

[苏联] Л. И. 德沃斯金 著

高压配电装置的 布置和结构

中国工业出版社

高压配电装置的布置和结构

〔苏联〕Л.И. 德沃斯金 著

郑 平 译

中国工业出版社

本书研究高压配电装置主要的和最典型的布置方案，并对其经济性、经济性和运行方便等作了分析。

本书提供了有关火力发电厂和降压变电所的其他高压设备及其场地布置的资料，以及对各种联接和供电线路方案进行技术经济比较的资料。

本书的内容着重于苏联已经设计和建成的配电装置的布置，也介绍了其他国家配电装置的结构和布置的资料。

本书供从事建设和设计配电装置的工程师和技术员阅读，也可作为高等院校的学生在进行发电厂和降压变电所课程设计和毕业设计时的参考书。

Л. И. Дюккин
КОМПОНОВКИ И КОНСТРУКЦИИ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ
ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ
Москва 1960 Ленинград

高压配电装置的布置和结构

郑平译

水利电力部办公厅图书馆编辑部编辑（北京阜外月坛南营房）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路西10号）

北京市书刊出版业营业许可証出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168/16$ 印张 $83\frac{1}{2}$ 插页2 · 字数499,000

1965年7月北京第一版·1965年7月北京第一次印刷

印数0001—3,700 · 定价（科五）5.30元

统一书号：15165·3725（水电-493）

第一版序言

作者从事配电装置设计方面的工作，亲眼见到在许多情况下，配电装置的建造尚未达到必要的可靠程度和运行方便的要求。

其实，设计和建造得正确合理的配电装置，一定能够在运行人员付出最小劳动量的条件下，保证可靠的工作和良好的运行条件；可是，设计和建造得不好的配电装置，却需在运行中特别注意，并且运行人员需要花费相当大的劳动量，而终究还是不能保证必要的可靠性，一旦当配电装置发生事故时，不能保证将事故局限到必要的程度。

作者编写本书的任务，是概括各种电压配电装置的设计、建筑、安装和运行的经验，阐明必须满足这些配电装置的一般要求，以及介绍苏联最新的配电装置的结构。

本书内容多半是引用火电设计总院的资料。这些资料是总院院长A. H. 契脱维里欽柯供给作者的。

火电设计总院和各分院的全体设计人员曾集体创立了配电装置的许多标准方案，这些方案在苏联电力建设中已获得了广泛的应用。特别是，作者认为必须指出，在最近几年中，工程师C. A. 阿列克谢耶夫、Л. М. 洛普希兹、H. H. 斯捷潘诺夫和E. Ф. 查依会同作者一道参加了标准结构的拟订工作。

本书供从事建设和设计配电装置的工程师和技术人员之用，也可作为高等技术学校学生的参考书。

作者感谢И. Г. 格鲁金斯基教授在审查本书原稿时提出的极宝贵的意见，也感谢科学技术硕士Л. H. 巴善季丹诺夫在校阅原稿时所付出的巨大劳动。

作者衷心地接受读者对本书的一切意见，并谨致谢忱。

作者
1950年

第二版序言

自从“高压配电装置”一书第一版出版以来的十年中，苏联和国外的动力技术发生了很大的变化。

电力系统和发电厂的容量的增长，以及发电机和变压器的单位容量的增大，都要求采用新的技术措施来解决。

鉴于运行经验和尽量降低造价的需要，促使在各种电压配电装置的结綫和布置方面，必须采用新的解决方案。

例如，具有单母綫的3~10千伏配电装置的结綫，过去曾经是发电厂厂用电和降压变电所的同級电压配电装置的标准结綫；而现在在变电所和发电厂的35和110千伏配电装置中也推荐广泛应用这些结綫。又如对于由送电綫路的分支綫供电的35~220千伏降压变电所的配电装置，则推荐广泛应用完全不装开关或具有最少数量开关的最简单的结綫。

在过去一段时期内，苏联掌握了具有单母綫、出綫上不装电抗器的3~10千伏成套配电装置的生产，因此，对于出綫上不装单独电抗器的发电厂3~6千伏厂用配电装置和降压变电所的大多数6~10千伏配电装置，实际上已可不用其他类型的结构。至于在国外，成套配电装置已开始用于一直到220千伏的电压（包括220千伏）。

在工厂变电所中，除了应用6~10千伏成套配电装置以外，也广泛应用預先在安装单位的加工厂内完全制作好的、可在較短期限内在现场安装好的成套装配式間隔（KCO型間隔）。

在苏联，尤其是在国外，广泛应用在工厂内整个制造好的成套降压变电所。

苏联在上述时期内，在发电厂和降压变电所的3~110千伏屋内配电装置中，几乎已完全不用箱式油开关，而用少油量开关和空气开关代替。

由于降压变电所轉为集中维护，变电所内沒有固定的值班人員，这就不能不影响到变电所的结构和布置。

由于装配式鋼筋混凝土结构，在屋内和屋外配电装置中获得了普遍的应用，当然也不能不影响到这些配电装置的结构。

苏联伏尔加河列宁水电站和由該水电站至莫斯科的400千伏送电綫路、斯大林格勒水电站和由該水电站至莫斯科的500千伏送电綫路，以及在这些水电站、降压变电所和綫路開閉所中的400和500千伏配电装置，在这个时期内相繼竣工投入运行。

至于国外，在这个时期内投入运行的有275、330和380千伏配电装置。

配电装置的新结构和布置，是在苏联工厂已掌握了新型高压设备的生产的基础上拟訂的。

在上述时期内，又重新审查修訂了许多标准資料。

鉴于以上所述的一切情况，致使有必要从根本上修訂本书的第一版，并必須大大地增加应用新結構和扩大电压范围以后的新的結構和布置。

同时，仍然有必要闡明有关配电装置布置的主要設計原則，这是因为实践証明，个别設計单位有时会屢次健忘下述的事实。根据具有高度局限事故作用和設備运行非常方便的新布置的良好的运行經驗，証实确能保証配电装置长期无事故运行；但个别設計人員因为这个有利的情况，竟怀疑这些局限事故和保証运行方便的措施是否多余；他們認為不一定要采用这些措施。結果，他們又回到几十年前所用的旧式配电装置的结构和布置。要知道，我們正是在这些旧式配电装置的不良的运行經驗的基础上，才决定摒棄它們而采用更加完善的新的結構和布置方案。

在最近几年中，虽然对所有的屋外和屋内配电装置拟訂出适用于新設備安装的新式布置和結構，但是并不排除在个别情况下，例如当现有的配电装置扩建而必須利用已有的旧設備时（如从某个电网中拆除遮斷容量不足的箱式开关，而將它們安装在其他容量較小的电网中），执行旧式布置的必要性。

所以，有必要來簡短地討論一下舊設備的配電裝置的安裝，並考慮到這些舊設備的特點。

也必須指出，在設計實踐中，曾經不止一次地發生過這樣的情況：在某個時間所採用的、當時認為最合理的佈置和一些方案，以後被新的所代替，而再過一些時間當條件起了變化以後，這些舊的佈置會“復活新生”，於是採用它們又變成正確的了。

以上這些理由雖然十分簡略，但由此可見，討論一下配電裝置的各種不同的結構和佈置的發展過程也是恰當的。

“高壓配電裝置”一書曾經得到過下列單位的評論：在1951年有莫斯科動力學院，在1957年有列寧格勒加里寧工業學院、榮膺列寧勳章的基輔工業學院、烏拉基洛夫工業學院、新謝爾克斯奧爾忠尼啟則工業學院和中亞細亞工業學院。

作者滿意地指出，按照以上單位的評論意見，大學生和教師在進行課程設計和畢業設計時，普遍地使用這本書。

在1957年的評論意見中也指出，書中一方面必須刪去一些陳舊的材料，而另一方面又必須補充有關變壓器的安裝、同期調相機的安裝、發電機引出線電氣設備的佈置、大電流連接、發電廠和變電所的配電裝置的場地佈置等方面的材料，以及在設計時對各個方案進行技術經濟比較用的各種電壓和各種類型配電裝置的各個元件的價目指標。

鑑於高等技術學校的這些願望，以及為了能夠更全面地闡述發電廠和變電所的高壓設備，在本書中適當地增加了新的章節。

本書中提供了最近幾年中擬訂的標準設計方案，和某些適合於具體條件的設計方案。這些資料主要是取材於火電設計總院和各分院，部分取材於其

他的單位（其中大多數取材於有關雜誌和書刊）。作者本人承認，上述這種情況難免在書中烙上了內容具有一定局限性的痕跡。但是，必須直截了當地說，作者並沒有在自己面前擺出將所有設計單位的設計方案都搜羅進這本書中的任務（雖然他們所擬訂的方案對於一定的條件毫無疑問是合理的，也是值得注意的），因為這樣的任務對於一個人來說，是完全不能勝任的。

闡明電力供應的領域內的所有設計單位的設計方案，是在這些設計單位中工作的許多作者的任務，正是他們方才能够、並且應當完成這個必要的工作。作者希望本書的出版，對高等技術學校的學生以及從事高壓設備的設計、安裝和運行方面工作的工程師和技術員有所幫助。

本書中不討論特殊用途的、臨時供電用的和工業企業車間變電所用的高壓設備，例如：電氣除塵器的配電裝置，移動式變電所和發電廠的配電裝置，冶金、造紙和類似的工廠和車間變電所的配電裝置，安裝在水電站壩體內的配電裝置，或者建造在水電站建築物頂上的配電裝置等。

作者感謝火電設計院的管理部門和一起合作的同志們，因為他們供給許多設計資料作為專題討論的內容，否則本書是不可能出版的。

作者深深感謝列寧格勒工業學院發電教研室對本書原稿所提的意見，並且衷心感謝Б.А.吉立雪夫教授和И.П.阿法納西耶夫工程師在校閱本書時所作的工作和寶貴的指示。

作者衷心地接受讀者對本書中所引用的材料的一切意見。請將這些意見寄到下列地址：莫斯科水閘河岸街10號國立動力出版社。

作 者

目 录

第一版序言	
第二版序言	
第一章 緒論	1
第二章 屋內配電裝置的結綫、結構和布置	3
第一节 0~10 千伏屋內配電裝置的結綫	3
第二节 6~10 千伏屋內配電裝置的結構元件和布置	23
第三节 35、110 和 220 千伏屋內配電裝置	101
第四节 屋內配電裝置的安裝系統圖	135
第三章 屋外配電裝置	142
第一节 結綫	142
第二节 屋外配電裝置的母綫材料	151
第三节 架設母綫用的結構的材料和形狀	152
第四节 設備支架的材料和結構	153
第五节 屋外配電裝置場地的評述	161
第六节 電氣設備的安裝方法及其對屋外配電裝置布置的影響	161
第七节 屋外配電裝置的設備防止直接雷電的保護	164
第八节 設備的結構形狀及其對屋外配電裝置布置的影響	164
第九节 淨空尺寸和最小距離	167
第十节 屋外配電裝置的布置	168
第十一节 屋外配電裝置的安裝系統圖	276
第四章 成套配電裝置和成套變壓器室	
第一节 成套配電裝置的一般評述	277
第二节 屋內成套配電裝置	278
第三节 屋外成套配電裝置	302
第四节 成套變壓器室	321
第五章 發電廠和降壓變電所中變壓器的安裝	331
第一节 概述和一般要求	331
第二节 降壓變電所中變壓器的安裝	338
第三节 發電廠中變壓器的安裝	352
第六章 發電機引出綫電氣設備的布置	360
第一节 概述和一般要求	360
第二节 當單元結綫中沒有開關和分支綫時發電機引出綫電氣設備的布置	360
第三节 當主回路中和分支綫上安裝開關時發電機引出綫電氣設備的布置	360
第四节 當主回路中安裝開關和分支綫上安裝電抗器與開關時發電機引出綫電氣設備的布置	363
第五节 當應用單相隱蔽母綫時發電機引出綫電氣設備的布置	365
第七章 同期調相機的安裝及其電氣設備的布置	374
第一节 概述和一般要求	374
第二节 同期調相機的安裝	379
第八章 發電廠和變電所的大電流連接	385
第一节 大電流電纜連接	385
第二节 大電流母綫連接	388
第三节 大電流組合導綫連接	400
第九章 降壓變電所和火力發電廠的配電裝置的場地布置	406
第一节 概述和一般要求	406
第二节 降壓變電所的布置	406
第三节 火力發電廠中的配電裝置的布置	412
附 錄	445
附錄 1 分器電抗器	445
附錄 2 載流母綫新結構的計算	460
附錄 3 建造配電裝置的必要措施和要求	474
附錄 4 發電廠和變電所的建筑設計的防火標準	484
附錄 5 建筑結構的耐火極限和可燃性等級分類	487
附錄 6 構件的建筑特性與建筑物和構筑物的耐火等級的關係	488
附錄 7 發電廠的總平面布置以及對開關室、變壓器室和電纜隧道的一般要求	489
附錄 8 屋內配電裝置設計中所用的計算荷重以及牆壁和樓板中的留孔尺寸	490
附錄 9 電工部份的技術-經濟計算資料	491
附錄 10 應用装配式鋼筋混凝土統一結構的 110~500 千伏屋外配電裝置	511
參考文獻	523

第一章 緒 論

配电装置必須滿足的基本要求，是其所有部分必須工作可靠，維護安全。此外，結構的經濟性以及能否採用工業化的施工方法以縮短安裝工期和加速新容量的投入，也具有很重要的意義。

在“電氣裝置安裝規程”^①中，雖已列出許多確保電氣裝置工作可靠性和維護人員安全的必要措施，但是這些必要的措施，遠不能解決在選擇電氣裝置的布置、結綫及其在發電廠或變電所中的場地布置時所產生的一切問題。

如果電氣設備（電器、導電部分和絕緣子）選擇和裝置得正確合理，便于運行，並且在發生事故時能很好地局限事故，那麼，必然能夠保證電氣裝置可靠地工作。

如果說，在蘇聯電站部頒發的各種導則資料中，在電氣設備的選擇和裝置方面，已具有足夠的規定的指示，那麼，在決定電氣裝置工作可靠性的其餘兩個條件方面，就尚未有類似的資料。其實，有許多涉及電氣裝置運行方便的問題，是尚無定論的。關於屋內電氣裝置的採光問題，就是這樣的一個例子。

如果在開關室內，可從內部的維護走廊借天然採光時，則可保證電氣設備檢查和檢修屋內電氣裝置有最方便的条件。但是，甚至在獨立的開關室內，也只有當走廊布置在外牆旁邊時，才能夠保證這樣的天然採光。屋內電氣裝置的內部走廊，通常只採用人工照明。

同時，運行經驗指出，電氣裝置的窗子是運行中必須特別注意的對象，因為玻璃和窗框必須很好地維護，並且在秋季和春季必須及時清除積聚在窗子內表面上的大量潮氣。

當電氣裝置布置在空氣中多塵的工業企業廠區內時，大量塵埃會經過窗子侵入開關室內，而窗子本身對走廊的採光來說，效果是很微弱的。

大多數容量不大的、沒有固定的值班人員的屋內電氣裝置（例如大城市中的配電站），是沒有窗子的。

考慮到，即使在最巨大的電氣裝置中，由於運行人員在其內工作的時間很短，並且窗子對運行也非常不便，所以，火電設計院認為屋內電氣裝置不應有窗子。我們也認為這是完全正確的。可是，其他一些單位卻認為，甚至僅在部分走廊中利用天然採光，因而使運行條件變得象上述那樣的複雜也是值得的。

“電氣裝置安裝規程”第85條中指出：“電氣裝置可以無窗，但在無守衛之處必須無窗”。電氣裝置安裝規程的這條指示之所以不十分確定，其原因顯然是由於對這個問題尚缺乏統一的、確定的結論。

在電氣設備事故局限到必要程度這一點上，也存在著分歧。

在屋內電氣裝置中，必須考慮到儘可能使由於絕緣子击穿或閃絡、電纜盒閃絡、隔離開關誤操作或誤合在檢修後忘記拆除的接地綫上等所引起的電弧，只損壞少量的設備，並且又要使絕緣燒壞形成的煙灰或導電部分的金屬蒸汽，不致落在相鄰的、沒有故障的回路中。

當接在電氣回路中的每個電器分別布置在單一的、完全密閉的小室中時，可以獲得最好的效果。但是，在這樣的電氣裝置中，完全喪失了觀察電氣設備的可能性，因而為了保證無事故運行起見，所有的元件在絕緣、額定電流、開關遮斷容量等方面，必須做成具有高度的可靠性。建造這種電氣裝置是十分複雜和昂貴的，而且勞動量和材料的消耗量也是較大的。

在蘇聯，電氣裝置的建設實踐，是在運行經驗的基礎上，沿着另外一條道路前進的。

母綫、母綫隔離開關、少油量開關、出綫隔離開關和電纜盒都安裝在敞開的、帶網狀遮擋的小室

^① 在本書附錄3~7中，也載有蘇聯國立動力出版社在1949、1950和1957年出版的“電氣裝置安裝規程”，以及根據電氣裝置的設計和建設的實際經驗所作的修正及補充案文。

中，只有多油量开关和出綫电抗器才安装在密閉的小室中。

这样的装置能够保証很好地观察电气設备，也允許借定期巡視的方法来检查电气設备是否处于良好状态。其缺点是局限事故的条件变得比較困难一些。

在这样的配电装置中，采用下列方法来局限事故：

1. 接在一个电气回路中的电器，分別布置在相互之間用整体楼板隔开的各层中，或布置在相互之間用整体間壁隔开的相邻小室中。一个电器与另一个电器的联接，应用母綫和套管。

2. 隔离开关安装在很深的小室中，以便使所产生的电弧飞越到相邻小室中的导电部分的可能性很小。

3. 各回路之間用耐火的間壁分开。

4. 一个回路的各相之間用耐火的間壁分开。

5. 配电装置的縱向走廊用帶門的橫向間壁分段，以便烟灰和气体不致扩散。

关于在建造配电装置时，是否应当采用上面列举的全部或部分局限事故的方法，須視配电装置的类型、用途、重要程度及其他因素而定。

根据运行和建設經驗的研究指出，不論在任何情况下，应当力求选择既能保証必要程度的可靠性，同时又考虑到建造配电装置的复杂性和价格的最有利的方案。

編著本书的目的是向讀者介紹各种类型配电装置的最合理的方案，指出配电装置的结构和布置应当进一步改进的途径，以及启发讀者善于按照一定的現場条件和设备类型来求出合适的和合理的方案。

当然，在本书中无法提供所有可能的布置，而只能举出最典型的和在苏联应用最广的一些布置。至于国外的布置，也只能援引其中最典型的布置。

第二章 屋內配电裝置的結綫、結構和布置

第一节 6~10千伏屋內

配电裝置的結綫

一、降压变电所 6~10 千伏屋內配电裝置的結綫

降压变电所 6~10 千伏配电裝置的运行方便性以及对用户供电的可靠性,在很大程度上取决于配电裝置的結綫,也就是取决于母綫的組数及其分段的方式。

按照苏联电站部在 1955 年 10 月批准的标准变电所設計基本条例,对于装置两台单位容量在 15 兆伏安以下变压器的降压变电所, 6~10 千伏配电裝置規定采用借开关分成两段的单母綫。配电裝置由工厂制造的屋內或屋外成套間隔构成。

在供給用户的出綫上不装电抗器。

这类变电所的正常运行方式是两台变压器分开运行,当其中一台变压器切断时,分段开关自动合上。由于变压器分开运行,所以在供給用户的出綫上可以不装电抗器。这类变电所 6~10 千伏配电裝置的結綫,如图 2-1 所示。

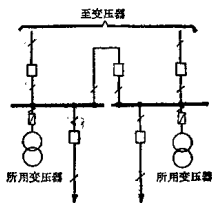


图 2-1 装置两台单位容量为 15~20 兆伏安变压器的降压变电所 6~10 千伏配电裝置的結綫

采用上述結綫的依据是当变压器单位容量在 15 兆伏安以下时,不装电抗器的出綫上的短路功率也

不超过 200 兆伏安 (6 千伏时) 或 350 兆伏安 (10 千伏时),也就是不超过出綫上最广泛应用的 BMT-133 型开关的参数^①。在这类配电裝置中,由于通过变压器回路和分段开关回路的工作电流较大,可在这些回路中安装 MTT-10 型开关。

对于装置单位容量为 20 兆伏安及以上变压器的降压变电所,在最新的标准設計中,規定采用具有双母綫的 6~10 千伏配电裝置。配电裝置的正常运行方式是两台变压器的 6~10 千伏侧并列运行。在每回供給用户的出綫上都安装单独的电抗器,借以将用户电网中的短路功率限制在 200 兆伏安 (6 千伏时) 或 350 兆伏安 (10 千伏时) 以下。为此,电抗器的电抗值取每 100 安额定电流为 0.5% (6 千伏时) 或 0.4% (10 千伏时),但根据动态稳定的条件,不得小于总电抗值的 3% (图 2-2)。

在用户电网中采用上述短路功率数值的依据,是火电設計院列宁格勒分院在 1947 年的設計成果,

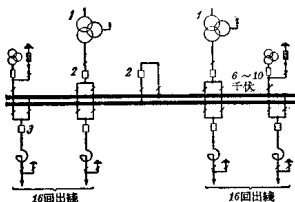


图 2-2 装置两台单位容量为 20~40.5 兆伏安变压器的降压变电所的 6~10 千伏配电裝置的标准結綫
1—变压器; 2—MTT-229 或 MTT-10 型油开关;
3—BMT-133 型油开关

① 当已知变电所中变压器的单位容量和供給变电所的电網中的短路功率时,为了簡化短路电流和短路功率的計算,在本书附录 1 中提供了一系列輔助計算曲綫 (图 15~28) 和关于这些曲綫使用方法的說明。

它証明在工业企业用戶电网中的短路功率不宜超过 200 兆伏安 (6 千伏时) 或 350 兆伏安 (10 千伏时)

(文献 24), 因为在这种情况下, 在用戶电网中可以安装 BMF-133 型开关。

苏联制造厂出品带上边开关的成套配电装置, 苏联电气安装管理总局所属的各加工厂, 则出品 KCO 型成套间隔。

由变电所的配电装置供給用戶的出綫上的平均負荷, 在考虑到保証必要儲备的情况下, 約为 2~3 兆伏安 (6 千伏时) 或 4~5 兆伏安 (10 千伏时)。

所以, 由变电所 6~10 千伏配电装置供給用戶的出綫数目, 可按变电所裝置的变压器的总容量 (千伏安) 除以 2,000 (6 千伏时) 或 4,000 (10 千伏时) 的方法来确定^①。

在这类变电所的配电装置中, 由于通过变压器回路和母綫聯絡开关的工作电流較大, 所以在这些回路中, 应按照变压器容量的大小来装設 MTF-10 或 MTF-229 型开关。

在 6~10 千伏出綫回路中, 可安装 BMF-133 型开关 (按照电抗器后面的短路功率来选择)。

根据苏联电站部 1956 年 9 月的決議, 在安装电抗器的出綫上, 母綫隔离开关也可以按照出綫电抗器后面的短路电流来选择。

但是, 在每回出綫上安装单独电抗器, 将导致重型电气设备的巨大消耗、加重母綫的结构, 并必須建造笨重的三层结构的配电装置。

变电所 6~10 千伏配电装置采用双母綫以后, 在检查母綫时, 母綫能够輪流切换, 从而可以保証不中断对用戶的供电。

但是, 运行經驗指出: 当每个回路中有两组母綫隔离开关时, 这些隔离开关在一年内的操作次数将大大地增加, 并且有可能发生誤操作。

母綫隔离开关的誤操作, 将导致配电装置的严重事故。每个这样的事故, 都可能中断对大量用戶的供电。

运行經驗也指出: 具有分段单母綫的配电装置, 能完全消除整个配电装置断电的可能性, 这是因为在单母綫的情况下, 隔离开关不再是一种操作电器, 它們仅供停电检修开关时的隔絕之用, 所以在使用时, 实际上不会发生誤操作。

此外, 在单母綫結綫中, 开关与隔离开关間的联鎖通常是应用結構特別簡單而可靠的机械联鎖。

图 2-1 所示的具有单母綫的配电装置, 当其中一段母綫上发生短路时, 所减少的最大可能負荷, 等于一台变压器的容量, 也就是 15 兆伏安。

当变电所裝置的变压器单位容量为 30~40 兆伏安时, 如将其 6~10 千伏配电装置的双母綫中的一组母綫, 象裝置較小容量变压器的变电所中具有单母綫配电装置那样的加以分段, 那么, 也可以提高具有双母綫配电装置的可靠性。

但是, 这样的結綫将使 6~10 千伏配电装置更加复杂和昂貴, 因为这时除了安装分段开关以外, 还必須在每段母綫上加装母綫聯絡开关和一组电压互感器。

在出綫上安装单独的电抗器, 以及将母綫分段, 都将使 6~10 千伏配电装置变得复杂和昂貴。因此, 自然有必要求探求比較簡單而价廉的 6~10 千伏結綫的新方案, 例如安装集成的电抗器来代替出綫上的单独的电抗器。

以往最简单的結綫, 是在 6~10 千伏侧的变压器回路中接入通常结构的集合电抗器。但当变电所裝置的变压器单位容量为 31.5 兆伏安时, 6 千伏側集合电抗器的額定电流为 3,000 安, 而为了將用戶电网中的短路功率限制在 200 兆伏安以下 (已考虑到由用戶电动机送来的附加短路冲击电流在內), 其电抗值約需 15%。在这样大的电抗值下, 当用戶負荷的昼夜变化范围相当大时, 配电装置母綫电压的变动也就很大。

所以, 在变压器回路中安装通常的集合电抗器来代替出綫上的单独电抗器的結綫方案, 显然不能获得广泛的应用。

应用分裂电抗器作为集合电抗器的方案, 能够改善各段母綫电压的运行状态。

本书附录 1 中所提供的計算表明, 对于分支电抗值为 7.5~10% 的集合分裂电抗器, 在所有实际上可能遇到的昼夜負荷变化的情况下, 甚至当功率因数等于 0.8 时, 也能够充分保証各段母綫电压的变动在允許范围以內。如果用戶的功率因数提高到 0.92, 則各段母綫电压的变动实际上完全是微不足道的。

具有集合分裂电抗器結綫的 6~10 千伏配电装

① 这样的計算方法可以保証当变电所将来发展时, 出綫数目具有某些儲备。

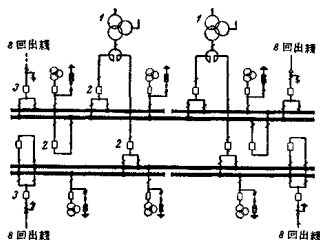


图 2-3 具有双母线、在变压器回路中安装集合分裂电抗器的6~10千伏配电装置接线(变压器的6~10千伏侧分开运行)

1—变压器; 2—MTF-229或MTF-10型开关; 3—BMT-133型开关

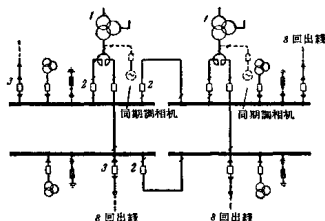


图 2-4 具有单母线、在变压器回路中安装集合分裂电抗器的6~10千伏配电装置接线(变压器的6~10千伏侧分开运行)。6~10千伏配电装置由制造厂供应的成套间隔构成

1—变压器; 2—MTF-229或MTF-10型开关; 3—BMT-133型开关

置, 可以采用双母线(图 2-3)或单母线(图 2-4)。具有单母线的配电装置, 同安装较小容量变压器的变电所一样, 也可采用成套配电装置。

当出线接在由分裂电抗器的两个分支供电的两段母线上时, 必须考虑到这些用户的昼夜负荷曲线, 最好使得接在每段母线上的用户具有大体相同的负荷曲线, 以便尽量减小分裂电抗器的两个分支中的负荷不平衡度。

分裂电抗器的通过容量应有充分的储备, 以便

保证在通过两个分支中的负荷电流不平衡时, 能够正常地工作, 例如, 假定通过一个分支中的负荷电流为总电流的 0.675 倍, 而通过另一分支中的负荷电流为总电流的 0.325 倍时, 则分裂电抗器的每个分支的额定电流应不小于供给两段母线的变压器额定电流的 0.675 倍。

假定分裂电抗器两个分支绕组所产生的温度相同, 则在分支负荷略有不平衡的情况下, 由于其中一个分支中负荷电流小于额定值, 另一个分支中负荷电流是允许大于额定值的。后者的允许过负荷的数值可按下述方法来原因。当每个分支中都通过额定电流时, 其损耗各为电抗器总损耗的 0.5 倍。当其中一个分支中负荷为其额定电流的 0.5 倍时, 该分支中的损耗为电抗器总损耗的 $0.5^2 \times 0.5 = 0.125$ 倍。在这个分支欠负荷的情况下, 另一个分支中的损耗应当允许增加到总损耗的 $1 - 0.125 = 0.875$ 倍, 亦即其负荷电流可以超过额定值而达到额定值的 $\sqrt{\frac{0.875}{0.5}} = \sqrt{1.75} = 1.35$ 倍。

但因在这种过负荷的情况下, 绕组很可能局部过热, 所以我们认为过负荷的数值应限制在 15~20%。必须指出, 在电抗器分支中出现有功负荷以后, 应当设法采取措施, 例如将若干供给用户的出线从一组母线切换到另一组母线, 从而使两个分支的负荷保持平衡。

选择分裂电抗器一个分支的电抗值时, 应使用用户电网中的短路功率限制在 200 兆伏安 (6 千伏时) 或 350 兆伏安 (10 千伏时) 以下。选择分裂电抗器的计算举例, 见本书附录 1。

采用分裂电抗器的配电装置, 可以有两个接线方案:

(1) 在每台变压器 6~10 千伏回路中安装一组分裂电抗器, 变压器 6~10 千伏侧分开运行 (图 2-3 和 2-4);

(2) 在每台变压器 6~10 千伏回路中安装两组分裂电抗器, 变压器 6~10 千伏侧并列运行 (图 2-5)。

变压器分开运行接线的缺点, 是由于两台变压器的负荷不同, 因而变压器中的损耗要大一些。

① 在这种情况下, 两组电抗器中每一组的额定电流都选择为第一种情况中的一半 (当电抗百分数相同时)。

变压器分开运行的結綫，具有一个极重要的优点，即仅需安装最少数量的辅助设备（分裂电抗器及其分支中的开关）。

变压器并列运行結綫的优点为：由于两台变压器的負荷相同，因而变压器中的損耗最小。

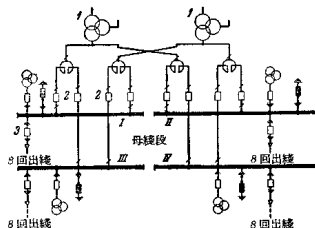


图 2-5 具有单母綫，在每台变压器回路中安装两组集合分裂电抗器的6~10千伏配电装置的結綫（变压器6~10千伏側并列运行）

1—变压器；2—MTT-229或MTT-10型油开关；3—BMT-133型油开关

变压器并列运行結綫有一个需要解决的缺点，即需安装加倍数量的分裂电抗器及其分支中的开关，并且还要增建为安装这些设备所需的房間。此外，按照这个結綫，电抗器分支与配电装置各段母綫要交叉联接，因此，配电装置的结构十分复杂。

由于电抗器的工作高度可靠，所以必须指出，在每台变压器上安装两组分裂电抗器是不合理的。

同时，也必须注意以下三点：

(1) 由于在应用集合分裂电抗器的結綫中，6千伏母綫被分成四段，因此大大地提高了对所有用户供电的可靠性，并且实际上完全消除了当6千伏配电装置母綫故障时对所有用户中断供电的可能性。

(2) 应用集合分裂电抗器，并且将6千伏母綫分成四段的結綫，就保证当用户电网中短路时各段母綫上的残留电压这一点来说，并不比所有安装单位容量为15兆伏安及以下变压器的变电所得差。

(3) 甚至在最不利的負荷方式下，各段母綫电压的变动也能保持在允許范围以内。当由某段母綫供电的綫路上发生短路时，在另一段母綫上可能出现短时的电压升高，对于用户来说，实际上是没有危险的①。

曾对某个装置两台31.5兆伏安、110/35/6千伏变压器的降压变电所的6千伏配电装置，就以下两个結綫方案进行经济比較②：

(1) 具有双母綫，出綫上安装单独电抗器的6千伏装配式配电装置。配电装置的断面图如图2-40所示；安装系統图和平面图如图2-41所示。

装配式配电装置的定义，是指配电装置中每个回路的电气设备都安装在一个或数个由骨架构成的小室（柜）内。这些柜已预先在加工场内制作好，在安装过程中将它们安装在开关室的一层或数层中即可。

(2) 具有单母綫，每台变压器回路中安装一组分裂电抗器的6千伏成套配电装置。配电装置的断面图和平面图如图2-84, a所示；安装系統图如图2-84, b所示。

在上述两个方案中，对用户供电的出綫数目都是32回。前面已经指出，这个数目是由变电所装置的变压器的总容量63,000千伏安除以2,000求得的。

这两个方案按下述指标进行经济比較：

- (1) 电气设备和安装的价目；
- (2) 电气安装工作的劳动量（工日）；
- (3) 铝母綫的消耗量和电抗器中的銅重；
- (4) 开关室的容积和造价；
- (5) 总預算費用；
- (6) 变电所变压器和电抗器中的功率損耗。

計算的結果如表2-1所示。

从表2-1的方案比較中，可以得出以下的結論：

(1) 按照第一个結綫方案，降压变电所的6千伏配电装置（具有两台单位容量为31.5兆伏安变压器，和32回安装单独电抗器的，对用户供电的出綫）的投资較大。

按照第二个結綫方案，6千伏配电装置（在变压器的6千伏側各装一组集合分裂电抗器，并采用成套配电装置）的造价較小。第二方案的造价仅为第一方案造价的53%。如果再考虑到在計算第二方案中的柜的价目时，所采用的价格是“电盘”工

① 在本书附录1中，举出了关于安装电抗器的各种不同結綫的电压变动数值的計算方法。

② 根据火电設計院OKTH的标准作品“110千伏大型降压变电所的6~10千伏配电装置的新結綫”（1955年）中的資料（作者曾参与該項設計工作）。

表 2-1

比 较 的 指 标	具有双母线和 单独电抗器的 結綫, 装配式 配电装置	在变压器回路 中安装集合分 裂电抗器的結 綫, 或装配式 装置
电气设备和安装的造价, 千卢布	1614.7	919.6
开关室的造价, 千卢布	546.25	229.0
配电装置的总造价, 千卢布	2161.0	1149.6
同上, %	100.0	53.0
开关室的容积, 米 ³	3750	2000
配电装置安装工作劳动量, 工日	6811	1710
铜母线的消耗量, 吨	10.5	3.6
电抗器中铜的消耗量, 吨	14.4	10.4
变压器和电抗器中的功率损耗, 瓦	490	514

注: (1) 配电装置的造价和安装工作劳动量系根据火电

设计院的综合价目指标确定 (1950年的价格)。

(2) 铜母线的消耗量系根据火电设计院的施工图概

确定。

(3) 分裂电抗器中铜的消耗量及铜损系根据苏联电

工器材工业部的资料确定。

厂在1950年的价格, 当时一个柜的批发价格为16,200卢布, 而按照1955年的批发价格则仅为7,500卢布, 所以配电装置的造价实际上还要低一些^①。

(2) 第二方案的劳动量较小, 仅为第一方案的25%。

(3) 第二方案的铝母线的消耗量仅为第一方案中的35% (前者3.6吨, 后者10.5吨)。

(4) 第二方案中电抗器的铜消耗量为第一方案中的72% (前者10.4吨, 后者14.4吨)。

最重要的是在第二方案中, 总共才只有两组电抗器需要在电器制造厂中制造, 而在第一方案中却有32组电抗器需在工厂中制造。

(5) 第二方案中开关室的容积为2,000立方米, 单层结构; 第一方案中开关室的容积为5,750立方米, 三层结构。

第二方案中开关室的造价为第一方案中的42.5%^②。

(6) 在这两个方案中, 变压器和电抗器中的电能损耗实际上是一样的。

如有必要在变电所中装置一台或两台单位容量为10~15兆伏安的同期调相机, 则调相机与6千伏配电装置或变压器的联接方式应使6千伏配电装置上的短路功率保持不变。这个条件是可以达到的, 例如, 将同期调相机直接接在由变压器到集合分裂电抗器的6千伏进线上, 如图2-84的原则結綫图

和安装系统图上的虛綫所示。

还必须指出, 具有集合分裂电抗器的配电装置的結綫和布置, 有着一个极重要的优点, 即当变电所装置的变压器单位容量为10~15兆伏安时, 6千伏配电装置中可以不安装电抗器。以后如有必要以较大容量的变压器 (例如单位容量为31.5兆伏安的变压器) 替换这些变压器时, 只需在开关室内增建一間安装集合分裂电抗器的小室即可。

所以考虑装较小容量的变压器时, 必须考虑到以后建造分裂电抗器室的地位, 以便可用较大容量的变压器来调換较小容量的变压器。

按照以往所用的結綫, 同样調換变压器, 通常就得对配电装置进行庞大的改建工作, 这就需要相当大的投资, 并且因为是在运行条件下进行改建, 所以改建的时间也很长。

配电装置在不同結綫时, 其造价对于供给用户的出綫数目的关系曲线如图2-6所示, 它可用以說明第二个結綫的适用范围^③。从这些曲线可見, 第一方案配电装置的造价较第二方案的造价高得多, 只有在供给用户的出綫数目等于4时, 这两个方案的造价才相等。

必须指出, 在绘制这些曲线时, 如果额定电流超过1,000安的要求安装重型电器的出綫数目不多, 则在具有单独电抗器的結綫中, 可以不考虑这些出綫回路所增加的投资。

总之, 从图2-6所提供的资料来看, 不論供给用户的出綫数目多少, 都宜采用在变压器回路中安装分裂电抗器的結綫, 只有在变电所装置的变压器的全部功率都用母綫輸送到附近工业企业的車間时, 情况才是例外的。

① 也必须考虑到采用装配式配电装置的第一方案的造价在今后也可能降低一些。

② 在火电设计院1957年设计的施工图概算中, 对于安装或装配装置的6~10千伏开关室, 假定端中心綫的跨距为6米 (代替图2-84中约7.88米)。这是因为充沟侧成套配电装置間隔后而不致过道的緣故。所以, 第二方案的6~10千伏开关室的容积及其造价, 实际上要比表2-1中所列的数字更小一些。1957年设计的成套配电装置的布置图和其安装系统图如图2-85所示。

③ 图2-6中还表示出具有母綫、出綫上安装单独电抗器的6~10千伏配电装置 (图2-7), 以及在每台变压器上安装两组分裂电抗器的配电装置 (图2-5) 的造价。在图2-7中, 也表示了设备布置顺序的可能方案 (也就是以母綫—电抗器—开关—母綫—开关—电抗器), 以及在出綫上应用分裂电抗器的可能性。

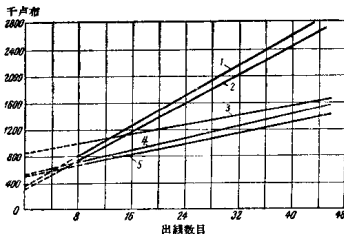


图 2-6 变电所 6~10 千伏配电装置
在不同接线时的造价对于供给用户的
出线数目的关系曲线

- 1—具有双母线，出线上安装单独电抗器的接线；2—同上，
但为单母线；3—具有双母线及集合分裂电抗器的接线；4
—具有单母线和集合分裂电抗器的接线，变压器并列运行；
5—具有集合分裂电抗器的接线，变压器分开运行

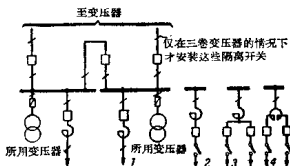


图 2-7 具有单母线、出线上安装单独电抗器的
6~10 千伏配电装置的接线，用于装置单位容量为
30~50 兆伏安变压器的变电所

- 1—出线回路的设备布置 顺序为母线—开关—电抗器；2—同上，
但顺序为母线—电抗器—开关；3—同上，但顺序为母线
—电抗器—两开关（供两回出线用）；4—同 3，但具有分
裂电抗器

根据所提供的资料，同样也可以作出在 10 千
伏时亦宜采用这个接线的结论。

为了进一步说明应用分裂电抗器的接线的特
点，这里举出其他一些应用分裂电抗器的接线方案。
这些方案是在一次关于应用分裂电抗器的接线的讨
论会议上由参加会议的人员提出来的（文献 69）。
会议的某参加者推荐对于装置两台单位容量为
15~60 兆伏安的三卷变压器的降压变电所，采用如
图 2-8 所示的接线。为了便于将下面所进行的计算
结果与前面的互相比，假定 每台 110/35/6 千伏
变压器的容量为 31.5 兆伏安^①。

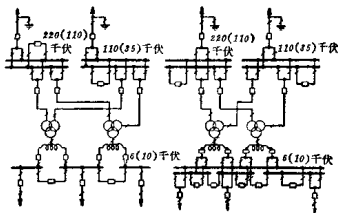


图 2-8 具有集合分裂电抗器的接线，用于装置
两台三卷变压器的降压变电所

同前面一样，假定分裂电抗器在其分支间的负
荷分布不平衡的情况下，必须保证变压器的全部功
率都通过 6 千伏侧。为此，分裂电抗器分支的额定
电流应为 2,000 安（即 0.675 倍变压器额定电流）。

以三段母线供给用户全部负荷，通过每段母
线的负荷各为 21 兆伏安，或 2,000 安。当出线上短
路时，由用户电动机送来的附加短路冲击电流等于
 $6.5 \times 2.0 = 13$ 千安。两台变压器和两组分裂电抗
器在中间一段母线上并列运行；当采用 BMT-133 型
开关时，通过它们的短路冲击电流的数值不应超过
 $52 - 13 = 39$ 千安，因此，在短路点前的合成电抗
（归算后的数值）应不大于

$$x'_{0.25} = \frac{9.2 \times 2.55}{39} \times 100 = 60\%.$$

根据图 2-9 所示的等值接线图，利用 110 千伏
电网和变压器绕组中归算后的电抗值，可求得集
合分裂电抗器一个分支归算后的电抗值应为：

$$x'_p = \left(60 - 2.86 - \frac{34.2}{2} \right) \times 2 = 80\%,$$

而电抗器的额定电抗

$$x_p = 80 \times \frac{2000}{9200} = 17.4\%.$$

从上面的计算中可见，两台变压器的 6 千伏侧
并列运行，将使分裂电抗器的电抗值显著增加（从
7.3% 增加到 17.4%）^②，因而显然将使各段母
线电压的运行状态变坏。此外，分裂电抗器的价格亦
将随着电抗值的增加而按比例地增大。

① 见本书附录 1。

② 见本书附录 1 中（三）。

在供給用戶的出綫回路中安裝電抗器，用以限制用戶電網中的短路功率。當電壓為6千伏時，電抗值取每100安通過容量為0.5%，使用戶電網中的短路功率限制在200兆伏安以下；當電壓為10千伏時，電抗值取每100安通過容量為0.4%，使短路功率限制在350兆伏安以下。

當主配電裝置的各段母綫聯接成直綫形結綫時，分段電抗器的額定電流取為發電機額定電流的70%。對於25兆瓦的發電機，通常採用額定電流為2,000安、電抗值為10%的電抗器。

當主配電裝置各段母綫上的平均負荷（包括厂用負荷在內）為18~20兆瓦時，在供給用戶的出綫平均負荷約為2兆瓦的情況下，在主配電裝置的每段母綫上可聯接10回出綫。

在供給用戶的出綫回路中，安裝BMΓ-133型開關，其極限遮斷容量在6千伏時為200兆伏安。在發電機、變壓器、母綫聯絡、母綫旁路和分段電抗器等回路中，安裝MΓT-229型開關。

這個結綫可保證當任何一台發電機，或任何一台聯絡主配電裝置與系統電網的變壓器切斷時，不中斷對發電機電壓用戶的供電。它也可以保證當任何一段母綫停電檢修時，不中斷對用戶的供電。由於母綫的長度相當長，而在母綫上又存在着大量電氣連接的緣故，所以這一優點是很重要的。

不過，這個結綫不能保證在某個回路的開關停電檢修時，不中斷對該回路的供電。

但是，對於重要的用戶，通常總是有備用的供電綫路，因為在運行中不但要考慮到安裝在發電厂主配電裝置中的操作電器需要檢修，並且也要考慮到電纜綫路可能發生事故，而且電纜綫路的檢修時間往往要比主配電裝置中設備的檢修時間長得多。

這個結綫還有一個缺點。當一組母綫停電檢修時，或者將一回或一群出綫由一組母綫切換到另一組母綫時，母綫隔離開關必須進行多次的操作，而運行經驗指出，這樣會增加誤操作而導致嚴重的母綫事故的可能性。

按照這個結綫的主配電裝置，其電氣設備的布置最廣泛地應用如圖2-44所示的標準結構。建設這樣一個主配電裝置，需要大量的電氣設備、材料和投資，而且建設的時間也相當長。

某些發電厂的主配電裝置曾經採用過具有單母綫的集配裝置的結綫（文獻65）。這些集配裝置由

主母綫經過集合開關供電；在供給用戶的出綫上安裝單獨電抗器（圖2-11）。在這種情況下，結綫的主要部分仍保持象通常結綫一樣的借電抗器分段的雙母綫。

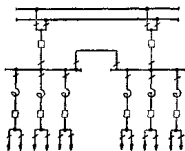


圖 2-11 具有集合開關、出綫上安裝單獨電抗器的結綫

這種主配電裝置的設計和建設的實踐經驗證明，其造價並不比通常的主配電裝置來得便宜。這種主配電裝置的結構極為複雜，因為在一個開關室內，非但結綫的主要部分中和供給用戶的出綫回路中的設備布置互不相同，而且這些回路的數量也是不同的（圖2-72）。

因此，根據上述的理由，今後不宜應用這個結綫。

再討論一個單母綫分段數目加倍的結綫，結綫中每台發電機和變壓器分別接在相應的兩段母綫上（圖2-12）（文獻40）。

在這個結綫中，供給用戶的出綫上不安裝單獨的電抗器。它們由集配裝置的母綫供電，後者經過兩組電抗器接在主母綫的不同段上。

由於結綫的主要部分的複雜性，使得操作電器的數量較標準結綫有所增加，因此，按照這個結綫的主配電裝置的造價，不會低於按照標準結綫的造價。

再討論另外一個單母綫分段數目加倍的結綫，結綫中在供給用戶的出綫上安裝單獨的電抗器，如圖2-13所示（文獻66和176）。在這種情況下，每台發電機和變壓器借兩台開關分別接在主配電裝置的相應的兩段母綫上。供給用戶的出綫只接在本段母綫上。這個結綫中的主要操作電器的數量也多於標準結綫，因此，主配電裝置雖然採用單母綫，但造價仍貴於標準結綫。

如在主配電裝置中應用集合分裂電抗器，也就是在一段母綫上的所有用戶合用一組電抗器來代替各