

中等专业学校教学用书

农业电力网

苏联H.A.布茨柯著

电力工业出版社

序 論

在蘇維埃政權的年代里，我國在農業電氣化方面已經獲得了很大的成就。在戰後的年代里，農業電氣化得到了更為巨大的發展。20%以上的集體農莊得到了使農業生產繁重過程機械化及照明用的電能。95%的機器拖拉機站及90%的國營農場已被電氣化。在我国的田野里，出現了電動拖拉機及電動康拜因，它們的數量將年復一年地不斷增加。

在1953年9月份召開的蘇聯共產黨中央全體會議的決議案里，指出：

“在繼續鞏固農業基地的物質——技術事業中，機器拖拉站、集體農莊、國營農場的電氣化有着頭等的意義。農業電氣化工作的擴展應該依靠更好地利用現有的農業發電站的電能，把農業拖拉機站、集體農莊及國營農場聯接到工業用的動力系統上，以及利用修建新的農業發電廠、風力設備來實現。並吸引工業部門及基礎部門的主管機關也參加發電廠及電力網的修建。在農業拖拉機站、集體農莊及國營農場中電能應當首先用於生產目的”^①。

為了實現農業電氣化，電力網的設計、修建及運行的問題有着很大的意義。電能是在發電廠里發出的，而大部分的發電廠都与電能用戶相距較遠，有時甚至很遠。這是因為我們要儘可能的把發電廠修建在能源附近——河流、泥煤或他種燃料蘊藏地；同時擴大原有發電廠的容量是最經濟的。

電力網將發電廠和電能用戶聯繫起來。由於農業用戶散居在很大的區域內，所以農業電力網有着很大的伸展度，於是它的修建就需要很多的導線金屬、木料等。因此，電力網的正確設計、快速及高質量的修建以及正確的運行，對於農業電氣化有着非常重要的意義。

現在電能都從發電廠發出來，而發電廠照例都被聯成動力系

① “關於進一步發展農業的措施”國家政治出版社，1953，第47頁。

統。巨大的動力系統聯接着分佈在數省、甚至數個共和國之內的發電廠。農業發電廠在很多的情況下也被聯成一個地方的動力系統，包括一個或數個行政區域。

動力系統內由發電機、配電設備、昇壓及降壓變電所、網絡的輸電綫及電能用戶所組成的部分，叫做電力系統。

電力系統內由變電所及輸電綫所組成的部分，叫做電力網絡。因為變電所是在“農業發電廠及變電所”的專門課程內講述，所以在本書內就只討論各種電壓的輸電綫。

由“電工學基礎”的課程內已知：當把電能輸送到相當遠的距離時，最合適的是採用較高的電壓。所以現代的電力系統必須包括昇壓變電所，在變電所內用變壓器把電能的電壓升高。在消費的地点則分設降壓變電所，在降壓變電所內用變壓器再把電壓降低，以使用戶可以利用電能。電能電壓升高及降低的必要性，使現在輸送及分配電能照例都採用交流，而主要是三相交流電。

我國 M. O. 達里沃-達布羅沃里斯基所發明的三相異步電動機的簡單性、廉價及可靠性，也促進了在電力系統中廣泛地採用三相交流制。

在圖 1 內表示包括三個區域發電廠 (PЭC) 的區域性強大電力系統的原理接綫圖。區域發電廠內發電機的電壓都是 10 仟伏。在距離最遠的發電廠內 (PЭC-1) 把這個電壓提高到 220 仟伏，在距離較近的發電廠內 (PЭC-2 及 PЭC-3) 則提高到 110 仟伏，此後便把能量輸送到電壓為 110 仟伏環形網絡內。這時要在最遠發電廠輸電綫的末端，修建一個 220/110 仟伏的變電所。由 110 仟伏的公共環網經過 110/35 仟伏的變電所，供電給 35 仟伏的綫路。這一綫路再供電給更小的 35/10 仟伏的變電所。然後由 35/10 仟伏的變電所又把電能輸送給電壓為 10 仟伏的配電網絡。在配電網絡上有大量數目的降壓變壓器點 (ТП)。在變壓器點將電壓自 10 仟伏降低到可為用戶使用的 380/220 伏。因此，在電能沒有送到用戶以前，它須經過幾次的變壓，這就有必要修建大量數目的變電所。

圖 2 是農業電力系統的原理接綫圖。這個電力系統是由兩個

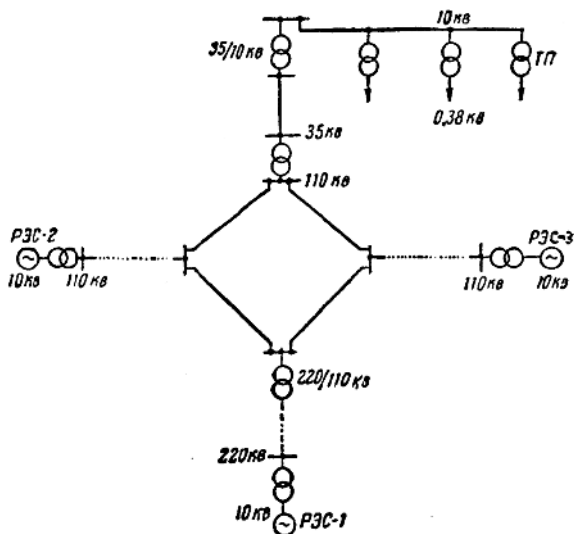


圖 1 区域性電力系統的原理接綫圖

水电站(ГЭС)及一个火电厂(ТЭС)所組成，它們都联接在电压为10千伏的公共網絡上。一般我們在發電厂內裝置电压为380伏的發電机，而在某些大發電厂內，則裝置电压为6千伏的發電机。不論是在这种或是那种情況下，電力網都是經過昇压变电所再与环形綫路相联接。个别用戶可以由环形綫路內直接得到电能，也可由此綫的分支經過变压器点(ТП)而获得电能。

在很多的农业区内还有孤立的农业发电厂。孤立发电厂(ЭС)的網絡接綫圖示于圖3內。在發電厂內一般都裝置低电压的發電机，經变电所把低压提高到10千伏。就用这个电压在全区内进行配电。

根据電力網的功用，電力網可以分为**配电網絡**及**供电網絡**。

凡是直接由供电电源点把电能輸送到用戶的变压器点(ТП)，或者当此網絡是低压網絡时，直接把电能輸送到用戶本身的網絡，都叫做**配电網絡**(圖4)。

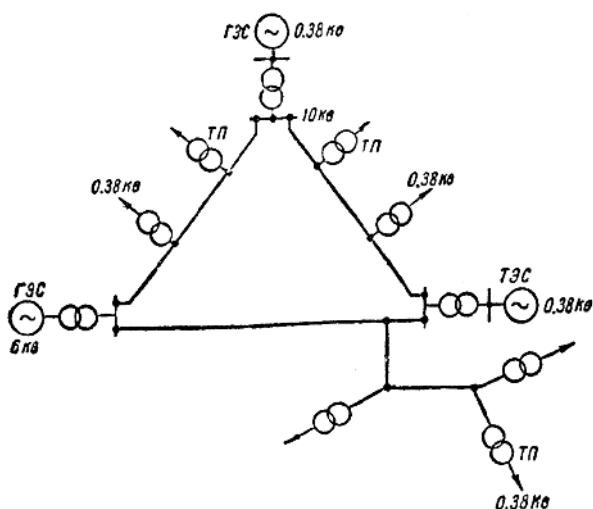


圖 2 農業電力系統的原理接綫圖

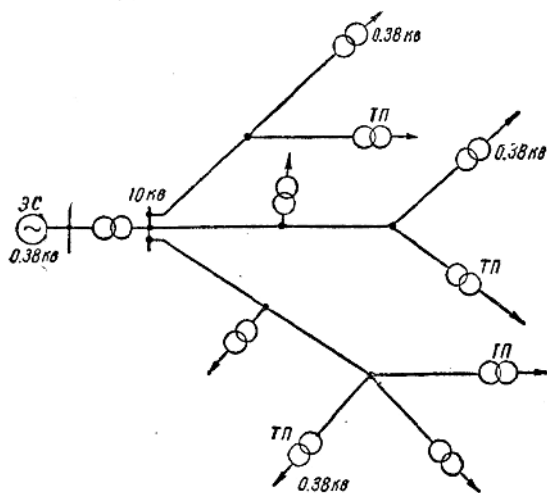


圖 3 孤立農業發電廠的原理接綫圖

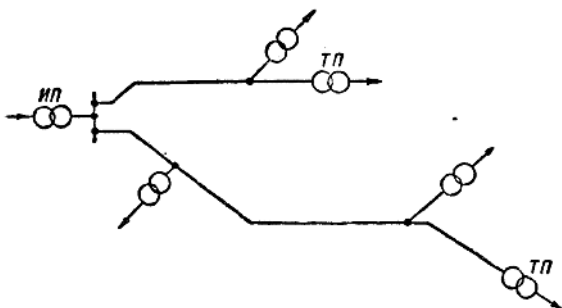


圖 4 配電網絡的接綫圖

凡是把電能沿着中途沒有接至用戶的供電輸電綫直接送至配電點 (ФП)，再由配電點送至用戶變壓器點 (ТП) 的電力網絡，都叫做供電網絡 (圖 5)。

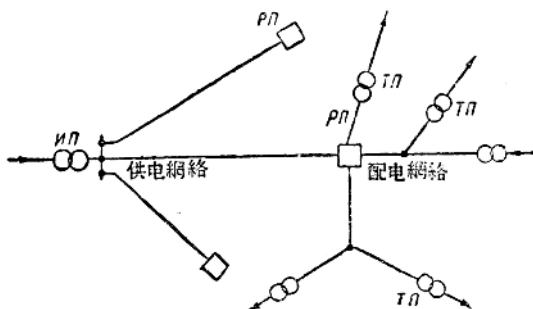


圖 5 供電網絡的接綫圖

符合下列情況之一時，即應修建供電網絡：1) 當供電點與變壓器點相距很遠時；2) 當接到同一條供電綫路上的變壓器點的數目過多，例如超過 10—12 個點時；3) 當必需減少供電綫路的數目，也就是要減少供電點內裝設油開關小間的數目時。

在上一世紀的 70 年代里，已開始修建電力網絡。那時也修建了電壓不高的 (100 伏以下) 直流電力網絡。它的供電半徑不超過幾百米。

俄罗斯的电气技师們曾是远距輸电的先鋒队。

在1874年，俄罗斯的軍事工程師費多尔·阿坡罗諾維奇·皮罗茨基(1845—1898)曾經实现了远距輸电，其輸送的功率达6馬力，輸送距离約为200米。在1876年的夏天，輸送距离已增加到1公里，并且他曾經利用了兩根与大地絕緣的鉄軌作为导綫。

所以，Ф. А. 皮罗茨基曾經利用鉄軌作为导綫的这一事实，現時在电力牽引界內获得很大的推广。

进行了实验以后，Ф. А. 皮罗茨基就預測到：依靠增加导綫的截面积而同时仍保持較低的电压，可以增加电能的輸送距离。

1880年，俄罗斯的“电”杂志剛剛創刊，得米特里·亞历山大罗夫·拉奇諾夫1842—1902就發表了远距輸电的理論。在他的論文里，Д. А. 拉奇諾夫曾經証明：为了把电能輸送到較远的距离，昇高电压是必需的，而且是有利的。这就奠定了現代的輸电系統及配电系統的基础。

在1882年，法蘭西的学者馬尔塞里·节普烈曾把3馬力的功率輸送到57公里的距离。在輸送电能时，他曾經利用了电压为1500—2000伏的直流。虽然輸送的功率不大，节普烈的設備却有着原則性的意义。当1883年时，弗烈得利士·恩格斯在給倍恩斯坦的信里談到关于这个設備时，他曾写道：

“最新的發明把工業从所有地域条件的限制下解放出来，也使最远的水利能量有被利用的可能，并且在最初如果它將只对城市有利益时，則在最終它將变为消灭城乡对立的最有力的槓桿”(馬恩全集，第27卷，第289頁，1935年俄文版)。

由保尔·尼柯拉耶維奇·雅勃洛奇柯夫(1847—1894)及依万·費力波維奇·烏薩金(1855—1919)二人所發明的变压器，使修建交流輸电綫路成为可能。

在采用三相交流的事業中，我們著名的同胞姆哈依尔·奧喜波維奇·达里沃·达布罗沃里斯基(1862—1919)佔了优先的地位。

在1891年，他曾經实现了把200匹馬力的电能輸送到175公里的距离。輸电綫是15仟伏的三相交流制。为了輸送电能 M.O.

达里沃-达布罗沃里斯基曾經發明了三相同期發電機、三相變壓器及三相異步電動機。后者現在仍在國民經濟的各個部門里獲得廣泛的應用；並且是農業化事業里被採用的電動機的主要類型。在達里沃-達布羅沃里斯基的試驗以後，輸電綫的發展就更快了。為輸送能量所採用的電壓、輸送的功率及輸送的距離，都在不斷的提高。在1908—1910年里，出現了電壓為110仟伏的輸電綫，在20年代的初期，出現了220仟伏的輸電綫。

在沙俄時代，電氣化發展得很慢。只是在偉大的十月社會主義革命以後，國家電氣化的發展，以及電力網的修建，才發生了根本的轉變。早在1918年，當國內戰爭方酣的時候，根據В.И.列寧的倡議，就已經開始了伏爾加河水電站的修建，並在列寧格勒修建電壓為110仟伏的輸電綫（Г. О. 格拉弗久和Б. Е. 維金涅夫）。

1921年，俄羅斯國家電氣化計劃（ГОЭЛРО）的擬定及批准，曾有力的推動了國家電氣化的發展及電力網的修建。

在實現俄羅斯電氣化計劃（ГОЭЛРО）的過程里，在1922年由卡錫爾斯基區域發電廠出發，修建了長達120公里的110仟伏的輸電綫，而在1925年，又修建了由沙土爾斯基區域發電廠到莫斯科的110仟伏的輸電綫（А. В. 溫其爾）。以後，110仟伏輸電綫的修建在我國得到了大規模的推廣。

1932年，以В. И. 列寧命名的第聶伯河水電站及154仟伏的輸電綫修建完成（И. А. 亞利山大羅夫，Б. Е. 維金涅夫，А. В. 溫其爾）。

在1933年，修建了由斯維爾斯基出發的第一條電壓為220仟伏的輸電綫。此後這種電壓的輸電綫在蘇聯也得到了廣泛的採用。

現在，由於在伏爾加河修建了巨大的水電站，正在進行着由古比雪夫及列寧格勒到莫斯科的電壓為400仟伏的超強力的輸電綫，其輸送距離大於1000公里。每一輸電綫將輸送1200兆瓦的功率。

在蘇聯建立了強大的電力系統，並準備好建立全蘇的首先是其歐洲部分的聯合高壓系統的条件。改善及發展農業網絡的重大工作已由蘇聯農業電氣化部門的科學及實際工作者們執行了。

目 录

序 論	
第一章 农业区里电能分配的特点	11
第二章 电力网的电压	15
第三章 导线、电缆及其发热的计算	19
§ 1. 裸线	19
§ 2. 绝缘导线	21
§ 3. 电缆	22
§ 4. 裸导线按发热条件所能容许的负荷	24
§ 5. 绝缘导线及电缆按发热条件所能容许的负荷	30
§ 6. 熔断保护器的选择及按发热条件来选择导线与电缆的 截面积	31
第四章 均等负荷开式网络里电压损失的计算	40
§ 1. 导线的电阻	41
§ 2. 导线的感性电抗	42
§ 3. 导线的容性电纳	44
§ 4. 直流线路的计算	45
§ 5. 交流网络中的电压降落和电压损失	49
§ 6. 当导线的截面积恒定时三相电力干线的计算	54
§ 7. 按有色金属消耗量最少的条件对三相电流电力网络的 计算	58
第五章 铜导线的计算	62
§ 1. 按查表法计算铜导线	63
§ 2. 根据农业电网管理局的曲线来计算铜导线	65
§ 3. 斯捷潘诺夫教授铜导线计算的图解法	67
§ 4. B. K. 布留卡契夫计算铜导线的分析方法	75
第六章 不均等负荷开式网络的计算	77
§ 1. 一般原则	77
§ 2. 具有有功负荷的低压网络	79
§ 3. 具有混合负荷的高压网络	92
第七章 利用大地作为导线的网络的计算及设备	100
§ 1. 一般原则	100

§ 2.	电压損失的計算	102
§ 3.	接地	104
第八章	三相-單相混合式的电能分配制	107
§ 1.	一般原則	107
§ 2.	電力綫路及變壓器點	109
§ 3.	電動機	112
第九章	閉式網絡的計算	113
§ 1.	通論	113
§ 2.	兩端供電的綫路	115
§ 3.	複雜的閉式網絡	126
第十章	網絡內容許電壓損失值的確定	138
§ 1.	電壓偏移及其對受電器具工作的影響	138
§ 2.	電力設備內各種元件對電壓偏移的影響	142
§ 3.	容許電壓損失值的決定	146
§ 4.	當電動機起動時對網內電壓波動的檢查	155
第十一章	農業電力網內的電壓調整	158
§ 1.	調整農業發電廠內發電機的電壓	159
§ 2.	網絡上的電壓調整器	160
§ 3.	串聯電容器	166
第十二章	電力網里的能量損耗	167
§ 1.	一般原則	167
§ 2.	電力網絡綫路內的能量損耗	173
§ 3.	變壓器內的能量損耗	174
§ 4.	電能損耗對電能輸送成本的影响	176
第十三章	農業網絡設計的基础	180
§ 1.	網絡電壓的選擇	180
§ 2.	網絡接綫圖	181
§ 3.	電力網有效半徑的確定	186
第十四章	關於 110 千伏電壓及更高電壓的輸電綫运行的基本觀念	188
§ 1.	輸電綫的有功電導	189
§ 2.	輸電綫的計算	191
§ 3.	莫斯科——古比雪夫輸電綫	207
§ 4.	直流輸電綫	208
第十五章	高壓電力綫路對通訊綫路的影响	210
§ 1.	通論	210
§ 2.	高壓綫路對通訊導綫的危險影响及干擾影响的決定	213
§ 3.	防止通訊綫路受高壓綫路干擾的影响	224

§ 4.	高压线路在通讯线路里所引起的 危险影响及干扰影响 的计算例题	226
第十六章	架空线路的结构	236
§ 1.	架空线路的绝缘子	236
§ 2.	架空线路的杆塔	239
§ 3.	建筑物的引入线	243
§ 4.	雷电过电压的保护装置	252
第十七章	架空线路的机械计算	254
§ 1.	导线上机械负载的决定	254
§ 2.	导线的机械计算	260
§ 3.	杆塔的机械计算	270
第十八章	架空线路的安装	287
§ 1.	架空线路设计的组成及内容	287
§ 2.	线路路径的勘测及施工准备	290
§ 3.	架空线路的安装	293
§ 4.	架空线路安装工作的机械化	299
§ 5.	架空线路在运行前的验收	302
第十九章	室内导线及电缆线路的设备	302
§ 1.	根据场所的型式对室内布线的要求	302
§ 2.	安装材料	303
§ 3.	明线	313
§ 4.	暗线	322
§ 5.	对 380/220 伏中性点接地系统内导线的布线	329
§ 6.	电缆的敷设	324
第二十章	农业电力网的技术经济指标	337
§ 1.	网络的修建	335
§ 2.	网络的运行	337
附 录		

第一章 農業区里电能分配的特点

農業電力網是为農業用戶服务的，它的特点是輸送功率比較小及伸延度比較長。因此農業電力網輸送單位功率所需的成本是很高的，而且大大地超过了國民經濟其他部門內輸送單位功率所需的成本。

为分配电能所用的經費，是修建及运行農業电气設備所用經費的主要成分之一。例如，对很多農業电气設備所做的計算表明：高低压網絡的成本以及变电所的成本为全部电气设备成本的68%，或等于电气化所用总价錢的34%。在電力網里所耗費的導綫材料的数量，佔農業設備內此項材料总消耗量的絕大多數(95%)。

現時農業電力網的伸延長度，已用数十万公里計算。農業区里的高低压電力網比國內任何其他國民經濟部門的電力網要多。随着農業区电气化的进一步發展，農業電力網的总長度將更快的增長。

由于苏联政府已通过关于广泛發展農業电气化的決議，不但要利用地方性的动力資源，还要利用区域动力系统及工業企業發電厂的能量，所以農業電力網的伸延長度就更要增加。这就需要建立35仟伏的農業綫路，甚至110仟伏的綫路，并且要广泛發展10仟伏的網絡。

但是应当指出：集体农庄式的農業生产，大大地減輕了国家对農業区供电的任务。集体村鎮、集体农場、集体庄园形式的集中用戶把所需的網絡長度減少了很多倍。

在我国已經把集体农庄合并起来，这就大大地改善了和簡易了对農業区供电的条件。

对于苏联欧洲部分的各区而言，全部完成电气化时的農業区

的負荷(不計入电气耕地及其他活动性的田間工作所需的功率)可用表 1 所示的数据說明。

苏联欧洲部分各区內农業电气負荷特性

表 1

区	負荷密度 (仟瓦/公里 ²)	1000 公里 ² 內 居民点数目	居民点所需 的平均功率 (仟瓦)	高压綫的長度 (公里/公里 ²)	高压綫的負 荷量 (仟瓦/公里)
中央区	1—3	100—180	10—50	0.3—0.4	5—10
草原区	0.5—2	30—60	1000 以下	0.15—0.2	5—12
林木区	0.1—0.5	—	2—20	0.3—0.4	<1

农業居民点內低压綫的負荷密度，一般在 3—8 仟瓦/公里的範圍內变动，平均起来說，約为 5 仟瓦/公里。为了比較起見，我們可以指出：即使在不大的城市里，負荷密度已达 10—60 仟瓦/公里。

农業电气化的特点，对农業电力綫提出了一系列特殊的要求。节省导綫金屬和降低初次投資的問題在这里具有独特的意义。为了能满足这些要求，农業电气化部門內的科学及实际工作者們，已經研究出許多关于农業电力綫合理化及降低其初次投資的措施。

使农業电力綫价廉及減低其中导綫金屬消耗的主要措施有下列各点：

1) 不論在低压或高压綫里都采用提高的电压。

在低压綫里为了代替以前采用的三相交流 220/127 伏的电压，現在到处采用中点接地的 380/220 伏的电压。

把低压綫的电压提高到以前的 $\sqrt{3}$ 倍，理論上應該把导綫金屬的消耗減少到原来的 $\frac{1}{3}$ ，然而实际上却把低压綫約減少到 $\frac{1}{2}$ 。

在高压綫里为了代替以前采用的 6 仟伏电压，現在主要采用 10 仟伏电压，它比 6 仟伏提高到 $\sqrt{3}$ 倍，并且大大地节省了导綫的

材料。同时 380 伏的主要设备和 220 伏时的设备一样，保持不变。10 仟伏设备比 6 仟伏设备的价钱贵不了许多，因此修建网络所得的节省就大大超过了较贵的 10 仟伏设备所多用的花费。

2) 采用钢导线 远在 25 年以前，在农业网络里只采用铜及局部地采用铝作为导线金属，即采用了对国民经济很多部门都非常必需的材料。

从 30 年代的初期开起，农业电气化者们开始广泛地采用铜（铁）做成单股或多股的导线作为导线金属。大家知道把铜和铝比较起来，尤其是和铜比较起来，它的电导率很坏，但是铜却具有很高的机械强度。在农业区内由于功率比较小就可允许我们成功地用廉价的钢导线来代替铜或铝。现在约有 70% 长度的农业网络都是用钢导线修建的。因此为了国民经济的需要已经省下大量的有色金属。在设计架空农业电力网时，只有当钢导线的截面感到困难时，才允许我们采用铝，至于铜实际上几乎是不采用的。

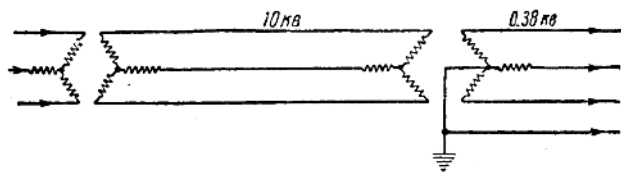


图 6 按普通三相制的电能分配图

3) 采用电能分配的新制度 不久以前在农业区里只采用普通的三相制来分配电能。按此制修建的 10 仟伏及 380/220 伏的线路图示于图 6 内。在 30 年代的初期，全苏农业电气化研究所（П.С. 奥列斯金斯基，А.Г. 查哈林，Л.Е. 艾宾，Ш.М. 阿路克尔）提议采用“双导线-地制”（ДЛЗ），其中利用大地作为一根高压导线（图 7）。结果导线被节省了三分之一，并且在修建高压线路时又节省了大量的绝缘子及木材。目前有 8000 公里以上的各种电压的农业网络是按双导线-地制运行的，其电压都在 35 仟伏以下，也有 35 仟伏的。在格鲁吉亚苏维埃社会主义共和国里几乎有半数的农业电力网是按双导线-地制修建的。

由全苏农业电气化研究所(А.Г.查哈林, Н.А.布茨柯)所研究出来的三相-单相混合式的分配电能制, 还可以节省更多的高低压线路方面的导线金属(达40—50%)。在这种情形下, 高压线路是修成混合形式的(图8), 即干线按三相制架设, 把比较大的电力用户(机器拖拉机站的修理所, 电动拖拉机, 集体农庄的园地等)直接接在上面。所有其余小的用户, 主要是照明及家庭负荷, 则接到由三相高压干线引出来的单相分支线路上。因此在这种分支上, 导线的数目就被减少了三分之一, 更主要地是把降压变压器点的单相变压器容量减少了, 采取这些措施就把低压网络的负担大大减轻了。

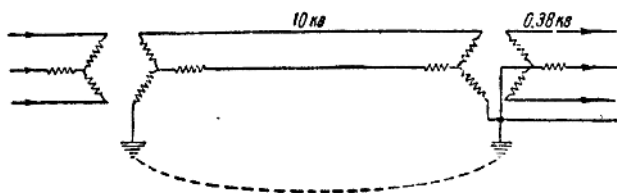


图 7 按“双线-地制”分配电能(ДПЗ)

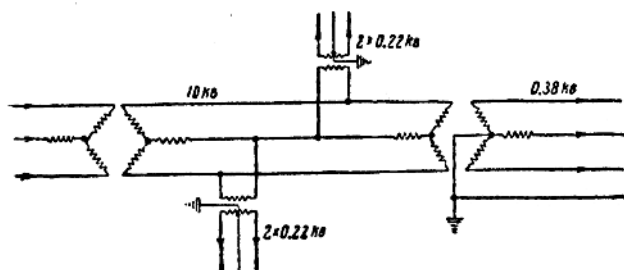


图 8 按三相-单相混合式分配电能

现时农业网络内所用的单相变压器的生产已经开始, 并且混合式分配电能制在农业区里也愈来愈得到推广。

4) 农业网络里的电压调整 农业网络里的电压调整, 能使网络里的容许电压损失大为提高, 并且依靠这种办法就减少了导线

的截面积。电压調整可以利用特种自动調整器来实现。这些調整器的第一批模型已被研究出来，并希望在最近的将来广泛的采用。

5)研究各种型式的典型桿塔 研究电压为 6, 10 及 35 仟伏具有加大档距的各种型式的典型桿塔，以及低压桿塔(农业电網管理局—国家农业电气设备設計院)。

第二章 电力網的电压

电压的大小是表示电气设备，包括电力網内任何元件特性的一个重要参数。

受电器、发电机和变压器的額定电压是它們正常工作的电压，并且是最經濟的电压。这个电压都在电机或电器的名牌上标明。

現时在三相电流的设备里，一般都取相与相之間的电压(綫电压——譯者)为額定电压。因此，例如綫路的額定电压是 35 仟伏，它的相电压是綫电压的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 倍，即 20.2 仟伏；如果額定电压是 10 仟伏，相电压就是 5.8 仟伏等等。

我們取網路的額定电压等于受电器的額定电压。

实际上，網路內沿綫路各点的、在某給定時間之內的电压值不都是相同的。在綫路的始端，电压一般少許高出額定电压，而在綫路的末端，則低于額定电压。

圖 9 表示一条具有均匀分佈負荷的綫路。其中的电压可以用繪圖法以直綫的形式画出。在我們的例子里，網路始端的电压比額定电压高出 5%。網路末端的电压比額定电压低 5%。

在一般的情況下，应当力圖使工作电压(U)的算术平均值接近于網路的額定电压。在我們的例題里是：

$$\frac{U_1 + U_2}{2} = \frac{400 + 360}{2} = 380 \text{ 伏} = U_{\text{н.}}$$

我們取發電機的額定電壓比網絡的額定電壓高 5 %。這樣做的道理是根據上述的論據，因為只有這樣做時才可以保證電力網的始端有較高的工作電壓。

變壓器一次繞組的額定電壓應等於網絡的額定電壓，因為一次繞組起的是受電器的作用。

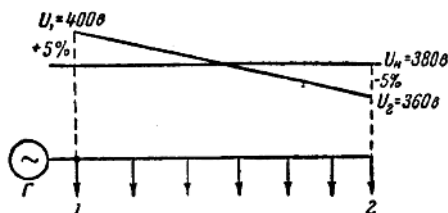


圖 9 網絡的工作電壓及額定電壓

最後，變壓器二次繞組的額定電壓應比網絡的額定電壓高出 5—10%，因為二次繞組對下面一段的網絡而言，起的是供電電源（發電機）的作用。此外，還必須抵消變壓器本身的電壓損失。

在圖 10 里示出一均勻分佈負荷的電力網絡及其昇壓和降壓用的變壓器。在 2—3 兩點之間依靠變壓器把網絡的工作電壓抬高了 10%，並且重新又變成比網絡的額定電壓高 5 %。顯然，對於 1—2 一段而言，網絡的額定電壓是 10 仟伏，而對於 3—4 一段而言，它是 380 伏。

一切電器裝置都可分為高壓裝置與低壓裝置。凡是這些裝置其中任何一根導線與大地之間的有效電壓不超過 250 伏時，都叫做低壓裝置。此外，所有其餘的裝置都是高壓裝置。

在進行農業區架空電力網機械計算的時候，常把電力網分成三級。第Ⅰ級——額定電壓高於 35 仟伏者，第Ⅱ級——電壓為 1—35 仟伏者，第Ⅲ級——電壓低於 1 仟伏者。

蘇聯把所有電器裝置的額定電壓，限於為數不多的幾個標準數值。顯然這種數值愈少，我們所必須生產的電機的典型尺寸及設備也比較少。從另一方面來看，標準電壓的數值愈多，就可以