

森林采伐企业的 电气设备

И.Р.别尔斯基著

森林工業出版社

И. Р. 別爾斯基 著

森林采伐企業的电气設備

譯者 徐 受

校者 張仲德

森林工業出版社

一九五七年·北京

И. Р. Бельский

ЭЛЕКТРО-
ОБОРУДОВАНИЕ
ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ

Гослесбумиздам

1953

版权所有 不准翻印

森林采伐企业的电气设备

И. Р. 别尔斯基 著

徐 受 译 张仲德校

森林工业出版社出版

(北京安定门外和平里)

北京市书刊出版营业许可证出字第103号

崇文印刷厂印刷 新华书店发行

*

31" × 43" / 25 · 14 $\frac{7}{8}$ 印张 · 328,000字

1957年11月 第1版

1957年11月 第1次印刷

印数: 001—500册 定价: (10)2.10元

目 录

緒 論	1
第一篇 森林采伐方面用的电机	5
第一章 交流电机的繞組	5
1. 概論	5
2. 交流电机的定子	5
3. 定子繞組的电勢	6
4. 單層繞組	12
5. 双層繞組	22
6. 帶有分数槽 q 的双層繞組	30
7. 同步发电机的轉子繞組	35
8. 異步电动机的轉子繞組	35
9. 繞組的絕緣	35
第二章 同步發电机	38
1. 概論	38
2. 同步发电机的性質	41
3. 半导体整流器	43
4. 自激同步发电机	61
5. 电压的自动調節	65
6. 自激同步发电机之研究	71
第三章 普通頻率的異步三相电动机	74
1. 轉矩	74
2. 異步电动机的启动特性	77
3. 三相电流異步电动机的启动	78
4. 異步电动机轉速的調整	81

5. 異步電動機的換向	83
6. 功率因數	84
7. 效率	84
8. 異步電動機的運用特性	85
9. 異步電動機的电制動	85
10. 雙速及多速電動機	88
11. 電動機構造的类型	93
第四章 高頻率電動機	95
1. 高頻率電動機的主要特性	95
2. 鏈鋸的電動機	97
第五章 變頻機	102
1. 同步變頻機	102
2. 異步變頻機	103
3. 變壓器型式的變頻機	111
4. 變頻機的比較	115
第六章 電机的功率	115
1. 電机的發熱与冷卻	115
2. 電机的額定功率	118
3. 電動機的運用情况	119
4. 電動機的过载能力	120
第二篇 森林采伐的電力供应	122
第七章 森林采伐電力供应概論	122
1. 電源	122
2. 森林采伐企业的電力供应制	124
3. 森林采伐電力供应制的比較	129
第八章 移动电站	131
1. 概論	131
2. 帶激磁机的普通頻率的 ПЭС-12 移動电站	131
3. 帶有自发电机的 ПЭС-12 移動电站	136
4. 頻率200週/秒的 ПЭС-12 移動电站(ПЭС-12—200)	138

5. 蒸汽移動发电站 (ППЭС-40)	141
6. ПЭС-50 移動发电站	147
7. ПЭС-60 移動发电站	152
第九章 固定发电站	158
1. 負載曲綫	158
2. 发电站运用特性系数	161
3. 发电站汇流排負載之計算	163
4. 发电站負載曲綫圖	170
5. 机組功率及数目的选择	176
6. 电流种类及电压数值的选择	179
7. 发电站的主要設備	179
8. 发电站的配電綫路圖	181
9. 发电站的配電裝置	186
10. 发电站地点之选择	189
11. 鍋爐机发电站的組成	189
第十章 电能的輸送及分配	189
1. 高压電器	189
2. 变电所	199
3. 电力輸送制	208
4. 森林采伐用高压綫路的敷設	210
5. 架空綫路導綫的电阻与感抗	214
6. 架空綫路导綫的計算	215
7. 銅导綫架空綫路的計算	220
8. 电能的分配	222
第十一章 电气設備的接地和接中性綫	231
1. 防護性接地	231
2. 工作性接地	232
3. 接触电压	232
4. 接地裝置之計算	235
5. 电气設備的接中性綫 (接零)	240

6. 需要接地的設備部分.....	243
7. 對接地所提出的要求.....	244
第三篇 生產設備及起重運輸設備的電力傳動	247
第十二章 工作機器所需的功率	247
1. 靜功率.....	247
2. 用實驗方法確定工作機器所需功率.....	250
3. 動功率.....	251
4. 飛輪力矩之計算.....	253
5. 起動和制動時間之計算.....	256
6. 起動和制動時所消耗的功率.....	259
7. 用飛輪平衡負載.....	261
第十三章 工作機用的電動機的選擇	264
1. 電力傳動的優點.....	264
2. 電動機的選擇方法.....	265
3. 電動機類型的選擇.....	266
4. 長期運用時，負載不變的電動機功率的選擇.....	267
5. 長期運用時，交變負載的電動機功率的選擇.....	270
6. 短暫運用的電動機功率的選擇.....	275
7. 反復短暫運用的電動機功率的選擇.....	276
8. 按照轉速選擇電動機.....	279
9. 電動機構造類型、電流種類及電壓數值的選擇.....	280
第十四章 電動機的防護電器及控制電器	281
1. 概論.....	281
2. 電動機的防護電器.....	281
3. 直接控制的電器.....	284
4. 間接控制的電器.....	290
5. 磁啟動器的展開線路圖.....	291
第十五章 机床和起重運輸設備的電力傳動	294
1. 電力傳動的類型.....	294
2. 木材初次加工用机床的電力傳動.....	296

3. 傳运机及升运机的電力傳動	300
4. 起重机的電力傳動	300
5. 絞盤机的電力傳動	309
6. 電力傳動自動控制綫路圖	310
第十六章 鏈鋸的電力傳動	313
1. 對鏈鋸電力傳動所提出之要求	313
2. 帶普通頻率電動机的鏈鋸	314
3. 帶高頻率電動机的鏈鋸	317
第四篇 楞場的电气照明	323
第十七章 照明設備及照明系統	323
1. 照明設備	323
2. 照明制	327
第十八章 楞場照明設計	330
1. 工作地点的照度标准	330
2. 路灯照明計算	332
3. 探照灯照明的設計	337
第五篇 節約电能和改善功率因数	345
第十九章 節約电能的措施	345
1. 动力裝置所需电能之節約	345
2. 照明裝置所需电能之節約	346
第二十章 功率因数之改善	347
1. 功率因数及电力系统	347
2. 功率因数低的原因	347
3. 功率因数低的后果	348
4. 提高功率因数的办法	349
5. 兩級收費率	350
附 錄	353
参考文献	364

緒 論

烏·伊·列寧在他的理論著作及演說中曾經指出電氣化對發展社會主義國家文化及經濟有着重大意義。按照烏·伊·列寧的倡議於1920年成立了委員會，由這個委員會擬定了俄羅斯電氣化計劃。這個委員會稱為俄羅斯國家電氣化委員會（ГОЭЛРО）。

在五年計劃年代內建築了巨大的發電站，裝備了最新的機器及本國出產的電器；全國佈滿了很密的電力輸送網絡，它把全國各個地區聯合成為強大的電力系統。

為了說明蘇聯電力蓬勃發展的情況。我們引用下面的數字：1940年電能年生產量達到480億度（瓩小時），1950年蘇聯發電站電能生產量超過900億度（瓩小時）；1953年電能生產量達到1330億度（瓩小時）。

電及電氣化是共產主義的物質技術基礎的基礎。烏·伊·列寧曾經給共產主義下了如下的定義：“共產主義——就是蘇維埃政權加上全國電氣化”。●

由於在蘇聯國民經濟各部門廣泛地運用機械化和電氣化，就根本地改變了生產過程的特性及勞動的條件。

在資本主義的條件下，由於機械化和電氣化能減少所需勞動力，就引起了失業，這樣就使得勞動人民的處境變壞。

在社會主義國家內沒有失業現象，機械化和電氣化能把工人從沉重的體力勞動中解放出來，能改善他們的處境。假使由於機械化的結果能解放出一部分工人，那他們立刻就會找到工作。

● “列寧論工業化”，131頁，人民出版社1955年出版。

为了管理机械化和电气化的设备，需要具有高度技术知识的人员；在社会主义的条件下，技术的进步与工人熟练程度的提高是不可分割的。

苏联所有国民经济部门均已电气化。电能使得各种机器，机床及联动机等转动；电应用在材料的热处理，生产场所的照明及化学过程等方面。运输业及农业的电气化正在高速地发展。

日常生活的电气化对于发展人民的文化具有重大的意义；电照明、电话、无线电和电视是教育人民群众的最有力的工具。

在动力基地发展的同时，国家的电气工业也有了迅速的发展。苏联工厂制造了世界上最大发电站用的整套机器设备。同时也为各国民经济部门制造了一切必需的电气设备。

苏联电气工业的巨大成就，使得能够提出和解决森林采伐企业的电气化的问题。

苏联的科学及技术顺利地解决了应用在森林采伐企业生产过程中的所有主要机械的电气化问题。

伐木及造材——森林采伐作业的最费力的劳动过程已完全电气化了。1936年曾经创制带普通频率电动机的电锯，1945年创制了带频率为200赫芝电动机的电锯；目前正用它们来伐木和造材。我们制造出电锯是表明苏联的科学技术的巨大成就。

集材工作（即在伐区将伐倒木运至山上楞场）亦已电气化，运用电气绞盘机集材。在山上楞场集材，除了绞盘机之外；还采用带内燃机的拖拉机。但是在伐区有电能时，用电气拖拉机进行集材最为有利。

为了这个目的，1948年曾经首先试制成农业上用的电气拖拉机。1950年中央森林工业机械化及电气化科学研究所乌拉尔分所全体科学工作者与斯维尔德洛夫发动机装配工厂生产者在友好创作基础上创制了试验性的电气集材拖拉机。经验指出，这种电气拖拉机比普通拖拉机生产率高，而集材成本低。

将山上楞场的原条装载到窄轨铁路的台车上所用的机械也电气化了；这些工序用电气绞盘机及电起重机来完成。

用各种电气化机械將运至最終楞場的原条進行首次加工。最終楞場上运用电气化的框鋸及电气化机床（圓鋸、枕木截制机、木枋劈制机、剝皮机等等）。用电气化升运工具——傳送机、升运机、汽車起重機，鋼索起重機等等运送重物。

夜間电的光源照耀在生產場所的工作地点、山上楞場和最終楞場的廣闊地区以及集材道。

木材運輸尚未电气化，但是具有使它电气化的技術及經濟的基础，因为电气化的運輸較之蒸汽機車具有一系列的优点。与蒸汽機車相比，电力機車具有很大的上坡能力，因此能减少整平路面的土方工程。在电气化運輸道路上行車速度高；因此運輸同样数量的貨物所需的車輛節数要少些。

由功率大的發電站發出的供給电力牽引机械用的能量較之功率小的蒸汽机組所發出之能量便宜。电力牽引机械每吨公里所消耗之能量較之蒸汽机小很多，因为电动机較之蒸汽机具有較高的效率。

改用电力牽引机械運輸能减少运行費用，苏联电气化運輸道路运行費用可節省25%到40%。电气化運輸所得到的經濟效果是直接决定于动力能量的价格；假使能合理地运用生產廢料的話，那么在森林采伐企業中具有能得到价廉的动力的一切条件。

由于森林采伐生產的电气化，森工局对电能的需要就大大地增加了；因为森工局大多数都在离电力系统較远的地区，电能由森工局自己的設備來生產，主要是用帶有內燃机的移动电站。从1945年起苏联的工厂就开始为森林采伐企業制造容量15到65仟伏安各种类型完善的移动电站。上述移动电站按其功率來講僅能供应山上楞場作業所需之能量。最終楞場机械化工作所需的功率大大地超过了單个移动电站的功率。

苏联第五个五年發展計劃对森林工業提出很大的要求。

根据苏共第十九次党代表大会指示，在第五个五年計劃終了时，全部森林采伐量达到五分之四的机械化；如此，在五年內机械化采伐較之1950年增加2.7倍。木材運輸机械化程度將达到80%。到1955年，机械化运材量較之1950年水平增加1.3倍，它在全部运材量中占80%。

山上楞場的機械化木材裝車量增加12倍。

木材運輸工作在1955年較之1950年增加56%。制材生產的數量也將顯著地增長；木材加工成品的出產量，尤其是建築構件，標準木質房屋，毛坯，農業機器製造用的，車廂製造用的，傢俱工業用的零件，各種型式的桶以及其他許多木制成品的生產將大大地增加。

第十九次黨代表大會關於第五個五年計劃的指示要求：“繼續發展森林采伐工作的全盤機械化”^①。

森林采伐的全盤機械化是與森林采伐企業電氣化的擴張及加深有密切的聯繫。森工局正在向需要几百瓩能量的規模相當龐大的生產企業過渡。

為了產生電能，可以有效地利用最終楞場的生產廢料。廢料可用作蒸汽鍋爐的燃料及獲得動力蒸汽的原料。廢料的數量足夠用以獲得所必需的功率。因此，在最終楞場設立固定型發電站有很大的意義。這些發電站功率大，並能利用生產廢料，因而能創造獲得廉價動力的條件。如在最終楞場有了發電站，它就能合理地供應電能，以滿足山上楞場及伐區的需要。

假使在森工局所在地點有電力系統輸送綫路通過，它就可以供應森工局所需之電能。假如，在烏拉爾的奧茲爾斯克森工局就和“烏拉爾電力”電力系統相接連；為了供應森工局所需的電能敷設了通向伐區的高壓干綫、支綫、以及所有的輔助設備。運用經驗証明，由電力系統供應森工局所需之電能是合乎技術及經濟效果的。

進一步電氣化的成就直接決定於是否能正確地解決森工局電力供應的問題。

① 第十九次黨代表大會關於發展蘇聯1951—1955年第五個五年計劃的指示，蘇聯國立政治書籍出版局，1953年版，第11頁。（中文本第43頁1953年人民出版社出版）

第一篇 森林采伐方面用的电机

第一章 交流电机的繞組

1. 概 論

交流电机分成兩类：同步电机及異步电机。

同步电机及異步电机的特性有顯著的区别。但是這兩类电机的定子構造及定子繞組原则上是相同的；在定子繞組內所產生的电磁过程也是相同的：由于磁場作用而產生电势，和由于通过繞組的电流的作用而生磁势。

定子構造及在其繞組內產生的电磁过程的共同性，就使得我們研究同步电机及異步电机定子繞組时，不必把它們分开。

2. 交流电机的定子

交流电机的定子是帶有鉄心的机座。鉄心由 0.5 公厘厚的矽鋼片組成而且压成叠片。

在定子槽內安放繞組，定子槽制成半閉口的及半开口的。

半閉口槽（圖 1, a），适宜于單層及雙層繞組，在电压 550 伏以下，容量 60—80 瓩以下的电机上可見到。在这种槽子內采用由軟元件組成的散裝繞組。元件由圓截面的導綫制成，穿过元件的孔隙安放在槽子內。

半開口槽（圖 1, 6）廣泛地应用在电压 550 伏以下的中等容量电机的定子上；它采用雙層繞組，因而繞組可由硬元件組成。

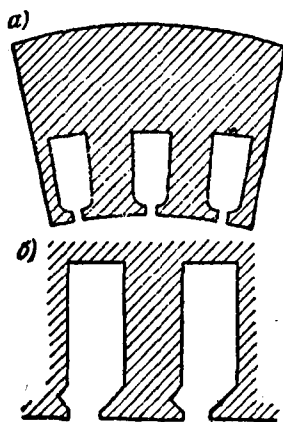


圖1. 定子槽

а—半閉口槽 б—半開口槽

3. 定子繞組的电势

定子繞組感應所生電勢由三個基本參數決定：曲線的波形，頻率，及作用數值。

通常要求電勢嚴格地為正弦波形；但是要得到這樣波形的電勢是不可能的。感應電勢的波形決定於繞組的構造，並且在各種構造不同的繞組中僅僅在某種程度上接近於正弦波。

得到所需要的頻率是不困難的。頻率決定於磁極對數 (p) 及轉子轉速 (n)：

$$f = \frac{pn}{60}。$$

為了得到所需的電勢數值，要求適當的計算繞組。

在三相發電機定子上配置着感應產生等值電勢的三相繞組。按照電磁感應定律，在導線內感應電勢的平均值等於：

$$E_{\text{п.ср}} = B_{\text{ср}} l v，$$

式中： $B_{\text{ср}}$ —空氣隙內磁通密度平均值，高斯；

l —導線長度，公分；

v —轉子轉速，公分/秒。

轉子圓周速度等於：

$$v = \frac{\pi D n}{60}，$$

式中： D —轉子直徑，公分；

n —轉子轉數，轉/分。

因而，以 v 的數值代入公式內，得到

$$E_{\text{п.ср}} = B_{\text{ср}} l \cdot \frac{\pi D n}{60}。$$

乘積 πD 以極距 (τ)，即相鄰磁極軸綫間所包含的定子圓周部分表示之；極距等於：

$$\tau = \frac{\pi D}{2p}，$$

由此

$$\pi D = 2p\tau,$$

將其代入方程式，則得：

$$E_{\text{н.ср}} = B_{\text{ср}} l \frac{2p\tau n}{60} = 2B_{\text{ср}} l \tau \frac{pn}{60} = 2B_{\text{ср}} l \tau f.$$

因为 $B_{\text{ср}} l \tau$ 是一个磁極的磁通 ($B_{\text{ср}} l \tau = \Phi$)，那么導綫內电势的平均值

$$E_{\text{н.ср}} = 2 \Phi f.$$

具有实际意义的是电势的有效值；从交流电理論中知道，电势的有效值等于：

$$E = \frac{E_{\text{м}}}{\sqrt{2}},$$

而当电流是正弦波时，其平均值：

$$E_{\text{ср}} = \frac{2}{\pi} E_{\text{м}}.$$

有效值与平均值的比值称之为电势的波形系数，并以 k_E 表示之。对正弦电流來講， k_E 等于：

$$k_E = \frac{E}{E_{\text{ср}}} = \frac{E_{\text{м}}}{\sqrt{2}} \frac{\pi}{2 E_{\text{м}}} = 1.11.$$

算出導綫內电势的有效值 $E_{\text{н}}$ ，以平均值及波形系数表示之：

$$E_{\text{н}} = k_E E_{\text{н.ср}} = 1.11 E_{\text{н.ср}} = 1.11 \cdot 2 \Phi f = 2.22 \Phi f. \quad (1)$$

確定綫匝內感应电势数值。安置在槽子內的綫匝边称之为有效边；綫匝的始边与末边間的距离以極距 (τ) 或安放綫匝始边与末边的槽子数表之，此距离称之为繞組節距 (y)。

綫匝边的安置距离与極距相同 ($y = \tau$)，要使得始边位于北極中心下，而末边位于南極中心下 (圖 2)，这样在綫匝边內就能得到等值

电势，因为在两个磁极的中心下，磁通密度 B 具有相同的数值。连接线圈边，使得它们的电势相加则得：

$$E_B = 2 E_n = 2 \times 2.2 f \cdot \Phi = 4.44 f \Phi \quad (2)$$

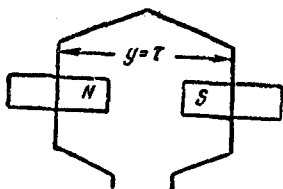


圖2. 線匝边的配置

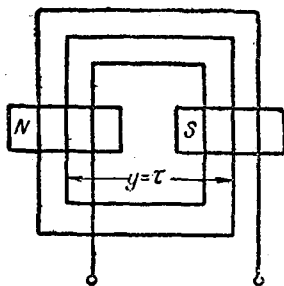


圖3. 線圈

確定线圈感应电势的数值；线圈是由一系列串联的线圈组成的定子绕组的组成部分，这些线圈都放在不同极性磁极下的两个槽子内（圖3）。

由 ω_K 匝组成的线圈要安放在磁极中心下的槽子内，并连接线圈的有效边，使得它们所感应的电势相加，这样，在整距 ($y = \tau$) 时，线圈的电势：

$$E_K = 4.44 f \Phi \omega_K \quad (3)$$

式中： E_K —线圈电势；

ω_K —线圈的线圈匝数。

由若干串联线圈组成的单相绕组的电势等于：

$$E_\phi = 4.44 f \Phi \omega, \quad (4)$$

式中： E_ϕ 及 ω —每相电势及线圈匝数。

为了改善电势的曲线形式及减少线圈端接部分铜的消耗起见，则广泛地采用短距绕组 ($y < \tau$)。假使将线圈的始边 1 放在北磁极中心的下，而末边 2 离南磁极中心稍前（圖4），即得到短距线圈。在导线

1 和 2 內感應生不同值的電勢，因為它們在磁通方面處在不同的條件下；在導線 1 內感應生最大電勢，而在導線 2 內電勢數值小。為了得到綫匝的電勢有效值，可作出向量圖（圖 5），計算導線 2 電勢的向量對南極中心綫位移的角度

$$\beta = \pi \frac{\tau - y}{\tau}。$$

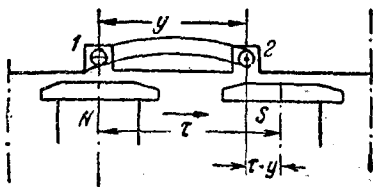


圖4. 短距綫匝

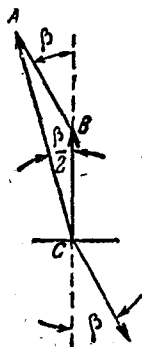


圖5. 向量圖

按照向量的方向進行幾何的相減，得到短距時綫匝電勢 $E_{B \cdot yK}$ ，它等於等腰三角形 ABC 的底邊 AC ：

$$E_{B \cdot yK} = 2E_n \cos \frac{\beta}{2}。 \quad (5)$$

短距電勢數值與整距電勢數值之比（公式 2）等於：

$$\frac{E_{B \cdot yK}}{E_B} = \frac{2E_n \cos \frac{\beta}{2}}{2E_n} = \cos \frac{\beta}{2} = k_y。 \quad (6)$$

這個比值稱之為短距係數，以 k_y 表之。

現在把整距綫匝和短距綫匝的電勢比較一下，可以見到，縮短綫匝的節距能使電勢的數值減小；另一方面，根據同步發電機的理論可知，縮短綫匝的節距，我們可以改善電勢的曲線形式，使之近似於正弦波形^①。除此而外，縮短節距可節省繞組端接部分的銅。

三相發電機 k_y 的變動範圍從 0.87 ($y = \frac{2}{3}\tau$) 到 0.97 ($y = \frac{6}{7}\tau$)。

圖 6 上綫圈的綫匝所有始邊都集中在北極下面的一個槽內，而末

① 細節可參考 П. М. 朴德羅夫斯基教授著：電機學，動力書籍出版社。1949 年出版。
（中文版 龍門聯合書局出版）