制措施. 铜业工程 2006年第4期
- [6] 童雪燕. 配网综合故障管控系统在钢铁行业应用及展望. 家园电力与科技 2021年8月
- [7] 童雪燕. 基于4G(5G)专网的配网在线无线组网选线的应用. 中机协工程技术发展中心 2021年4月