

CIREN 1997

14TH INTERNATIONAL
CONFERENCE ON ELECTRICITY
DISTRIBUTION

1997 年第 14 届国际供电会议论文集

上 卷

中国电机工程学会城市供电专业委员会

1997 年第 14 届国际供电会议论文集

上 卷

- | | |
|--------|---------|
| 第 1 分册 | 变电站 |
| 第 2 分册 | 干扰和过电压 |
| 第 3 分册 | 电缆和架空线路 |

内 容 提 要

第14届国际供电会议于1997年6月在英国召开。本届会议论文集仍由原电力部委托我专委会组织翻译,论文来自全球,是近年来国际上供用电先进技术的大集成,内容丰富广泛,实用性强,从中可以了解供用电方面的新理论、新技术、新产品和新经验;有助于技术人员知识更新和思路开拓,对指导和提高国内电网规划设计、城网改造、设备选用和电网的检修、运行、自动化以及用电方面等实际工作有很大参考价值。全书原文218篇,按不同专业分为6分册,全文翻译、装订成上、下两卷。

1997年第14届 国际供电会议论文集 (上卷)

总 编 《供用电》编辑部

第1分册 主编 兰之达

第2分册 主编 章民泰

第3分册 主编 屠三益

翻译单位:中国电机工程学会城市供电专业委员会

(上海四川北路1856弄16号,邮政编码200081)

印刷单位:上海新成电脑印刷公司

(上海南京西路624号,邮政编码200041)

上海市新闻出版局内部资料准印证98第102号

工本费300元(上、下两卷,包括邮费)

前 言

第14届国际供电会议(Congres International des Reseaux Electriques de Distribution 简称为CIRED)已于1997年6月2日至5日在英国伯明翰召开。我国派出9位代表,并入选了4篇论文。每次双年会议是CIRED的重要学术活动,集中讨论了供电技术的新理论、新技术、新产品和新经验,具有最新的国际水平。我们自1987年开始,委托中国电机工程学会城市供电专委会将每届会议的论文集全文翻译,以期吸收消化国际先进经验,提高我国供用电技术,并促进国内技术交流,力争多参与国际交流。10年来的实践证明已基本达到了上述要求并越来越受到各方的重视和欢迎。

我国电力工业近年来取得了突飞猛进的发展,全国发电装机容量和发电量已占世界第二位,而这样巨大数量的电能都要经过全国的供电网向用户供电,因此供电企业的成绩是很大的,任务也是很繁重的。在数量上有了极大提高的同时,供电质量和管理水平、技术水平也要有相应的提高。如何在供电领域内贯彻科教兴国战略,实现技术上的跨越,提高电力的社会效益和企业效益,这是摆在广大供电企业领导人员,工程技术人员和全体职工面前不容回避的严峻任务。应该清醒地看到,我国供电企业现有的管理及技术水平和国际水平的差距还相当大,有些领域甚至还在扩大,因此,论文集的全文翻译更有现实意义,希望广大供电职工能充分利用这个好条件,迅速提高技术和管理水平,以尽快缩短差距。

国际供电会议很重视历届会议的连贯性,又很注意按照国际上发展的实际情况及时作出调整,因此,在阅读论文集时,我们提倡要和前几届的相关论文连贯起来,这样更容易理解到历年技术的发展过程,从中看到今后发展的趋势和方向,也可对具体技术发展的来龙去脉有更深刻的了解,更有助于对国际先进技术的吸收。

第14届国际供电会议论文集仍分为6个分册。第1分册为变电站,共32篇。第2分册为干扰和过电压,共37篇。第3分册为电缆和架空线,共43篇。第4分册为供电系统的运行、控制和保护,共35篇。第5分册为电能的利用和应用,共29篇。第6分册为供电系统的研究和规划,共42篇。全部论文集共有论文218篇。

本届论文集仍由中国电机工程学会城市供电专委会《供用电》编辑部组织有关专业人员进行翻译、承担编辑发行,并得到上海市区供电局的大力支持,谨向他们表示衷心感谢。

国际供电会议中国联络委员会主任

魏光耀

1998年5月

CIREN 1995~1997 年度主席 P. L. Noferi 的书面报告

(刊载于国际供电会议第 20 期会刊)

国际供电会议刚经历了不平常的一年,充满了新的事物,其中最主要的是两次区域性会议和第一次在欧洲以外召开的指导委员会会议。现在正从事于新的工作,首要的是 1997 年的双年 CIREN 会议。

区域性会议

1996 年 6 月,CIREN 在约旦安曼和阿拉伯发输供电联盟(Arab Union of Producers,Transporters and Distributors of Electricity AUPTDE)联合组织一次学术讨论会,名称为阿拉伯世界的供电(Electricity Distribution in the Arab World)。出席人数(220 名代表,75%来自阿拉伯国家)和重要传媒(传真、无线电和出版物)的覆盖范围说明了会议的成功。

1996 年 12 月,CIREN 在阿根廷的布宜诺斯艾利斯由阿根廷供电协会(Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina ADEERA)和 CIER 联合召开 CIREN—阿根廷'96 供电会议。会议共有 209 篇论文,大部分是南美洲的作者撰写的。会议分成 8 个技术小组进行讨论。

CIREN 还收到如印度、中国和澳大利亚等其他国家要求组织或主办区域性会议的建议。即以中国而论,CIREN 主席被邀请参加 1996 年 10 月 13 日至 15 日在烟台由中国电机工程学会城市供电专业委员会召开的双年学术讨论会的开幕式。

第一次欧洲以外的指导委员会会议

在 1994 年讨论决定欢迎美国作为 CIREN 指导委员会第 14 个成员后,1996 年 6 月 28 日在波士顿召开了第 45 次指导委员会会议。所有参加会议的成员一致公认美国国家委员会的工作和若干美国公司的支持使会议取得了巨大的成功。

1997 年 CIREN 会议

此次 CIREN 会议将于 1997 年 6 月 2 日至 5 日在英国伯明翰召开。指导委员会已对技术小组的组织工作和论文的选用准则采取了若干革新,着眼于改进论文的技术水平和讨论的效率。主要想法是限制书面论文的数目,而化更多时间于自发性稿件,以便使会议更加活跃,增加到会者之间的交流。

关于会议的论文,值得强调的是选稿的基本准则是其质量,国家委员会和联络委员会都要求遵守此准则。所有这些行动都应维护,并改进 CIREN 会议的技术和文化的高水平,从而面向 CIREN 活动的同一领域即供电领域内的其他团体的竞争。

工作小组

几年前,CIREN 决定设立工作小组,目的是研究专题。自从若干工作小组完成了任务并在 CIREN 会议上提供了高质量报告后,已证明了这种活动是成功的。

要强调指出,在'97 CIREN 会议上,工作小组 CC.02 和 CC.05 将在 3 篇报告中展示出他们的成果。特设工作小组还可使 CIREN 参加到有关配电网的运行、规划和设计的争论,并对供电发展中产生的新问题详细阐述观点和解决办法。

在 1996 年,新设立一个工作小组,以研究配电网故障管理的各种情况。

CIREN 的未来

CIREN 基础是许多年前举行的供电学术讨论会。开始,CIREN 主要是欧洲会议,最近几年,CIREN 转向真正的全世界性的组织,目的在于成为供电领域内起领导作用的团体。区域性会议的联合组织和工作小组的设立是这种转变的结果。但是,现在 CIREN 需要确保自己活动的有效和协调的发展,以面向日益增长的竞争状态。关键问题是:CIREN 要成为那一种组织?目标和措施是什么?对这个课题的讨论正在进行,并将向你们通报其主要结论。

(陈警众 译)

第1分册

变电站

目录

- 1.00 关于第1组“变电站”的报告 A. DOULET(法国)(1-1)
- 1.01 关于配电线路电弧故障检测和故障距离计算的时域解
..... M. B. Duric 等(南斯拉夫)(1-5)
- 1.02 新的真空电弧控制技术 SADE—应用于真空灭弧室 M Honma 等(日本)(1-10)
- 1.03 原文取消
- 1.04 金属氧化物避雷器在不同环境条件下的性能 K. Kannus 等(芬兰)(1-15)
- 1.05 非晶合金铁芯变压器在特定电网条件下的性能及设计比较 ... G. Segers(比利时)(1-20)
- 1.06 耐内部电弧的开关装置:电弧模拟和有效保护 M. Marchi 等(意大利)(1-25)
- 1.07 固态有载分接开关的新概念 R. C. Degeneff(美国)(1-30)
- 1.08 高压/中压变电站中开关装置配置的可靠性和成本估算 O Kvennas 等(挪威)(1-33)
- 1.09 内部电弧发生时开关装置和紧凑型变电站的压应力 G. Drescher 等(德国)(1-37)
- 1.10 变压器故障和保护系统 M. Sacotté(法国)(1-41)
- 1.11 内部故障事件的安全性:模拟或试验?
..... P. Duquerroy 等(法国),G. Friberg 等(德国)(1-45)
- 1.12 中压开关装置中内部电弧的预防和控制 M. Binnendijk(荷兰)(1-49)
- 1.13 一种解决乡村配电网安全性和可靠性的综合方法 J S Stewart 等(英国)(1-53)
- 1.14 非连续运行设备诊断系统的开发 S E Wright 等(英国)(1-57)
- 1.15 变电站维修的改进 赖庆波等(中国)(1-61)
- 1.16 110kV 变电站铁磁谐振的特征及消谐方法的研究 高强等(中国)(1-64)
- 1.17 防内部故障的配电变压器的安全性 A. Even 等(比利时)(1-68)

- 1.18 中性点绝缘电网中铁磁谐振的危险和消除方法 C. Stuckens 等(比利时)(1-73)
- 1.19 高压和中压变电站的诊断维修管理系统 J. J. Smit 等(荷兰)(1-78)
- 1.20 状态监视和预防性维修 H. Hameury(法国)(1-83)
- 1.21 原文取消
- 1.22 神经网络:一种成熟的继电保护技术 P. Bertrand 等(法国)(1-86)
- 1.23 使用 SF₆、电压高达 36kV 小型化和模块化设备的环境影响及安全性评估
..... J. F. Martinez 等(西班牙)(1-89)
- 1.24 聚氯联苯(PCB)污染的配电变压器的问题和解决方法 G. Dinelli 等(意大利)(1-94)
- 1.25 面向 21 世纪的配电变压器 D A Gonzalez 等(美国)(1-97)
- 1.26 配电开关装置中的内部故障—新型开关装置设计的模型、实施和试验.....
..... M Desborough 等(英国)(1-102)
- 1.27 电力设备应用以可靠性为中心的维修的作用 M. Stein 等(罗马尼亚)(1-106)
- 1.28 一种新颖的带有可控硅的分接开关方案 R Shuttleworth 等(英国)(1-109)
- 1.29 智能型中压断路器:最新进展 M. Morant 等(比利时)(1-114)
- 1.30 中压中性点补偿电网的一种新装置 T. Grima 等(法国)(1-119)
- 1.31 配电盘的数字技术—新一代配电盘设计的关键 A. Aufermann 等(德国)(1-121)
- 1.32 空气绝缘及气体绝缘开关装置用的新型智能数字式电弧检测系统
..... K. Jakob 等(德国)(1-126)
- 1.33 三相变压器零序阻抗的测定 J. Zillmer 等(德国)(1-130)

1.00 关于第1组“变电站”的报告

Alain DOULET (法国)

在上一届 CIRED 期间按 3 个主题所组织的讨论是一次论述变压器的模拟和最佳使用问题(主题 1), 部件的监督和诊断(主题 2)以及与环境尤其是噪声协调有关问题(主题 3)的机会。

1997 年大会的第一组回顾涉及同样的主题, 但讨论方式允许:

- 作者要求时可对其论文作一简短的介绍;
- 给自发的插话以更多的机会;
- 两个主题的专门介绍: 断路器内部电弧和机械应力的模拟及有关环境协调问题规程的状况。

对主题还将于 6 月 4 日星期三上午 9:00 至 10:30 组织一次圆桌会议继续讨论。

兹将大会期间讨论的各篇论文或在专题小组会上提出的论文概述于后, 并由此提出一些问题, 这些问题已经认真考虑而是必不可少的问题, 可作为讨论时书面或自发插话的一部分。

推荐的主题 1.1

设备的发展和可靠性

论文 1.01(南斯拉夫)提出一关于分析配电网中发生的故障的新的数字算法。这一算法识别在故障点是否有一电弧电压和提供一种推断此故障性质的方法。此信息然后可应用于保护(如在瞬时故障时投入必要的重合闸)或故障定位。电弧电压的可靠的信息可于 20ms 之内取得。实验室的试验已确认这种算法。

问题 1.1

是否可能将这产品安装于一试验场所? 如果发生故障, 对此算法与电弧短路设备之间的联系是否有任何设想?

论文 1.02(日本)提出真空泡中遮断电流的一个新的电弧控制技术。该文指出以 AMF(轴向磁场)电极所取得的性能及其局限性, 并提出一种新的技术, 名为 SADE(电极自行电弧扩散), 在具有相同的表面积下由于电弧在电极表面更好的散布使它比 AMF 电极的性能提高一倍。已经开发的样机规格在 12.5kA~63kA 及 7.2kV~84kV 范围内。

问题 1.2

大体上讲, 其他国家是否也已作出同样的进展? 是否可能对目前的使用范围产生任何变化, 特别是电压方面?

论文 1.04(芬兰)提出就避雷器安装地点的环境, 对各种避雷器性能进行比较的全面研究。性能是在设备暴露于极端温度(低至 -60°C)和湿度(浸于 100°C 热水中)条件下所作的评价。潮湿状态的试验引起异常, 试验条件缩短了实验持续时期却不能保证其代表性。

问题 1.3

从使用氧化锌避雷器的经验中能否总结出任何有兴趣的项目以确认或否定本报告中所提出的结果?

论文 1.05(比利时)估量了欧洲非晶态铁芯变压器的发展, 主要由于经济原因, 在运行中的不到 100 台。目前, 这种变压器在损耗方面的经济评估不能充分弥补其增加的 40% 的成本, 而增加的成本必须降低至 25%。比传统的变压器噪声高出 6 至 8dB(A)也增加了应用的限制。作者还提出不同的结构方案对变压器性能的影响; 安装式或悬挂式铁芯, 五柱四框及它们对价格的影响, 并对未来的竞争和设备工业化条件的提高会使这些变压器相对于传统变压器更能获利表示怀疑。

问题 1.4

是否有一些新的要素会使我们在非晶态铁芯变压器与传统变压器的比较中能取得有利的经济平衡?

论文 1.06(意大利)分析了经数年经验之后, 对有关内部电弧的 IEC 标准的影响。提出的结论是: 这种安排的额外费用主要是探索和开发的费用, 主要由开发阶段进行的试验所引起。这种情况鼓励了作者采用内部电弧和其效应的仿真模拟以减少必要的试验次数。该文提出了适用于排气温度模型的压力计算模型。此外, 作者还根据所需保护设备上的过压力检测, 描述了针对内部电弧的一种积极的保护措施。

论文 1.09(德国)着重于评价内部电弧影响中的型式试验的强制性。将紧凑型设备塞入小室与设备外壳相互作用意味着全装备变电站的性能试验。作者观察到一个二次降压变电站中由内部电弧引起的过压力, 该站包括一中压开板, 一变压器, 一电缆间隔和一低压开板, 此过压力分为三个水平: 在密封气体的外壳中, 在电缆间隔中和在变压器间隔中。确定每一个区域的压力阈值, 例如 4bar, 0.4bar 和 0.04bar, 使一些耐压力试验可以更简单地进行, 从而使验证是否符

合标准要求的方法简化,还可引向设计的简化。

论文 1.11(法国)描述在紧凑型变电站中内部电弧的现象,其中设备与变电站壳体间的相互作用是重要的。在中压开关板内部和变电站本体内部均有过压力的阶段。人身安全与开关板的机械强度有关。为附近公众的安全亦需对热气排放加以控制。在装有仪表的模型上进行试验可能收集到详细的资料。模拟并行地进行:电弧和周围气体的热动力模拟,随压力上升的声学模拟,气流和压力波传播的流体动力模拟。按作者的意见,模拟尚不足以代替试验,但是对多种多样的情况不可能每样都用试验来验证。不过,在为其其他现有的结构推断试验结果时,模拟还不失为一种有效的辅助。

论文 1.12(荷兰)描述内部电弧过程的四个阶段:一个 5ms 至 15ms 的压缩阶段;一同样持续时间的膨胀阶段;持续 100ms 向外发射的阶段和电弧产生的全部能量向周围元件转移的结束阶段。作者按所用的金属检查了设备的热性能并考虑它们不同的热质量从而讨论钢的性能。为了防止内部电弧形成,作者强调在带电部份使用环氧树脂。为了将电弧的影响减至最小,建设采取各种方法将开关板中各元件隔开,加强敏感的部份和将容积扩至最大以应付压力的上升。

问题 1.5

一些提交的论文揭示了压力现象的有效控制,但对热现象的控制和其传播却表示了更多的不确定性。更有甚者,其试验结果不易预测。这意味着须进一步考虑两种倾向:一种倾向是将规范的制约解释为就是压力的制约,另一种倾向是将它们模拟的结果来代替。相反地,对热现象,一些试验(棉纱指示器试验)似乎是无可代替的。

未来期望发展的模拟与试验间究竟如何平衡?

论文 1.07(美国)提出了变压器有载电子调压分接开关的新概念,其优点主要是其调压范围更广泛和维修工作的减少。不过,增加的费用将延缓它们的推广。所提出的新概念基于两个改进点:用离散周波调制(DCM)以限制部件的数目但增加了调压位置的数目;而且使故障电流在各部件间轮换以限制半导体的温升从而缩小其体积。结果会降低现在看到的增加的成本。这种型式的调压分接开关可以代替传统的。

问题 1.6

这种调压分接开关是否会对减少配电电压的不稳定性作出贡献?

问题 1.7

关于电力电子设备应用于一次和二次变电站的设备方面是否有新的领域?

论文 1.08(挪威)是从挪威电工代表团的工作中得出的各种高压/中压变电站方案间的技术和经济比较细帐。其经济权衡建立于投资费用加上停电费用,少送电费用则根据用途(工业,第三产业,家用)而评价。9个比较方案是用双母线(带两台断路器或一台断路器和开关,带或不带隔离器)和一组单母线(带各种隔离器)和一组环形母线(带各种隔离器)的系统。作为这些经济分析参数的函数,最简单的结构似乎是最合适的结构。

问题 1.8

现在的供电单位是否有与作者根据对少送电的改进和对系统总费用的评价而得出的相同的结论?

推荐的主题 1.2

将智能系统结合进开关装置

论文 1.13(英国)提出一改进对用户供电质量的解决办法,就是在有电缆网和架空线的混合电网中,二次线智能自动隔离重合器的应用。其目的是保证电气隔离和由一保护设备控制的明显断开点。该设备由一在 SF₆ 气体环境中的带隔离设备的真空泡组成,装在一个带控制箱的外壳中。其执行机构、继电器和电池系统的大小按能在相应于外界气候情况的温度条件下能进行 10,000 次操作来选择。

问题 2.1

是否有其他设备能通过中压电网自动化的简易的操作以做到对用户供电质量的提高?

论文 1.14(英国)提出一基于振动分析的诊断系统,特别适用于间歇性动作的体系。其性能的时间变化主要是某些部件的磨损或失效。振动由压电传感器检测。其信号经转换以驱动一信号处理软件,产生一有效的非闯入性的诊断系统。该系统包括识别平均信号和检测任何随后的超过容许范围的偏离平均信号的偏差的算法。作者提出将此方法应用于高压/中压变压器的有载调压分接开关。

论文 1.15(中国)提出从设备状态出发的最佳维修以代替定期维修。此实验在一组一次变电站中实施以改善维修情况。作者描述了他们认为合适的监视点和强调在这种运作中的管理任务和取得和保存必需的数据任务。八年来从定期维修转变为按状态维修已节约了年度维修开支 25%。

论文 1.19(荷兰)集中于维修的新情况。能量市场上更多竞争的形势鼓励供电单位削减投资和维修开支。同时在发达国家众多设备的老化又倾向于导致增加维修的需要。因此对采取的行动而言最佳效率成为必需。该文提出一专家辅助的维修决策系统。更为特

殊的是介绍了一种设备,用于监视变压器的有载调压分接开关。泄漏电流和局部放电电流,作者认为是这种监视的三个关键点。此方法,从设备基于按时维修转变成基于状态维修的方法,使得年度费用削减13%而不损失可靠性成为可能。

论文1.20(法国)提出一状态监视系统,为提高设备整体性而设计,即保证设备的良好运行情况以提高其可用率。此功能预想事故检测,若可能时亦可应用于不处于经常监视的设备的远方可用性或在现场应用于维修班组给他们提供工作所需的资料。所提出的系统应用于一中压开关板的监控。除了通常电气量的传感器外,必须按装监视其他量的补充传感器例如母线温度,气压,辅助电源的电压,断路器复置时间,辅助触点的动作时间,断路器活动部件的位移等。利用一区域网络将信息传送到一微机作为该产品当地使用的用户接口,还提供至远距离中心的信息传输。

上述四篇论文均涉及维修和与其有关的一些辅助工具(监视,专家系统等等)的问题。下面是关于它们所引起的问题:

问题 2.2

考虑到在运行中观察到的故障率不高,有载调压分接开关的在线监视系统在今天是否有利可图?

由设备上观察到的性能所控制的状态维修技术,现在是否已变得普遍?

是否每人相信根据所报告的设备状态去控制维修是恰当的?

是否能为这种监视系统作出一收益和损失平衡表?

今后的诊断和监督方法是在线的还是离线的?

在老设备更新和通过适当的维修以延长其使用寿命之间,各供电单位对两者的平衡问题看法如何?

论文1.10(法国)从安全观点出发提出一中压/低压变压器运行的分析,担心的是三类影响:上游用户、下游用户和外界事件扰动。这些影响在安全上讲没有相同的危险性。外界事件中考虑最敏感的影响可有两种方式:变压器爆炸和着火;这两种方式都是由于过压力所引起。引起这种事件的各种内部故障已被评估为包括19种故障。为了对每一种故障加以保护,提出的最佳办法是包括由逆向熔丝,由压力传感器动作和油位传感器动作引起的逆向三相断开和在关键点加强绝缘等的保护办法。

论文1.17(比利时)检查了内部故障时配电变压器的安全问题。作者估计变压器油箱的强度限制至吸收1000kJ的能量,相当于一200ms,5kA的短路电流的

故障。在此情况下熔丝能切断故障。但对来源于例如低压引线间或分接引线间击穿的小故障电流,则情况更不可捉摸。作者描述了所有用于识别故障情况的试验:油箱中容许的最大压力,低压、高压电弧的特性,油箱对故障能量和气体存在情况下的抵抗力和所进行的实物试验。该文以讨论带有开关的熔丝保护的效率、结合绝缘的过压力检测设备和用作报警的气体检测器作为结束。此外,变压器的设计必须使其可能避免在低压引线及油箱间产生直接电弧。

这两篇论文都深入讨论了中压/低压变压器的保护技术。

问题 2.3

对这种变压器引起的危险,是否想推广这种解决方法?或者在某些特殊情况下对它们须予保留?若是这样,则是那些特殊情况?

论文1.18(比利时)描述了中性点绝缘的,带有相-地电压互感器的电缆网络中的铁磁谐振现象,它代表永久性的零序回路振荡状态。在电压互感器的第三绕组中接入一电阻性的阻尼回路会易于消除这些电网中的潜在危险。

论文1.16(中国)描述了同样现象,但提出的是用微处理器控制将电阻接入回路的另一种自动消谐系统。这种办法具有减少由阻尼绕组加上的制约的优点。

问题 2.4

是否还有已成功地实现降低铁磁谐振过电压的其他方法?

论文1.22(法国)提出基于神经(Neurone)技术的变压器差动保护。神经网络(Neurone network),早已流行于能量管理系统中,还不曾广泛应用于保护领域。神经网络设计成使跳闸成为可能。所得出的保护可提供与传统保护相同的性能。期望的得益主要是此保护的简单性和减少了加于传感器(特别是电流互感器)的约束。实际的方法是使用传统的部件,保护性能是根据试用基础上的代表性得出。实际上,网络现象必须在它们中澈底描述。

问题 2.5

神经技术是否已成为在所用算法的各阶段用于保护和逻辑控制的对象?

推荐的主题 1.3

安全和环保规程在变电站设计上的影响

论文1.23(西班牙)分析了极端环境情况,即36kV以下含有SF₆的装置在可能的暴露与依据有关人身健康的风险之间作出一平衡。所分析的情况关系到设备使用中或在设备使用寿命到期时由于短路或事故引起

的从装置中意外的泄漏。作者提出集中对 SO_2 浓度值的危险评价,此值对他们来说似乎是由此产品带来的最大危险。通过实现一些结构上的安排(吸附剂的出现)或运行上的安排(安装地点的适当通风), SO_2 的浓度仍可低于论及的四种不同情况下的容许值。所以,作者的结论认为对 36kV 以下设备中 SF_6 的应用,不论在正常或事故情况下,均不会有中毒的危险。

问题 3.1

是否每人对所下的结论有相同的意见?在操作中特别是在设备寿命到期时,为避免 SF_6 和其他副产物逸逸至周围空气中,操作者是否已采取专门措施?

论文 1.24(意大利)评估由 ENEL 创立的有关被氯化联苯污染了设备的打算。ENEL 的策略是拆除和消灭含有大于 500ppm 氯化联苯的变压器,对含有 25 至 100ppm 的则除去氯化联苯,对含有 100 至 500ppm 的则须一台一台地评价必要的措施。此外 ENEL 已对商业上可以取得的去污措施的性能作出评价。所有方法保证能保持处理过的变压器的介电性能以及保持一段时间的污染水平。对初始含有率小于 100ppm 的变压器,所有方法都有可能使处理后的变压器减少至 25ppm。对含有率在 100~500ppm 间的,六种方法中只有两种可保证其效率。作者指出,ENEL 此时已开发出用于对小于 500ppm 氯化联苯变压器的去污染的技术规范。

问题 3.2

作者能否对文中提及的去污染规范提出一些补充资料?其他可供比较的打算是否已创立?

论文 1.25(美国)提出了用于配电变压器的新的绝缘液。文中描述该液体的性能;物理的、介电的和化学的特性,还描述了与矿物油的比较,以及使用了该绝缘液的变压器的热性能。在重量上减少 30% 和介质容积上减少 60% 是可能的。从生态学讲,此新产品只包含两种化学成份,因此是更知名的。本文还描述了其毒性和生物降解性。

问题 3.3

对于今日能买到的这项产品,我们有无任何费用因素?这种产品是否能代替运行中的变压器的矿物油而性能方面不受损失或只能使用于特殊设计的设备上?

专题小组

论文 1.26(英国)描述一制造厂关于电流遮断设备的模拟和试验的方法。关于文中描述的压力模型,作

者将注意引向下面几点:绝缘质(重)量的影响, SF_6 分解的影响,过压力阀门的性能。作者强调在不能取得最好的可能的结果的风险下,需考虑全部的运行任务而不只着重于内部电弧。针对此分析,作者提出他们所坚持的绝缘,材料选择,外壳设计,配件,阀门等的办法。最后他们提出他们的试验方法以解答 IEC 标准 298 的准则。

论文 1.27(罗马尼亚)致力于证明根据可靠性的维修方法的优点。在一组两台冗余设备上用不同方法维修的理论可靠性研究的基础上,作者说明最佳的可靠性依赖于所选择的维修策略,而基于可靠性的维修方法给出最好的结果。

论文 1.28(英国)提出一种新的带可控硅的有载调压分接开关。现在的调压分接开关有两大缺点:动部件需定期维修;所用的机械系统不允许快速动作。作者所提出的调压分接开关响应快(1.5s 内完成 19 档分接操作)和最少维修量减少了损失。

论文 1.29(比利时)估量在含有中压断路器的设备中引用电子设备。评述了几种功能,如不需辅助电源的保护和断路器控制继电器的运行,所控制的电容蓄能的跳闸和断路器控制模块。

论文 1.30(法国)提出在法国开发的容许采用的中压中性点接地方式的全部设备,亦描述了用新的电网故障检测器的分级补偿阻抗,还描述了变压器在相对地故障电流下的切断功能。

论文 1.31(德国)提出根据可靠性、运行方便和人身保护等用户提出的期望的全部要求而设计的中压断路器。此外,在控制和仪表模块中的所用的数字技术提供了补充的安全闭锁和自动控制程序的功能。

论文 1.32(德国)描述用于中压断路器的一内部电弧检测系统。所用的传感器对电弧的光敏感。一处理算法可区别内部电弧与由外界照明或断路器操作引起的信号。此系统不需要任何特别的维护。

论文 1.33(德国)提出一计算变压器零序阻抗的方法,特别是用于低阻抗接地的电网。此方法,使用一导纳矩阵,已在许多变压器上应用并能按所得出的结果将它们进行分类。测量已经做过,并且是一种将计算结果与测量结果比较的手段,对双绕组变压器两者的分散性是小。

屠三益 译
陈效杰 校

1.01 关于配电线路电弧故障检测和故障距离计算的时域解

M. B. Duric, Z. M. Radojevic, V. V. Terzija (南斯拉夫)

引言

在配电系统中,单极和三极的自动重合闸对清除故障、改善用户的供电质量是有意义的方法。为避免永久性故障时的重合闸,在最近三年提出了一些有兴趣的解决办法,Duric 和 Terzija (1),Duric 等(2),Terzija 等(3),Duric 等(4)。在(1),(2)和(3)中数值算法是在频域内给出,而(4)是在时域内给出。在(4)中,不考虑故障电阻问题。可以断定,故障电阻必然会影响到电弧电压和故障距离估算的质量。在本文中提出一个考虑故障电阻的新的数值算法。通过这样的扩展,将推导出更加精确的数值算法,并获得一个更加普遍的解法。

新数值算法是建立在描述故障发生前、发生时以及发生后,输电线上暂态过程的基本微分方程以及应用最小误差二乘法估算未知模型参数的基础上。电弧电压可以用与故障电弧电流同相位的方波来模拟(1)。在大气中电弧的这种近似表达和它在上述微分方程中的实现,给我们一个把电弧电压幅值作为未知模型参数进行处理的机会。某些正的电弧电压幅值的存在,指明在故障点上电弧的存在,这样故障可以看作是暂态的故障。在这种情况下,自动重合闸将动作。在另一方面,对于没有电弧的(永久性)故障这个值是零,而在这种情况下,自动重合闸要闭锁。

在本文的第一部分将给出新数值算法的推导,而第二部分描述计算机模拟和实验室试验的结果。

算法推导

让我们假设一个发生在如图1所示的三相配电线路上的单相对地电弧故障。在图1中, v_A, v_B 和 v_C 是左边线端的相电压, i_A, i_B 和 i_C 是左边线端电流, v_a 是电弧电压, R_a 是故障电阻,而 v_F 是故障点的故障相电压。图1所示的三相电路能够用三个单相电路来表示:正序,负序和零序等效电路。正序和负序等效电路是相同的,如图2所示。在图2中, R 和 L 分别为正序或负序的线路电阻和电感。相应地零序等效电路如图3所示。在图3中所有的变量和参数是零序变量和参数。

对图2和图3所示的等效电路,能够写出下列的微分方程:

$$v_F = R i_F + L \frac{di_F}{dt} + v_F \quad (1)$$

$$v_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + v_a \quad (2)$$

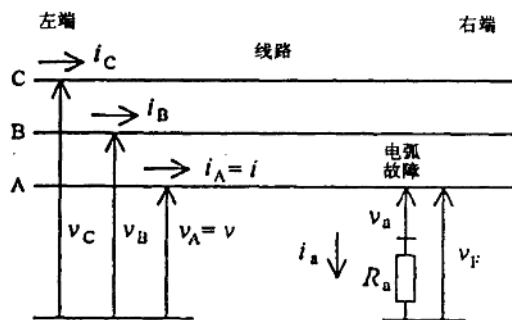


图1 三相电力线路中单相对地电弧故障

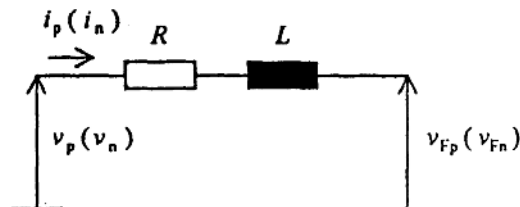


图2 正序和负序等效电路

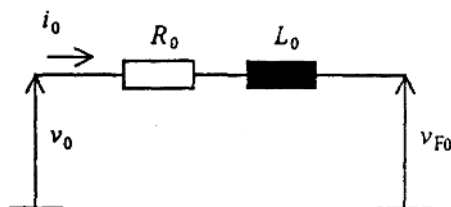


图3 零序等效电路

$$v_0 = R_0 i_0 + L_0 \frac{di_0}{dt} + v_F0 \quad (3)$$

正序和负序线路参数 R 和 L 与频率无关,因此方程(1)和(2)是完全正确的。方程(3)不是这样,其中 R_0 和 L_0 是与频率有关的线路参数,实际的变化取决于许多因素,例如,杆塔的结构、土壤的电阻等。对于本研究中的应用和所论及的频率范围,可以作出这样的近似,所有的线路参数作为与频率无关参数来处理。

将方程(1),(2)和(3)相加,可得:

$$v = R i + (R_0 - R) i_0 + L \left(\frac{di}{dt} + K_L \frac{di_0}{dt} \right) + v_F \quad (4)$$

其中: $K_L = (L_0 - L)/L$ 是一个能够预先算出的系数。

由图1,故障点相电压能够表示如下:

$$v_F = v_a + R_e i_a \quad (5)$$

在方程(5)中电弧电压假设为方波,受随机噪声的污染[1]:

$$v_a(t) = V_a \operatorname{sgn}[i_a(t)] + \zeta(t) \quad (6)$$

其中 $v_a(t)$ 和 $i_a(t)$ 分别是电弧的电压和电流, V_a 是方波的幅值, sgn 是一个符号函数, 定义为: 若 $x \geq 0$ 时 $\operatorname{sgn}(x) = 1$ 和若 $x < 0$ 时, $\operatorname{sgn}(x) = -1$, 而 $\zeta(t)$ 是零中值的高斯噪声。 V_a 的值是由电弧电压梯度(电流在 100A 到 20kA 的范围内, 平均电弧电压梯度在 12 至 15V/cm 之间, Maikapar[5])与电弧路径长度(例如一个悬式绝缘子串的闪络长度, 或导体之间的闪络长度)的乘积来得到。

把(6)代入(5)得到:

$$v_F = V_a \operatorname{sgn}[i_a(t)] + R_e i_a + \zeta(t) \quad (7)$$

为了化简, 我们假设 $i_a = k_a i_0$, 其中 k_a 是一个比例系数。在仅估算电弧电压幅值和故障距离的情况下, 不需要预先知道 k_a 的值。

把方程(1)至(7)组合起来, 得到下列方程:

$$v = Ri + L \left(\frac{di}{dt} + K_L \frac{di^2}{dt} \right) + V_a \operatorname{sgn}(i_0) + R_e i_0 + \epsilon \quad (8)$$

其中 $R_e = (R_0 - R + k_a R_e)$, ϵ 是考虑到所有的测量误差以及模拟输电线和大气中电弧误差的总误差。

在线路的一端, 例如左边线端, 线电压和电流能够按预定的采样频率 $f_s = 1/T$ 均匀地采样, 这里 T 是采样间隔。能够获得一组 N 个电压和 $N+2$ 个电流样本并标明为:

$$v_1 = v(t_0 + T)$$

$$v_2 = v(t_0 + 2T)$$

...

$$v_N = v(t_0 + NT)$$

和

$$i_0 = i(t_0) \quad i_{00} = i_0(t_0)$$

$$i_1 = i(t_0 + T) \quad i_{01} = i_0(t_0 + T)$$

$$i_2 = i(t_0 + 2T) \quad i_{02} = i_0(t_0 + 2T)$$

...

$$i_N = i(t_0 + NT) \quad i_{0N} = i_0(t_0 + NT)$$

$$i_{N+1} = i(t_0 + (N+1)T) \quad i_{0(N+1)} = i_0(t_0 + (N+1)T)$$

其中 t_0 是一个任意的时间基准。

使用方程(8)需要电流求导(di/dt)的数值计算, 可以使用下列的近似公式计算:

$$\frac{di(t)}{dt} \approx \frac{i_{a+1} - i_{a-1}}{2T} \quad (9)$$

因此, 对于第 k 个样本 ($k=1, \dots, N$), 可按下式:

$$v_k = i_k R + \frac{1}{2T} \{ i_{k+1} - i_{k-1} + K_L [i_{0(k+1)} - i_{0(k-1)}] \} L$$

$$+ \operatorname{sgn}(i_{0k}) V_a + i_{0k} R_e + \epsilon_k \quad (10)$$

方程(10)能够改写成下列缩写的矩阵形式:

$$v = [a_{k1} a_{k2} a_{k3} a_{k4}] x + \epsilon_k \quad (11)$$

其中:

$$a_{k1} = i_k, a_{k2} = \frac{1}{2T} \{ i_{k+1} - i_{k-1} + K_L [i_{0(k+1)} - i_{0(k-1)}] \}, a_{k3} = \operatorname{sgn}(i_{0k}) \text{ 和 } a_{k4} = i_{0k} \text{ 是与时间有关的系数, 以及 } x^T = [R, L, V_a, R_e] \text{ 是要估计的未知模型参数的向量。}$$

对于所有采样样本用方程(11)写出, 可以得到下面的矩阵方程:

$$[v] = [A][x] + [\epsilon] \quad (12)$$

其中 $[v] = [v_1, \dots, v_N]^T$, $[A]$ 是一个 $N \times 4$ 的系数矩阵和 $[\epsilon] = [\epsilon_1, \dots, \epsilon_N]^T$ 。

现在, 未知模型参数向量能够通过最小误差二乘法(使误差向量 $[\epsilon]$ 为最小)获得:

$$[\hat{x}] = ([A]^T [A])^{-1} [A]^T [v] \quad (13)$$

这样, 对于输电线路参数 R 和 L 以及电弧电压 V_a 的新算法能够细分成下列步骤:

1. 线端电压和电流的采集。

2. 系数矩阵 $[A]$ 和伪逆矩阵 $([A]^T [A])^{-1} [A]^T$ 的计算。

3. 未知参数的估算(方程(13))。

应翻转的正规矩阵 $[A]^T [A]$ 的阶数 $n=4$ 。对于这样一个低阶矩阵翻转成逆矩阵, 不需要复杂的方法。

在起动所介绍的算法之前, 必须选择采样频率 f_s 和采样次数 N (即数据窗口宽度 T_{dw})。通常选择 T_{dw} 等于 $2T_0$, T_0 或 $T_0/2$, 其中 $T_0 = 0.02s$ 和 $f_s = 6400Hz$ 。

从 V_a 的估算值能够对所发生的故障类型作出结论。如 $V_a = 0$, 故障是永久性的(没有电弧)。相反的, 如 $V_a \neq 0$, 故障是暂态的(有电弧)。另外, 计及电弧电压 $v_a(t)$, R 和 L 的估算将更精确, 给了我们一个改善微处理器为基础的距离继电器和故障定位器精度的机会。

本文提出的算法估算了故障距离和电弧电压幅值。它给出了最频繁发生的不对称单相接地故障的解。基于相同方法, 其他类型故障的解能够简单地推导出来。新算法对故障电流中出现的衰减的直流分量不敏感, 这就是在频域内应用离散的傅里叶技术所建立的算法的缺点。由于这个不敏感, 根本上改善了收敛性。

在下面两节中将介绍通过计算机模拟和实验室试验获得的主要结果。

计算机模拟试验

由 Lonard 等在 TU Kaiserslautern(德国)开发的电磁暂态程序用于产生输入电压和电流(6)。图7所示为用于试验的 110kV 电力系统的简图。

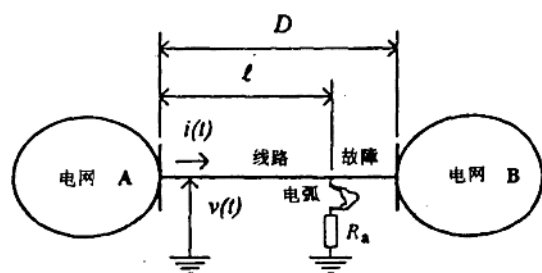


图7 试验电力系统

(译注:原文无图4.5、6)

图中 $v(t)$ 和 $i(t)$ 是数字化的电压和电流, D 是线路长度。通过线路常数程序计算的线路参数: $D=50\text{km}$, $R=5.0\Omega$, $L=0.0637\text{H}$ 和 $L_0=0.191\text{H}$ 。故障位置沿着全线路变化。

图8和图9示出对于有电弧的单相接地故障,以采样频率 6400Hz (128个样本/ T_0)采得的左边线端故障相电压和电流。故障发生在线路中部($l=25\text{km}$ 和 $X=10\Omega$)。电弧电压幅值是 $V_a=1.5\text{kV}$ 。

图10表示,在继电器位置所测得的和实施新数值算法所需要的输入变量值:故障相电压和电流以及零序电流。

通过对电压和电流的处理,借助于所述的算法计算得到的电弧电压幅值和线路电抗如图11所示。在同一图上画出由文献(4)算法获得的相应的不精确结果,这种算法没有考虑故障电阻 R_a 。显然新算法给出了更精确的结果,特别是在计算故障距离时。

当研究未知参数估算速度(算法收敛性)时,可以作出结论,从自动重合闸的观点来看它是足够快的。在故障开始后 20ms 内能够获得电弧电压幅值的可靠信

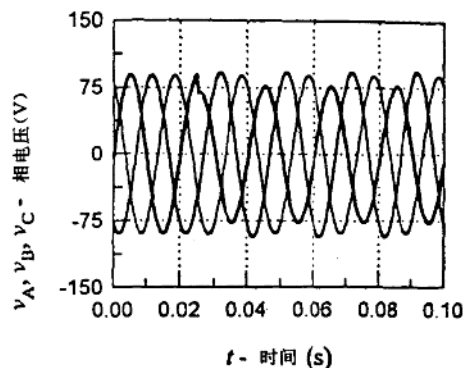


图8 故障相线端电压

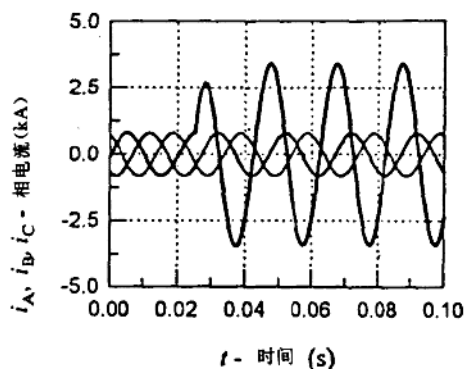


图9 故障相线端电流

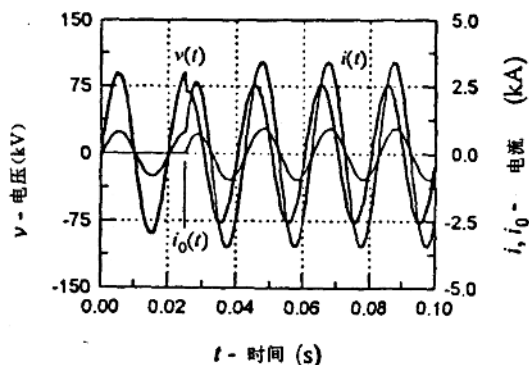


图10 故障相电压和电流以及零序电流

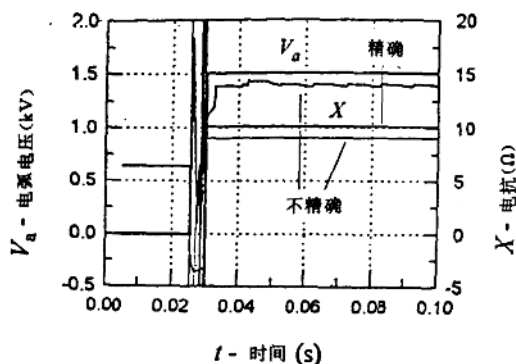


图11 电弧电压幅值和线路电抗

息。自动重合闸技术是以规定时延为基础的,它比这个时间间隔更长。此外,这样快的收敛满足距离保护的要求,因此这个算法也能用于这个领域。

图12描述了当故障距离分别为 $l=2.5\text{km}$ 和 $l=$

45km 时,在有无电弧的情况下电弧电压幅值的估算。

选择的数据窗口是 $T_{dw} = T_0/4$ 。

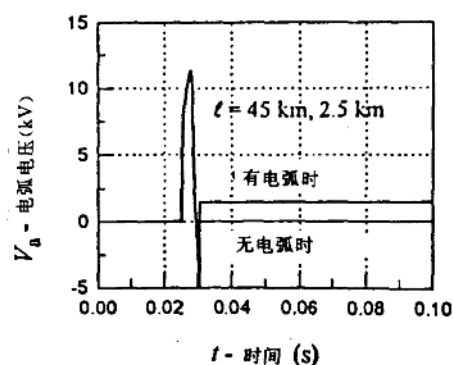


图 12 估算的电弧电压幅值

实验室试验

为了检验所述算法的准确性,应用高压实验室 FGH(Mannheim/德国)所获得的数据。在一条短的单相实验线路上在大气中激发电弧。目前还没有三相线路上不对称故障的输入数据。图 13 所示的是,从实验室试验电路中获得的数字化的电压 $v(t)$, 电流 $i(t)$ 和电弧电压 $v_a(t)$ 。使用一个具有 10.417kHz 采样频率的暂态记录仪把数据数字化。输入电压 $v(t)$ 和电流 $i(t)$ 示于图 14, 估算的未知参数示于图 15。为了估算参数,重新阐述本文所提的算法以适用于有电弧的对称三相故障的情况。

从本节所提出的试验,可以作出结论:新算法能够区别有无电弧的故障,并能准确地算出未知的线路参数 R 和 L 。

结论

当线路上出现对称或不对称的永久性故障时,为了闭锁自动重合闸,提出了新数值算法。它能够用于距离保护和故障定位领域。通过许多的计算机模拟,能够得出结论:这个方法对出现在输入信号(线端电压和电流)中的高次谐波和衰减的直流分量不敏感。还提出了一个非常有趣的实验室试验的例子,它证实了计算机模拟所得的极好结果。

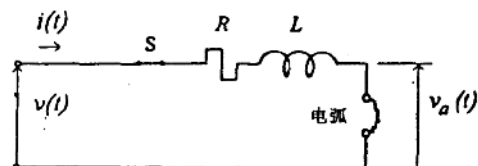


图 13 实验室试验电路

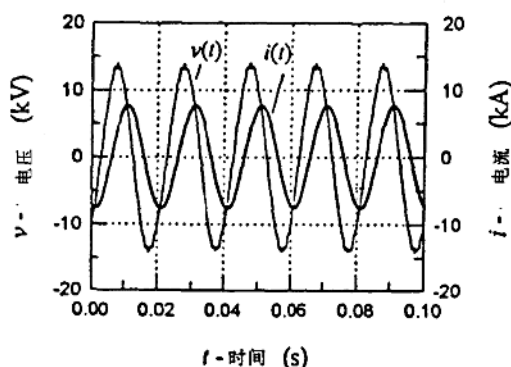


图 14 在实验室试验中记录的电压和电流

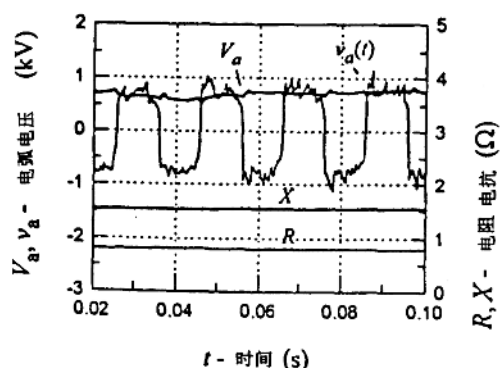


图 15 在实验室试验中电弧电压波形和所估算的未知参数

参考文献

1. Đurić M.B. and Terzija V.V., 1995, "A New Approach to the Arcing Faults Detection for Autoreclosure in Transmission Systems", *IEEE Trans. on Power Delivery*, 10, 1793-1798.
2. Đurić M.B., Terzija V.V. and Škokljek I.A., 1993, "Transmission line arcing faults recognition from the voltage signal", *11th PSCC*, 2, 1037-1040.
3. Terzija V.V., Radojević Z.M. and Đurić M.B., 1996, "A New Approach for Simultaneous Determination of Fault Type and Fault Distance in Spectral Domain", *IEEE Transmission and Distribution Conference*, 573-578.

4. Đurić M.B., Radojević Z.M. and Terzija V.V., 1996, "Digital Signal Processing Algorithm for Arcing Faults Detection on Transmission Lines", 12th PSCC, 2, 681-687.

5. Maikapar A.S., 1960, "Extinction of an Open Electric Arc", Elektrichestvo, 4, 64-69.

6. Lönard D., Simon R. and Terzija V.V., 1992, "Simulation von Netzmodellen mit zweiseitiger Einspeisung zum Test von Netzschutzeinrichtungen", TB-157/92 Univ. Kaiserslautern, Germany.

薛五德 译

藍之达 校

1.02 新的真空电弧控制技术 SADE—应用于真空灭弧室

M Honma, K Watanabe, M Nishihara, I Ohshima (日本)

摘要

应用新的真空电弧控制方法 SADE(电极自行电弧扩散),在相同的电极面积下,与现有的轴向磁场 AMF 技术比较,开断大电流的能力有了成倍的增长。SADE 的轴向磁场分布优化后,可更均匀地扩散真空电弧。

真空灭弧室所采用的 SADE 技术,已应用于范围为 12.5kA~63kA、7.2kV~84kV 的真空灭弧室。

绪论

在近 30~40 年中真空灭弧室开断大电流的能力有了提高。主要的技术有 GE 公司发明的螺旋状电极、电气联合公司(AEI)发明的端面齿电极及东芝公司(TOSHIBA)发明的轴向磁场(AMF)电极(1)。尤其是轴向磁场电极具有从较小电流到 63kA 及以上较大电流的良好开断能力。此外,在实验中证实的开断 200kA 电流至今仍是世界纪录(2)、(3)、(4)、(5)。

近年来,基础研究和开发工作已集中在优化每种技术,从而取得最低成本的真空灭弧室(6)、(7)、(8)。如图 1 中所举的 AMF 电极的例子,其每单位体积开断能力有显著的提高。

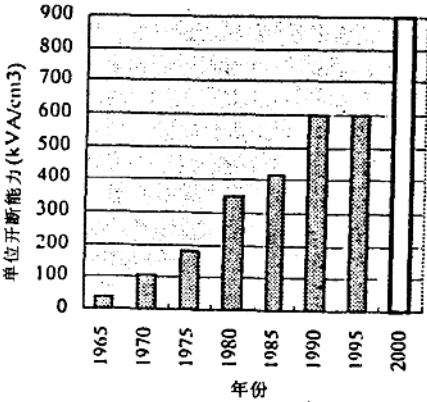


图 1 AMF 电极的大电流开断能力发展史

这些就是为优化电极结构,改善触头材料等等。如果用数字计算机分析,对 AMF 电极的磁场分布进行优化,甚至能得到涡流流过时的磁场幅值。此外,已经进行了阳极表面电流密集度的分析,和电流过零后直接与时间有关的阳极表面温度测量(9)(10)。

然而,传统技术具有其自身的局限性。电流开断能力的增强很可能会达到饱和。在上述情况下,的确需要技术突破。

本文介绍了新的真空电弧技术及其在真空灭弧室中的应用,范围从 12.5kA~63kA 和 7.2kV~84kV,它几乎满足了所有中压开关装置应用的需要。

AMF 电极技术

典型的传统 AMF 电极结构如图 2 所示。电流流过触头下面独立的环形线圈,环形线圈中的电流产生磁场。动电极的线圈和静止线圈都安装在同一方向,使产生的磁场垂直于载流杆的轴。这个磁场称为 AMF (轴向磁场)。

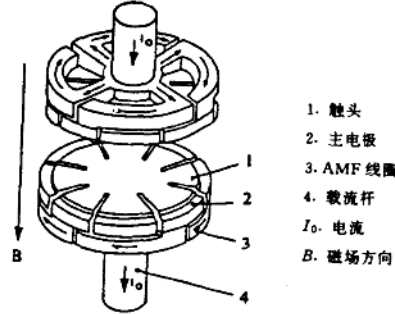


图 2 典型 AMF 电极结构

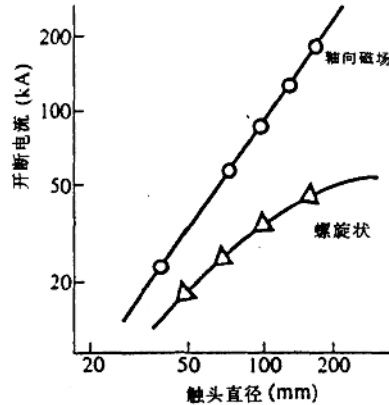


图 3 AMF 电极与螺旋状电极开断大电流能力的比较
处在 AMF 下的大电流真空电弧可能容易、平稳、均匀地扩散在触头表面上,使整个触头表面都有效地