

遠距離輸電

蘇聯 恩·恩·克拉契柯夫斯基著

黃 煥 焜譯



電力工業出版社

內 容 提 要

本書簡單地敘述了電力輸送的歷史，討論了促使遠距離輸電發展的因素，指出它們在技術上的基本特點，最後引出有關遠距離輸電的發展方向。

本書供一般工程技術人員、工人和對電工感興趣的同志參考。



Н. Н. КРАЧКОВСКИЙ

ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ
НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ

蘇聯科學院出版社 1953 年莫斯科版翻譯

遠 距 離 輸 電

黃 煥 焜 譯

*

179D61

電力工業出版社出版(北京府右街26號)

北京市書刊出版營業許可證出字第082號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

編輯:陳惟清 校對:趙桂芬

787×1092 $\frac{1}{2}$ 開本*1 $\frac{3}{4}$ 印張*39千字

1955年4月北京第1版

1956年8月北京第2次印刷(3,601—6,630冊)

統一書號:15036·166 定價0.30元

目 錄

第一章	緒論.....	2
第二章	電力輸送的發展史。俄國電氣工程師在這方面的成就.....	4
第三章	遠距離輸電的今後發展及其在動力經濟上的作用和意義.....	11
第四章	輸電綫的型式和接法.....	19
第五章	決定輸電距離的幾個因素.....	23
第六章	提高遠距離輸電的穩定和供電的不中斷性的措施.....	31
第七章	輸電綫的主要參數和技術特性.....	38
第八章	遠距離輸電的輸電端發電廠和受電端變電所的主要設備.....	46
第九章	遠距離輸電的經濟特性.....	52
第十章	直流輸電.....	55
結尾語		58

第一章 緒 論

弗·伊·列寧和約·維·斯大林在他們的著作中，不止一次地指出電氣化的意義，把它作為共產主義社會的物質技術基礎。在第八次全俄蘇維埃代表大會的報告中，弗·伊·列寧曾經說過：「如果俄羅斯密佈着發電廠和電力網，並配備着強大的技術裝備，那麼，我們共產主義的經濟建設將成為將來的社會主義的歐洲和亞洲的榜樣」^①。

從第八次全俄蘇維埃代表大會（1920年12月）批准了全俄電氣化計劃以來，全國的電氣化就一直往前發展。在1931年元旦以前，已經完成了全俄電氣化計劃。

電氣化的發展在戰前五年計劃的年代裏已取得了巨大的成就。在偉大的衛國戰爭的時候，法西斯強盜使蘇聯的動力事業遭受極大的損失。但是，儘管發電廠和電力網遭受了嚴重的破壞，蘇聯人民仍能勝利地完成並超額完成了戰後動力經濟恢復和發展的計劃。在1950年，發電量已達到五年計劃的110%。

在1950年蘇聯部長會議關於在伏爾加河上建立總功率約四百萬千瓦的古比雪夫和斯大林格勒水力發電站和關於輸送大部分的電力至莫斯科電力系統兩項決議，給蘇聯的電氣化事業開闢了新的和廣闊的前途。這些輸電系統的規模不僅使其他國家現有的輸電系統顯得落後很多，就是蘇聯自己在最近5—10年以來所擬定實現的也顯得落後了。

① 列寧全集，俄文版，第31卷，第486頁。

古比雪夫和斯大林格勒水力發電廠的建設工程以及古比雪夫水力發電廠至莫斯科的主輸電線的建設工程，現在正在勝利地進行。這輸電線和斯大林格勒至莫斯科的輸電線相配合，將使波伏魯什和南部電力系統（斯大林格勒和南部電力系統的連接現在已通過齊姆良水力發電廠而實現了）跟包括着莫斯科、高爾基、依萬諾夫和雅羅斯拉夫等系統的中部電力系統連在一起而構成一個整體的電力系統。這樣一來，將要建起一個世界上未曾有過的聯合電力系統。這個聯合系統將來還可以經喀姆河的水力發電廠跟烏拉爾電力系統聯接起來，喀姆河的水力發電廠的建立是十九次黨代表大會所決定的。

這些輸電線是蘇聯歐洲部分的聯合高壓電力系統（E. B. C.）的基本幹線，而保證了廣大地區上聯合動力企業的建立。

這些輸電線的巨大作用可以這樣來判斷：每一路這樣的輸電線將可以輸送 500—600 仟瓩的電力，比現在以列寧命名的歐洲最大的第聶泊水力發電廠的功率祇稍小一點。這些輸電線的電壓 400—420 仟伏將是世界上實際應用中的最高的輸電電壓。

保證古比雪夫和斯大林格勒的輸電系統可靠地和不間斷地運行是一個艱巨的技術問題。為了解決這一問題，許多蘇聯的科學研究機關，設計部門和工廠試驗室都參加工作。

這個輸電系統的勝利完成，將更加加強我們祖國（蘇聯——譯者）的經濟力量，而將對鞏固世界和平的事業有所貢獻。

超遠距離輸電對於國家電氣化是起重大作用的。這是一

個新的問題，致力於這一問題的研究還是最近 15—20 年的事情。本書的目的是要把這一問題介紹給不專門做電力工程這一方面工作的廣大人們。

本書簡單地敘述電力輸送問題的歷史，討論促使遠距離輸電發展的因素，指出它們的技術方面的基本特點，而在最後引出有關遠距離輸電的效果方面的結論。

第二章 電力輸送的發展史。俄國電氣工程師在這方面的成就

在很久以前，人類就企圖利用自然能力。最初，應用了風力和水力。在十八世紀末期蒸汽機發明之後，蘊藏在煤中的能量才開始被應用到工業中去。從此，自然資源的利用範圍也就大大地擴展了，這使最先進的國家的工業和經濟生活都起了很大的轉變。

但是，在那時候，自然界所蘊藏的能量利用，祇有靠近水輪機或蒸汽機的裝設地點，才是可能的。功率從原動機輸送到工作母機和車床上去，僅僅依靠傳動軸和皮帶或繩索等傳動設備。同時，在技術方面能够做得到的祇是把當地儲存的能量的一部分加以利用，因而建立起的動力裝置也祇是爲了發出比較小的功率。要建立巨大的動力裝置，必須解決把能量經遠距離輸送到負載中心的問題。這個問題的解決，祇有在電的發現和電流的基本定律確定之後，才有可能。

利用電可以使「局限」的動力轉變爲「自由」的動力，

而把它應用到最需要的地方和應用起來最有效的地方。要實現電力輸送，不僅需要建造發電機，而且還需要擴大電能應用的範圍，並創建輸電的設備。十九世紀的許多先進的學者和工程師已朝着這方面努力，特別是在電工技術的各方面起主要作用的俄羅斯的物理學家和電氣工程師們。維·維·彼得洛夫於1802年發現電弧現象。1876年波·恩·雅布羅契可夫找到這現象的實際應用，發明了「電燭」，當時其他國家稱它為「俄羅斯之光」。電燈是直流和交流發電機所發出的電能的第一個用戶，它促進了動力技術的繼續發展和改進。

在1873年維也納展覽會上，方琴(Фонтен)展出了一種裝置，包括着由楞烏阿爾(Ленуар)瓦斯引擎拖動克蘭姆直流發電機組成的「發電站」和用來傳動离心泵的直流電動機的「受電站」。這兩站的電機之間是用長達2公里而繞在圓筒上的導線連接起來的。這實驗當時用來作為電磁機械的可逆性的證明。但是，方琴認為電力輸送祇在功率不大而距離不遠的情況下才有可能。

在1874年，軍事工程師弗·阿·彼羅茲基於彼得堡伏爾可夫區域建立了距離超過1公里的6馬力的電力輸送裝置，而在1877年發表一篇論文「藉電流將水力輸送至任何距離」^①。為了輸送電能，他建議利用鐵路的軌道來代替截面大的專用導線。在1876年，彼羅茲基將低壓直流電沿着塞斯特拉里茨基(Сестрорецкий)鐵路的軌道輸送3.6公里的距離，創建當時電力輸送的最高記錄。

① 參閱《Электротехнический Справочник》Госэнергоиздат, 1962, Стр.17. 「電工手冊」第十一頁，國立動力出版社1962年出版。

在 70 年代末期和 80 年代初期，彼得堡的物理學家德·阿·拉齊諾夫深入地研究了輸送電能的理論問題，而肯定了提高電壓對於電力輸送的經濟意義。

他的建議——在輸送電能到遠距離時提高電流的電壓——祇有在交流變壓器發明之後才能實現。發明變壓器的榮譽屬於俄羅斯的學者雅布羅契可夫。他把自己的發明稱為感應綫圈，而最初當作一種「分光」裝置看待。但是，這種變壓器實際上會使電工技術起根本改革和使遠距離輸電成為可能。

除了雅布羅契可夫外，跟莫斯科大學物理學教授阿·格·斯托里托夫一起工作的伊·弗·烏薩金同時也發明了變壓器。1882 年莫斯科全俄展覽會上，烏薩金第一個展示了有升壓和降壓變壓器的高壓裝置。當時他的工作的意義並沒有得到應有的評價。經過了 25 年之後，他的功績才獲得重視，莫斯科的學者們授予他以金質獎章，獎勵他的發明。1883 年英國格拉特(Гопад)和吉普松(Гипсон)二人造了變壓器，並將變壓器在倫敦博覽會上陳列出來。1885 年布達佩斯的漢茨(Ганц)工廠(匈牙利工程師齊彼魯夫斯基(Чиперовский)，德里(Дери)和巴拉特(Блати)進行變壓器的生產，使變壓器獲得進一步的發展。在俄國的喀浪施塔得(Кронштадт)海務管理局爲了特殊用途也製造雅布羅契可夫變壓器。

在 1882 年明興(Мюнхен)的國際博覽會上，法國的物理學家馬爾謝里-德普萊列示了在近 60 公里的距離上輸送電能的裝置，這對一般電工技術，尤其是對遠距離輸電的發展，起了很大的作用。在這裝置中，電流從安裝在密士巴煤

礦上的發電機發出，然後沿着普通的電報綫以1500—2000伏的電壓輸送到明興。在終點受電站中裝置功率約 $\frac{1}{2}$ 馬力的電動機，用來傳動水泵。

德普萊的實驗得到恩格斯的極高的評價。恩格斯在1882年11月給馬克思的信中指出：新的發明「使以前白白地失去的大量水力有了利用的可能」^①。

過了不久，就是在1883年，關於這點，恩格斯給伯恩斯坦的著名的信裏寫道：「德普萊的最新發明是將高電壓的電流在比較小的電能損失的情況下，能够用普通的電報綫作遠距離的輸送，並在終點加以利用。其輸送距離之遠，到現在為止人們還沒有敢於設想。這種事業尚在萌芽時期。這個發明徹底地把工業幾乎由所有的地域條件的限制中解放了出來，同時也使利用最遙遠的水力成為可能。假如這個發明在初期僅對城市有利，那麼它終究會成為消除城鄉對立的最有力槓桿。非常明顯，由於這個發明，生產力將增長到使資產階級對生產力的管理愈來愈無能為力了。」^②

從密士巴至明興的輸電祇是用功率為2馬力的直流電來進行的，而綫路上的損耗達78%。從經濟的觀點來看，這樣的輸電是不適宜的，但是，這實驗却為遠距離輸電在技術上開闢了很大的可能性。

輸電技術發展的以後階段是跟天才的俄羅斯電機工程師麥·奧·多里沃-多布羅沃里斯基的名字分不開的。1891年在馬恩河上的法蘭克福城國際電氣技術展覽會上，他實現了功率為200馬力的電力輸送，電力是沿着長為175公里的三

① 馬克思和恩格斯全集，第26卷，第587頁（俄文版）。

② 馬克思和恩格斯全集，第27卷，第289頁（俄文版）。

相綫路從尼克拉河上(臘芬城)一個小型水電站輸送到法蘭克福城。

在臘芬水力發電廠裏，裝置着跟 300 馬力直立式水輪機相連接的三相發電機。這發電機上又接有三相的變壓器，使電壓從 95 伏升高到 15 200 伏。架設在木支柱上的輸電綫是用直徑為 4 毫米的裸銅導綫做成的。在馬恩河上法蘭克福城受電站中裝有兩具三相變壓器，每具的功率約 200 馬力，用來將電壓降低到 112 伏。一具變壓器是供應照明負載用的；另一具用來供電給 100 馬力三相異步電動機，這電動機直接跟供應人工瀑布的水源用的離心泵相連接。這裝置的效率是 78.8—80.9%，效率的高低是跟綫路的負載大小有關的。綫路的正常電壓是 15 仟伏，而進行試驗時曾用過 25—30 仟伏的電壓。

這種輸電裝置之所以成為可能，是因為雅布羅契可夫和烏薩金已經把交流變壓器創造出來，同時多里沃-多布羅沃里斯基已經創建了三相交流制和發明了三相異步電動機，而這種電動機又使企業電氣化有簡單地、可靠地和便宜地實現的可能。

臘芬的輸電裝置是三相電流廣泛運用和三相交流輸電綫迅速發展的巨大的推動力量。在改進輸電技術的過程中，電壓和輸電綫的長度不斷地和迅速地增大。

在 1908—1910 年，在美洲和歐洲建立了第一條 110 仟伏電壓的輸電綫，過了幾年，在美國(南加利福尼亞)建立了 150 仟伏的輸電綫。接着在 1923 年，這條綫路的電壓提高到 220 仟伏。不久，歐洲也開始建立 220 仟伏電壓的輸電綫。

與此同時，工程師塞萊(Тюри)所建立的塞萊直流輸電系統也得到了某些發展。這系統是由若干串聯的直流發電機和電動機組成的，並配備着使故障電機由電路中切除而不致中斷電路的特殊裝備。

在運用上，塞萊輸電系統是足夠靈敏和可靠的，因而在歐洲各國和在俄國都取得了廣泛的應用，在俄國貝士姆城(Батуи)曾建造一條長約 10 公里的這種系統的輸電綫。在法國阿爾卑斯山牟第(Муть)水電廠和里昂之間於 1906 年所建立的輸電綫(用塞萊系統)是當時最大的，技術上也最完善的一條綫路。最初，這條綫路是在 57 仟伏以下的電壓下運行的，而在 180 公里的距離上輸送的功率是在 4 仟瓩以下。而且在這樣的電壓下，里昂受電站附近的綫路不用架空綫而用地下電纜。1927 年這綫路曾經根本改建。繼牟第水電廠之後，又建立了二個水電廠。於是，輸電綫的長度增加了 80 公里，電壓提高到 125 仟伏而所輸送的功率達到 19 仟瓩。

由於建造高速的大型的高壓直流發電機的不可能和直流電在配電上的困難，不僅使塞萊的直流輸電系統得不到繼續的推廣，就是建造好的也被拆除，其中包括里昂—牟第輸電綫(1937)。此後，獲得發展的僅僅是三相交流的輸電系統。

在俄國，從臘芬的輸電裝置實現之後，電在工業上的應用和輸電綫路的建設就開始發展了。1894 年維·弗·杜布羅德伏羅斯基工程師擬訂了伏爾霍夫河上的第一個水力發電廠的計劃，水電廠的功率為 22 500 瓩。1896 年參加過實現臘芬輸電裝置的工程師爾·埃·克拉松在靠近彼得堡的鄂節斯基(Охтенский)工廠建立了全世界最早的裝置，用高壓電

將水電廠所發出的電能沿着長距離的架空輸電綫輸送出去以供工廠應用。

不久，在麥·阿·舍節列的參加下，建立了俄羅斯第一條規模巨大的 8 仟伏三相交流輸電綫。這輸電綫是從坡特柯姆克(Подкумк)河上靠近葉蘇多可夫(Ессентуков)的水力發電站伸引到貝基高爾斯克(Пятигорск)和基斯拉伏斯克(Кисловодск)(距離約 20 公里)。建立最早的 20 仟伏電壓的輸電綫是巴庫(1902 年)布良斯克(Брянский)工廠和頓巴斯兩處。在 1912 年，更高的電壓 70 仟伏被應用在泥煤〔輸電〕發電廠(命名為克拉松發電廠)到莫斯科的遠距離(約 70 公里)的輸電綫上。運用 33 仟伏電壓的電力網也相當普遍地建立起來了。

在俄國，輸電綫的普遍建立祇是在蘇維埃政權建立之後才開始的。電壓為 110 仟伏，長度為 110 公里的喀什爾——莫斯科輸電綫在 1922 年就開始運行了。

1926 年從伏爾霍夫水電廠到列寧格勒，長度為 127 公里，電壓為 110 仟伏，功率為 60 仟瓩的雙回路輸電綫也已開始運行。1932 年從第聶泊水力發電廠到列寧格勒的 154 仟伏輸電綫開始供電。1933 年從斯維爾水力發電廠到列寧格勒的 220 仟伏 240 公里的輸電綫也開始供電。這兩條輸電綫的開始供電聯繫着蘇聯在輸電方面發展中進一步的成就。在當時，220 仟伏的電壓是世界上實際應用中的最高電壓。在 1936 年，更高的電壓 287 仟伏被應用在從〔鮑爾德水閘〕水電廠至洛杉磯的 430 公里的輸電綫上(美國)。

1952 年瑞典完成了由南部格爾斯普良格(Гарспренгат)水力發電廠至中部的 380 仟伏 960 公里的輸電綫的建設工

程。同時英國和加拿大也建立了 220 仟伏的綫路，而美國建立了 330 仟伏的綫路。

在蘇聯，由於建立古比雪夫水力發電廠的決定，在 1936—38 年提出了關於運用更高的電壓 300—400 仟伏的問題。

建造中的古比雪夫—莫斯科輸電綫將有 400—420 仟伏的電壓和 900 公里的長度。

第三章 遠距離輸電的今後發展及其 在動力經濟上的作用和意義

當蘊藏着燃料和水力的基地跟消耗電能的大城市或工業中心距離很遠時，就有輸送電能的必要。但是，對於這兩種潛藏能量的利用，却有本質上的差別。產生電能可以利用煤、褐煤、石油、泥炭和頁岩。在本世紀的初期，當電能在日常生活和工業上的應用開始發展時，火力發電廠就被建立了，而它所需要的燃料，即煤和石油，往往是由水路或鐵路從 1000 公里以外的很遠的地方運過來的。

在俄羅斯，蘇維埃政權建立之後，按照着全俄電氣化計劃(ГОЭЛРО)，採取儘量利用當地燃料的基本方針，首先是儘量利用低質煤(如莫斯科近郊煤)和泥炭。由於這種燃料不適於運輸，在它們的所在地方就建立了所謂「區域」發電廠，而將其能量沿着高壓輸電綫送到負載中心。祇有在當地燃料儲藏量不足或缺乏燃料的地方，才建立以遠處運來的燃

料而運行的發電廠。爲了更好地利用燃料，爲了不但保證電能的供應，而且保證熱能的供應，這些發電廠大多數建成爲熱電中心廠(ТЭЦ)，同時生產熱能和電能，這是蘇聯企業的特色。

在區域發電廠中燃燒石油和高級煤在蘇聯是不容許的。在資本主義國家，現在還繼續濫用像石油這樣的貴重燃料，例如在美國，最近十年間(1940—1950)消費在發電廠的重油增加了3.8倍，液體燃料的消費對發電廠燃料總消費量的比重從1940年的7%增到1950年的15%，而煤的比重在這幾年裏相對應地降低了16%。

爲了把電能從區域火力發電廠輸送到負載中心而建立的高壓輸電綫，一般來說是比較短的，大約是100—150公里。最大的長度達200公里，在蘇聯這祇是個別的情況。

水力資源的所在地往往跟大城市和工業中心離得非常遠，而在許多場合，它的能量總是如此之大，使附近區域所利用的祇成爲其中的一小部分。要使集中在河流某一區域的水力得到最充分而最適當的利用，祇有在這河流上建立功率相當大的若干水力發電廠才有可能，例如伏爾加河上發電廠的功率將達0.5—2.0百萬瓩，這不僅超過目前的，而且也超過最近10—15年以內的本地區的需用量的許多倍。爲着某一工廠或孤立地區的需要而利用部分水力來建立水力發電廠，在資本主義國家是存在的，但在蘇聯從國民經濟的觀點來看是認爲不可容許的。

超遠距離輸電跟着巨大的水力發電廠的建立而產生的原因，就是上述的這些因素。蘇聯在戰前已經有好幾條250公里的輸電綫在運行了。在其他的國家裏，長達400公里的最

遠的輸電綫也是爲了輸送水力發電廠的能量而建立的。

從古比雪夫和斯大林格勒至莫斯科的輸電綫，按其輸送容量和長度(1.0—1.2 百萬瓩，900—1000 公里)來說，不僅超出其他國家現有的，而且也超出它們所設計的綫路。

高壓輸電綫不僅對於輸送火力和水力發電廠的電力至負載中心有着重大的意義，而且對於建立許多區域的聯合動力企業，也就是說，對於建立電力系統和它們之間的聯系也有着重大的意義。許多機組和許多發電廠的併列在經濟上的合理性和保證可靠的供電的必要性促使了各個發電廠之間的聯系的產生。還是在 20 年代，這種趨向在蘇聯已具有組織性和計劃性。在城市裏，所有的發電廠已運行於公共的電力網上，而建造在郊區燃料基地上的火力發電廠和水力發電廠照例是供電給整個區域而不是某一負載的，叫做區域發電廠。這些發電廠和負載之間是靠着高壓架空輸電綫連接起來的，而這種高壓輸電綫按其用途稱爲饋電綫。更巨大而更重要的輸電綫則稱爲主輸電綫。

由於負載不斷地增加，在一個區域內通常不止建立一個而是建立好幾個區域發電廠，每一發電廠用架空綫跟若干個負載區相連接。最大的和最重要的負載區通常總不是跟一個發電廠而是跟兩個發電廠相連接的。這樣一來，就建起了幾個發電廠共同(併列)運行的區域電力網。由於這樣，對負載的電力供應的可靠性就達到了普遍的提高。

隨着各個區域電力網的發展，它們互相結合在一起，形成了電力系統，而這系統中的所有發電廠併列地運行，並處在統一調度的管理之下。

在蘇聯，還是在第三個五年計劃的年代裏，已經建成許

多電力系統，其中最大的包括不止一個區域，而是總面積為 10 萬平方公里或更大的幾個區域。

電力系統標誌着動力企業的發展達到了更高的水平。不僅保證對負載有更可靠的電力供應，而且由於可以更好地利用和運轉巨大的和效率高的發電廠和機組而提高了總的效率和降低了基本費用。

電力系統今後進一步的發展是走向電力系統的聯合，這將由建立所謂「系統間」的輸電綫來實現。

這種輸電綫將單獨運行的電力系統聯成爲一個整體，其基本目的是爲了生產和分配電能創立經濟的條件，同時普遍提高供電的可靠性。

聯合電力系統通常包括三種主要形式的發電站：設在城市裏和工業企業附近的熱電中心廠(ТЭЦ)；設在泥煤地區或煤井附近的凝汽式的區域火力發電廠(ГРЭС)；和利用河流力的水力發電廠(ГЭС)，而在許多場合下，這種水力發電廠除了發出電能外，還同時解決航行和灌溉問題。

不論對建立新的發電廠來說，或者對各種類型發電廠的最合理的使用來說，聯合電力系統都具有一系列的顯著的優點。

因爲電力系統的聯合使負載的絕對值大大地增加，所以配備着巨大機組的更大的發電廠的建立有了可能；例如凝汽式的火力發電廠中所採用的不是 50 而是 100 百萬瓦的機組。

在現時，爲了提高具有中級過熱的蒸汽溫度和蒸汽壓力，150 百萬瓦的機組常爲蘇聯工業所採用。這種機組可以大大地節省基本費用和運行費用(每瓩小時的燃料消耗量比

之 100 百萬瓦的機組降低了約 10 %)。

可以用最大的和最經濟的機組來供電給負載，是聯合電力系統的主要優點。此外，由於上述三種類型的發電廠之間的負載的合理分配，改進了運行情況(機組的功率沒有大的變動，機組毋需頻繁的開動和停止)，提高了火力發電廠的利用小時數，因而使燃料消耗量和電力成本更加降低。

在電力系統每日負荷曲綫(這曲綫表示整個系統每日中不同時刻的負荷情況)的負載支配上，上游具有水庫的水力發電廠通常能承擔整天的負載起伏——「應付高峯負荷」——，而在負載最大的時刻以最大功率^①運行着。同時，火力發電廠不僅承擔較均勻的負載，而是功率也較小。因此，水力發電廠好像是將火力發電廠從負荷曲綫上「排擠」出去。後者的功率減少，相應地就使基本費用降低了。

對於具有很大的水庫的巨大水力發電廠來說，上面所指出的運行情況是不可能的，如果它運行於負載不大的電力系統的話。為了使功率和能量都能够得到更適當的和更有效的利用，尤其是在水量多的年分裏，必須擴大水力發電廠的作用範圍，也就是說，必須把它運行於能吸收所有多餘功率和能量的聯合系統上。

除了上述因素外，電力系統的聯合對於建立必需的備用容量具有很大的意義。關於動力備用容量對於國民經濟的意義，已在十八次聯共(布)代表大會上按照莫洛托夫同志的報告：「在第三個五年計劃中，決定在電力建設方面把總容量增加九百萬瓩，保證在工業區域建立百分之 10—15 經常的

① 就整個來說，這種不平衡的運行情況，對水力發電廠的效率影響不大。