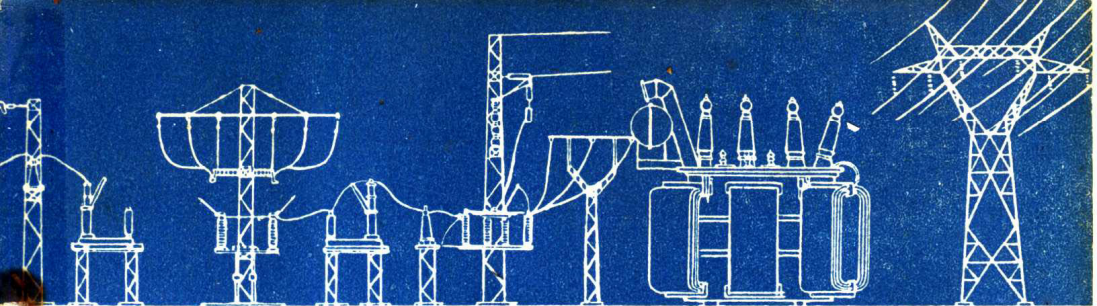




全国供电技术会议文件

2

线路升压

水利电力出版社

內 容 提 要

本書由七篇全國供電技術會議有關綫路升壓的技術文件彙編而成。書中首先從理論上闡明了輸電綫路升壓的問題；繼之，介紹了遼西154千伏電力網升壓為220千伏的經驗、李營綫升壓的运行情况和天津地區22千伏系統升壓的工作情况等。

可供電力系統設計、运行等方面的工程技術人員閱讀。

* * * *

全國供電技術會議文件

- | | |
|---------------|------------------|
| 1. 全國供電技術會議文件 | 6. 提高供電網的运行水平 |
| 2. 綫路升壓 | 7. 送電綫路的串聯電容補償 |
| 3. 提高開關遮斷容量 | 8. “兩綫一地”制電力網的試驗 |
| 4. 提高變壓器出力 | 9. 農村供電網 |
| 5. 供電網的基礎設計 | |

1958

全國供電技術會議文件

2

綫 路 升 壓

全國供電技術會議祕書處編

*

1854D529

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

850×1168 $\frac{1}{2}$ 開本 * 4 印張 * 102千字 * 定價(第9類)0.52元

1958年12月北京第1版

1958年12月北京第1次印刷(0001—8,100冊)

目 录

I、关于綫路升压問題的总结	2
II、輸电綫路的升压	2
第一章 輸电綫路升压情况	3
第二章 升压綫路的过电压及絕緣配合	7
第三章 升压綫路絕緣子在長時間較高电压下的性能	26
第四章 电量損耗	32
第五章 变压器在升压中的处理	43
第六章 154千伏綫路升压220千伏运行的試驗实例	47
III、辽西154千伏电力網升压为220千伏的工程总结	62
第1节 綫路部分	63
第2节 变电所部分	65
IV、李鞍綫升压运行情况	75
第1节 綫路情况簡述	75
第2节 升压工程中考虑的問題及进行的工作	75
第3节 升压后的运行情况	77
第4节 結論	80
V、天津地区22千伏系統升压工作	81
第一章 升压問題的提出	81
第二章 升压工作的技术措施	82
第三章 升压工作的組織措施	88
第四章 升压后的运行經驗与經济效果	90
第五章 升压工作中的几点体会	91
VI、牡丹江22千伏綫路升压为35千伏运行	93
第一章 避雷器和变电设备的絕緣配合	95
第二章 綫路的絕緣配合	103
第三章 通訊干扰防护	109
第四章 牡丹江地区电力系统升压后的繼电保护	114
第五章 結論	121
VII、利用單相变压器改制調压器使35千伏綫路升压至42千伏运行	121
VIII、利用單相变压器改制为消弧綫圈	123

I、关于綫路升压問題的总結

全國供电技術會議綫路升压專題小組

(見1958年全國供电技術會議文件 1 第 7 頁)

II、輸电綫路的升压

辽吉电業管理局沈陽中心試驗所

由于电力工业的发展,使原有輸电綫路輸送容量不足,因而需要用大量投資和時間来修建新的綫路。1948年以来,已有不少国家开始使用升高运行电压的办法来增加綫路的輸送能力。这样,可以用最少的設備、材料、人力,更重要的是以很短的时间使傳輸能力增加1.5~3倍,甚至更多的倍数,并使綫損显著降低;同时也能改善电力質量,增加供电网的輸送半徑,从而扩大电气化的区域。所以,升高輸电綫路运行电压的方法,已經不單是挖掘潛力的問題,而应看作与修建新設備具有同等重要意义的、发展电力系统的有效措施。

我国电力工业在解放后的9年来,有着飞速的进展,发电設備容量在9年来增加了2倍,总发电量增加了近3倍。但是,在大跃进的今天,由于工农业的突飞猛进,現有供电能力远不能满足生产发展的需要,所以升高供电設備运行电压的方法,已成为目前发展旧有电网的重要措施,因为它不只是完全符合多快好省的建設方針,也是在最短時間內滿足供电急需的關鍵措施。

为了便于全面开展輸电綫路的升压工作,在本文中不完整的綜述了一些国外及國內綫路升压情况,分析了升压中要考慮的几个問題,并对如何确定这些問題提出了初步意見。

第一章 輸電綫路升压情况

第 1 节 国外綫路升压情况

法国自1948年以来,进行了一系列的綫路升压工作〔文献 1〕。最初是使1930年前修建的110~120千伏綫路与1930~1935年修建的150~220千伏綫路直接連接,并統一电压等級,將阿尔布斯等地区 3 条以上全長約300公里的120千伏綫路增加了 1~2 片絕緣子,即用 $10 \times \text{CT-254}$ 絕緣升压为150千伏。其后,將 4 条全長300余公里的120千伏綫路,不作任何改变,以原有的 7~9 片絕緣子升压为 150 千伏运行。如其中全長 72 公里的鮑芒-拉里維尔双回綫路, 1 号綫以原有的 $(7 \sim 8) \times \text{Heulet 254}$ 絕緣升压至 150 千伏后,运行 8880 小时,只有 8 次遮断事故,每百公里每百小时的單位遮断次数为 0.13; 而另回在 120 千伏运行的 2 号綫,在同期的單位遮断次数則为 0.41。在 1952~1954 年間,法国 90% 的 110~120 千伏綫路已在綫路本身不作任何改变的基础上,升压为 150 千伏运行。法国还将 60 千伏綫路升压为 90 千伏运行,更有將多条 60 千伏綫路的絕緣子由 5 片增加为 7 片,直接升压 150 千伏运行的实例。如在 1952 年 7 月,將 1924 年建設的 45 公里、60 千伏圣·哈拜-圣·阿沃尔綫路以 $7 \times \text{CT-254}$ 升压为 150 千伏运行,經 3199 小时发生 4 次瞬时效故,單位遮断次数为 0.28。

早在 1948~1949 年,法国也对 150 千伏綫路升压为 220 千伏运行进行了一系列試驗,并在 1950 年大电力网會議发表〔文献 2〕。其后,法国于 1950~1953 年将全長千余公里的十几条 150 千伏綫路,不作任何改进,以原有的 $(9 \sim 10) \times \text{CT-254}$ 絕緣升压为 220 千伏运行。如其中的圣·維克多-戈定綫路,在 1948 年 5 月到 1949 年底以 220 千伏試运行的 2740 小时中,发生了 2 次雷害,單位遮断次数

① CT-254 絕緣子为外徑 254 公厘,高 130 公厘的悬式絕緣子。

約0.1次/百小時·百公里。在1950年1月到1952年的三年正式升壓運行中，共發生7次（其中6次為雷害）遮斷事故。這一綫路未升壓前，在1947年中亦曾發生6次雷害遮斷事故。在法國的3條以9~10片絕緣子直接由150千伏升壓為220千伏運行綫路的392,000公里小時運行經驗中〔文獻3〕，單位遮斷次數為0.153次/百小時·百公里（全部事故為雷害）。這些升壓為220千伏的綫路的導綫直徑多在20~22公厘範圍內。當導綫偏移時，導電部分與接地部分間的距离為1.5公尺以上。

值得注意的是，法國在升壓時多裝用了有非綫性并聯電阻的開關，顯著的降低了內部過電壓幅值〔文獻4〕。同時，由於法國電力系統分散，有高度穩定性，而且多為環狀網絡，一回綫遮斷時對供電的影響較小，允許單位遮斷次數高達12~15次/年·百公里。此外，在系統中應用了單相重合閘（慢速重合，無電壓時間約15秒）〔文獻5〕。這些具體條件是采用法國經驗時值得注意的。

繼法國綫路升壓之後，不少國家也廣泛的采用了這一措施。德國在1952年10月已將勃拉馬維列爾—萊茵省一段220千伏綫路的絕緣子由10×K-6增到13×K-6，在不更換導綫的情況下升壓為300千伏運行〔文獻4〕。英國也考慮了將132千伏電網升壓到275千伏的可能性〔文獻6〕。意大利也打算將132千伏電網升壓到220千伏運行〔文獻5〕。加拿大於1952年已將154千伏綫路升壓為220千伏運行，1958年又發表了將具有9片絕緣子及0.91公尺空氣間隙的115千伏綫路，直接升壓為230千伏運行的經驗〔文獻7〕。20個月中，因雷害及漏泄電流燒損橫担造成3次永久性接地事故。平均因雷電造成的單位遮斷次數為0.22次/年·百公里。

日本亦已將110~120千伏的豬苗代舊綫和馬羣干綫升壓為154千伏運行〔文獻5〕，更將不少22~60千伏電網改為中性點直接接地，并連同變電設備升壓 $\sqrt{3}$ 倍運行〔文獻8,9,10,11,12〕。如原為中性點不接地的22千伏志布志電網，杆塔中大部分為木杆，部分為鐵塔；絕緣子大部分為30千伏針式絕緣子，部分為20千伏針式或懸式絕緣子。經過一定試驗後，將4個變電所及36公里綫路升

压为直接接地的38千伏运行。又如原为中性点不接地运行的30千伏柚原电网和60千伏运行的宇和島綫，經一定試驗后，分別以原有的 $3 \times C-5$ 和 $5 \times C-5$ 絕緣直接升压为直接接地的52千伏和100千伏运行。

苏联早在20年前，即有將22千伏系統升压为35千伏运行的經驗，并將不少35千伏綫路升压为110千伏运行，因而节约了大量財富。如苏联奥吉斯电力系统，曾設計一条110千伏輸电綫路，全長50公里，造价需500万盧布。后来用一条与此平行的35千伏綫路，經加数片絕緣子后升压为110千伏，仅用4万盧布。在苏联的莫斯科、高里考夫、魯斯陶夫、阿魯航盖里等电力系統中，也曾將个别綫路由35千伏升压为110千伏运行〔文献13〕。

近年来苏联更广泛的研究了綫路升压問題，并拟訂了“35~220千伏輸电綫路暫行升压导則”〔文献14〕，認為苏联不少220千伏輸电綫路可升压为330千伏运行。近来，更对古比雪夫—莫斯科400千伏綫路进行了一系統的研究与試驗〔文献14,15,16〕，認為这条目前世界上最高电压的运行綫路，可在略作改进的基础上升压为500千伏或更高电压运行。

第2节 国内綫路升压情况

早在1952年，东北电力系统即將原設計为220千伏、暫以154千伏运行的松李綫升压，并將1935年建成的154千伏扶渾、渾鞍綫，略加改进(改名为李鞍綫)升压为220千伏运行。

李鞍綫全長123.5公里，于1953年8月30日升压为220千伏运行。在升压前改建了20基鉄塔(占总数的4.6%)，为使在兩端变电所出口处与另回154千伏綫路分架，而增設了16基鉄塔。按設計要求用 $11 \times C-5$ 絕緣及1.7公尺的空气間隙。在渾河到太子河口長約60公里的一段，原綫路絕大部分的悬垂串，由 $12 \times C-5$ 絕緣子組成，空气間隙亦在1.8公尺以上。

李鞍綫升压运行最初的11个月，沒有发生过遮断事故。从1954年6月22日到9月17日，在143~166号塔間曾連續发生8次

因絕緣子閃絡而引起的遮断事故，其中6次发生于前夜21~23时之間，2次发生于早晨3~8时之間。事故当时的湿度都在90%以上。事故后，发现該段有黑鸛，夜間站在鉄塔端部，經击落4只并采取了防鳥措施，更于該段換用了G-210型防尘絕緣子，迄今运行4年未再发生任何事故。初步分析，这些事故是与鳥害和沿絕緣子串的爬行距离較短有关的〔文献17〕。应该說明，事故只发生在約20基的一段，且略作处理即可長期安全运行，故認為这一綫路的升压是完全成功的。

近来由于鞍山、营口、錦州等地負荷的增長，又对西部6条154千伏綫路的升压問題进行了一些試驗与驗算，并提出了总長540公里的6条154千伏綫路，可用現有导綫 $10 \times C-5$ 絕緣及1.2公尺的空气間隙，直接升压为220千伏运行的报告〔文献18〕与設計方案〔文献19, 20, 21, 22, 23〕。

經初步估算，这6条全長540公里綫路升压220千伏运行，为改变变电所出綫及增設个别鉄塔，共需投資約35万元，其中青鞍、青营、阜青东等三綫，耐張串为 $12 \times C-5$ 絕緣，而直綫塔空气間隙尚有裕度，若在各直綫串再增加1片瓷瓶，总投資亦不过37万元，相当于每升压1公里綫路投資685元。这些綫路在升压后，輸送容量可增加1倍，不仅節約了時間，而且較新建并行綫路節約几十倍的投資。

在較低电压的綫路方面，天津供电局已將22千伏电网升压为35千伏运行；牡丹江局也已將22千伏綫路改为中性点直接接地后升压为35千伏运行。辽源供电局对165公里的44千伏綫路进行了試驗，認為可用原有的 $3 \times C-5$ 絕緣，在不作改建的基础上升压为66千伏运行〔文献24〕。此外，京唐77千伏綫路，也將於最近升压为110千伏运行。与升压有關的問題是比較多的，現仅就絕緣及电量兩方面略作叙述，并以最近即將升压的青鞍綫試驗作为例子。

第二章 升压线路的过电压及绝缘配合

线路是否能升压运行以及升高电压的程度，与绝缘耐受过电压的能力有直接关系。在线路绝缘上出现的过电压，一般有大气过电压、系统操作与事故时的过电压。而对升压线路来说，升压前后其耐雷水平几无变化，既或因建弧率的增加而使单位遮断次数略有增加，甚至因改变中性点接地方式而较多的增加了单位遮断次数，亦完全可以借助于自动重合闸来保证不间断的供电。对超高压线路，后者更是比较主要的。所以可以认为，内部过电压对线路升压来说，是一个决定性的因素。

对大气过电压的防护方面，可根据按内部过电压所选订的水平，用过电压保护导则中所推荐的方法进行验算。必要与可能时，并可用降低杆塔接地电阻等措施来增强线路运行的可靠性。国内电力工作者在这一方面已积累了比较丰富的经验，不再赘述。兹仅就各类内部过电压的性质、倍数、对绝缘的作用及限制方法等简述于后，并据此提出升压线路绝缘配合的意见。由于现有线路很少带串联补偿，故对带串联补偿时的过电压情况未予考虑。

第1节 内部过电压的分类及性能

高压电网中开关操作及某些故障的瞬变过程，常产生多种多样的过电压，就其产生的原因与性质可分类如下。

1. 线路及变压器切合时的过电压

(1) 切除空载线路电容电流时的过电压

切除空载线路时，由于被切线路上波的传播及有时发生的开关触头间的重燃现象，常在电源侧、线路上及开关触头间引起过电压。这一过电压受到开关性能和回路条件的影响，有时可达 $3U_0$ 以上。

(2) 突然合上空载线路时的过电压

无载线路突然投入时，由于线路上所产生的按其固有振荡频率传播的振荡波与电源的工频波迭加，可产生过电压〔文献25〕。在母线容量甚大时，此过电压不超过 $2U_0$ ；当母线容量较小时，一般亦不超过 $2.1 \sim 2.2U_0$ 〔文献16〕。

单相或三相重合闸成功重作时，由于线路两端开关动作时间上可能存在的差异，常发生与突然投入无载线路时同样的过电压。在甚长的线路上，由于线路末端电压的升高，可使此过电压较高〔文献26〕，但对一般400公里以下的线路，这种过电压亦不超过 $2.3 \sim 2.4U_0$ 。

(3) 切除非对称短路时的过电压

当回路中正序及负序电抗甚大于零序电抗时，在切除非对称短路时常能引起过电压。此时，故障电流较电源电压滞后约 90° 。当电流在零值附近遮断时，开关电源侧电压将由遮断前的最大弧电压瞬间转化为电源电压，故将产生略大于 $2U_0$ 的过电压〔文献27〕，最大达 $2.3 \sim 2.4U_0$ 。此时在健全相上，也能出现高达 $2.3 \sim 2.5U_0$ 的过电压〔文献16〕。

(4) 切断无载变压器时的过电压

当切断，尤其是以强制吹弧的开关切断无载变压器的励磁电流时，将因残存在变压器内磁能转化为静电能，而产生甚高的过电压。

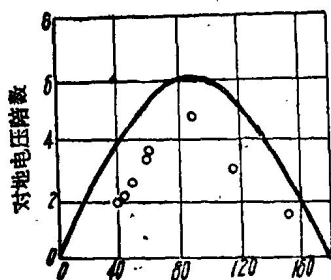


图 2-1 不同遮断瞬间时的过电压

斯里尼瓦遜〔文献28〕在小型变压器上进行了实测与计算，并用图2-1来分析了在不同电流相位切断时的过电压倍数，得出达 $4.65U_0$ 的最大过电压。

巴刺〔文献29〕在容量为12~100千伏安的110~220千伏变压器上进行了295次切断励磁电流的试验，并认为：1) 经长线或电网向变压器供电时，仅在被切变压器本身

有过电压,被切变压器直接由另组变压器供电时,开关两侧均将发生过电压;2)被切变压器高低压两侧的过电压倍数相近,可认为过电压在此时按变压比传播;3)用带电电阻的气吹开关和油开关切除空载变压器时,过电压倍数相近且较低,而用无并联电阻的气吹开关时,过电压倍数则较高。并联电阻有降低此过电压的作用;4)用各种开关切除所试验的5~45安范围内的励磁电流时,内部过电压随电流的增加而增加。文中并谈到了联有电容及中性点接地方式对过电压的影响。

巴刺所收集的一些数据,录于表2-1,以供参考。

表2-1 切除无载变压器时的最大过电压倍数

日期	网络电压(千伏)	过电压倍数			文献
		网络	开关	变压器	
1954	110及220	2.3	4.3	4.2	29
1953	6~220	3.3	—	6.1②	29-1①
1954	380	1.8	—	2.4	29-2
1954	130~380	1.9	—	3.8	29-3
1954	70	2.7	—	4.9	29-4
1951	220	2.2	4.5	3.5	29-5
1950	150	—	—	3.0	29-6

① 29-1的1字为巴刺引用文献号。

② 变压器短路。

沈阳中心试验所亦进行了为数不多的测量[文献24, 30],曾得到高达 $4.5\bar{U}_0$ 的过电压。试验中曾用刀闸代替开关切除变压器,发现有弧光缓缓拉断,并无过电压发生。

斯着戴[文献31]用简要的公式表出了切除无载变压器时的过电压倍数 K 与变压器线对地感抗 X_T 和变压器本身电容及附加电容量的线对地容抗 X_c 间的关系为:

$$K = -\sqrt{\frac{X_c}{X_T}} \sin\left(\sqrt{\frac{X_c}{X_T}} t\right).$$

这说明此时的过电压与 X_T 成反比,与变压器励磁容量成正比;

同样与变压器本身的电容及附加电容之和成反比。在条件可能时，若与被切变压器并联以相当变压器励磁容量25%的电容器，可限制此时的过电压在 $2U_\phi$ 以下。

正如过电压保护导则所述，切除无载变压器时的过电压，为一高周振荡，其持续时间约为半个工业周波的几分之一，一般可用阀型避雷器来限制，尤其在有了磁吹避雷器的今天，这样的过电压已不能成为决定电器设备绝缘水平的因素。

(5) 三相非同期投入时的过电压

由于开关三相在投入时不同期动作，则被投入变压器或电机的一相先受到由电源来的矩形电压波。此波传到另2开路相的终端时，将因反射而引起达 $2U_\phi$ 的过电压。在中性点不接地的系统中，若因一相接地同时事故相开关发生再点弧现象，则将在变压器内发生 $2 \times \sqrt{3}U_\phi$ ，即约 $3.5U_\phi$ 的过电压。在中性点直接接地的系统中，一般不会发生过高的过电压。

2. 故障时的瞬态过电压

(1) 间歇电弧接地过电压

在非接地系统中，由于一相间歇对地点弧，将在健全相上引起电压振荡，因而产生过电压，所以对中性点不接地的系统，这一点是要充分考虑的。

R.L. 纪兹开〔文献32〕曾以模型计算，给出了不同中性点电抗值时的过电压倍数。日本在1954年以来将某些22~66千伏非接地系统升压为 $\sqrt{3}$ 倍直接接地系统时，曾进行了为数不多的试验〔文献9, 10, 11, 12〕，在非接地系统中测得了 $1.6 \sim 4.5U_\phi$ 的非常分散的最大内部过电压倍数。

电弧接地过电压与电容电流数值没有简单直接的关系，电容电流大时，电弧变得比较稳定，不易中断，这样能使过电压降低。

过电压保护导则认为，根据测量结果，这种过电压不超过 $3U_\phi$ 。中性点经消弧线圈接地时，在大多数情况下，不会破坏正常运行而迅速消除单相接地，并限制此时所产生的过电压在 2.3

U_0 以下。

在低电压中性点不接地系统升压中，最好能进行一定的模拟与实例，来决定这一过电压的倍数。

(2) 持续性接地时的过电压

系统一相接地时，其电位由相电压瞬时降为零，因之在线地间产生一等价的极性相反的消去波。这一波在接地点与变压器间的线段上振荡，能引起幅值不甚高的过电压。

当中性点不接地时，此波将通过变压器绕组达到健全相上，并使健全相的电压升达线电压，在这一瞬变过程中将使健全相的电压因振荡而高达 $2.5 \sim 2.7 U_0$ 。实际由于阻尼衰减，此过电压一般亦仅达 $1.6 \sim 1.8 U_0$ [文献 27]。对直接接地系统，此过电压在 $1.15 U_0$ 以下 [文献 33]。

3. 系统操作与故障时的持续性过电压

(1) 无载线路末端的工频过电压

当对无载线路充电时，由于法命提效应，常使线路末端的电压升高。这对目前越来越长的高压线路，也常是严重的。但对目前要升压的线路来讲，影响并不大。择一计算例表于图 2-2，以供参考。

(2) 突然切除负荷时的过电压

在放射状电网中，由 1 回线向单一方向送电时，这种过电压最严重。随线路的增长，此过电压倍数也越大。按计算结果 [文献 33]，对约 300 公里长的线路，最严重时的过电压为 $1.28 U_0$ 。经计算，瑞典

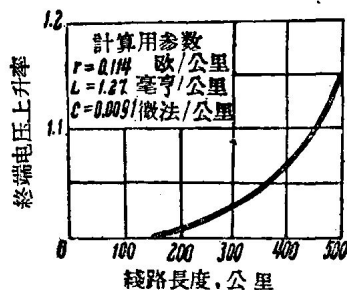


图 2-2 空载线路末端电压的升高

380 千伏线路，在密斯考切断 485 公里的线段时，送端电压上升到 $1.62 U_0$ ，受端上升到 $1.89 U_0$ [文献 34]。法国在马尔告外以 420 千伏切断 300 兆瓦 (功率因数 $\cos \phi = 1$) 的 578 公里 380 千伏送电线时，送端电压上升到 145% [文献 35]。此外，曾在 138 ~ 380 千伏系统内

統計到 $(1.6 \sim 1.9)U_0$ 的記錄〔文獻16〕。

在多數情況下，超高压远距离送電綫多設有中間開閉所，遮斷長度一般在300公里以下，故可認為此過電壓倍數在1.3以下。

(3) 共振過電壓

1) 長距離綫路供變壓器勵磁時的共振過電壓

在長距離送電綫上接有無載或輕負荷變壓器時，若變壓器勵磁回路中成周期性改變的非綫性電感與綫路電容形成諧振，並因二次諧波的自勵磁，可引起過電壓。

在220~400千伏綫段上為數不多的經驗表明，在出現二次諧振時的最高過電壓值可達 $1.67U_0$ ，模擬中得出為 $1.9 \sim 2.1 U_0$ 〔文獻26〕，其持續時間可達數秒之久。

這種長時間較高的過電壓是系統中不能容許的，應找出其來源，並從改變回路參數方面設法消除。

2) 鐵芯飽和與中性點的不安定現象

在中性點非接地回路中把星形接綫的變壓器中點接地，若其二次側同樣為星形接綫或開口三角接綫時，有時會發生過電壓。此時，在中性點不僅以基本頻率振蕩，並有可能產生分次和2、3次諧波的振蕩，其中基本頻率的振蕩即為中性點反傾現象。

這種振蕩有時引起長時間的甚高電壓，只有靠適當的改變回路參數來消除。

第2節 切除空載綫路時的過電壓

前節概略的敘述了各種主要內部過電壓的性能，由此不难看出，除必須改變回路參數來消除某些幅值較高的持續過電壓外，切除空載綫路時的過電壓是發生頻繁、持續時間較長且幅值相當高的內部過電壓，也是在決定系統設備絕緣水平時應着重考慮的一種過電壓，尤其在直接接地的超高压電力系統內，常直接用這一過電壓來決定所需的絕緣水平。

為了能在安全的基础上，經濟合理的選定升壓綫路的絕緣水平，僅就不多的實測結果，簡略的分析于下，並提出幾種可用的

限制措施。

1. 切断空载线路时过电压的危害

切除空载线路是系统的正常运行方式之一，设备及线路绝缘应能承受此时所发生的过电压，而不因闪络造成事故。

在实际运行中，曾有不少因开关性能不良或运行方式不利而在切除空载线路时发生设备绝缘事故。苏联曾因 A.G.E 型 APF 开关未能遮断电容电流，由电弧引起相间短路事故，亦曾在 110 千伏线路上发生绝缘闪络、电压互感器损坏及 MKII-160 型多油式开关灭弧室损坏事故〔文献36〕。1952年，丰满厂用 ICB-220 开关切除空载线路时，曾发生因灭弧室表面闪络而引起的母线接地事故。1955年在 BB-220 型开关未改进灭弧触头前，也曾因在较高的电压下，由单一发电机和变压器切除长约 400 公里的线路而引起开关崩坏的事故。

2. 切断空载线路时过电压的性能

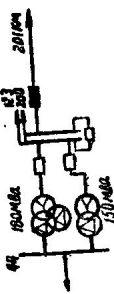
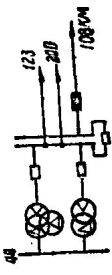
切除空载线路时的过电压，在很大程度上决定于系统接线方式和开关性能，由于电弧过程的复杂性，很难用计算方法准确地求得结果，一般多靠实测及模型上的研究来确定。

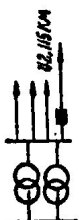
巴刺等人〔文献29〕曾以 1938~1952 年所制各型开关，在 60~300 千伏电压及不同线路长度与运行方式下，进行了 218 次切除空载线路的实测，得出许多有意义的数字。巴刺分析了这些数据并指出：仅经一发电机-变压器组切除空载线路时，开关电源侧的过电压倍数较高，而当电源侧为一电网时，线路上所发生的过电压常高于开关母线侧的过电压。此外，经消弧线圈接地时所发生的过电压略高于中性点绝缘时的数值。巴刺在不少试验中使用同样回路来切除不同长度的线路，但从所有的数据中皆未能看出被切线路长度与过电压幅值的关系，最后巴刺认为线路长时过电压有减小的趋势。

约翰遜〔文献37〕以无并联电阻及电量元件的模拟装置进行了一系列切除空载线路的模拟，同样认为母线上有多条引出线时，切除空载线路所发生的过电压倍数要减些。从对不同被切线路长

切除无载线路时的过电压

表 2-2

序 号	开 关		回 路 结 綫		綫 路		試驗次数及过电压倍数						备 考	
	額定 电压 (千伏)	型式	有无 并联 电阻	制造 日期	结 綫	变 压 器 中 性 点 接 地 方 式	工 作 电 压 (千伏)	長 度 (公里)	切 除 綫 路 后 电 源 情 况	切 除 綫 路 次 数	綫 路 最 大 記 录 个 数	母 綫 最 大 記 录 个 数		开 关 最 大 記 录 个 数
1	220	气 吹 APF	无	1955		直接接地	210	201.5	綫路 共有 2 条 共長 223 公里綫路	40	82	26	36	3.35
2	220	气 吹 APF	无	1955		直接接地	210	108	綫路 共有 2 条 共長 323 公里綫路	↑	63	11	1.62	—
3	220 44	气 吹 APF 少油 HPF	无	1955		直接接地	210	108	主变低压 側由 44 千 伏电网供 电	143	39	3.0	12	2.2
											30	1.28	—	—

4	220	气吹 APF	无	1955		直接接地	210	108	—	↓	109	3.0	53	3.34	—	—	③
5	66	多油 芝浦	无	1940		经消弧线圈 接地	66	41.5 三条共长 380公里 的线路 115.2	6 33	6 32	1.34	—	—	—	—	—	—
6	44	多油	无	—		经消弧线圈 接地	对地电 压 44 千 伏	50	两条共长 约100公 里 线路	20	30	2.8	40	1.83	—	—	④
总 计									352	566	3.0	183	3.34	36	3.35		

① 被切线路上联有一组 HKΦ-220 互感器;

② 由主变低压侧切除;

③ 被切线路上联有一组 HKΦ-220 互感器;

④ 被切线路为两线一地运行, 过电压倍数按切前电压的倍数计算。