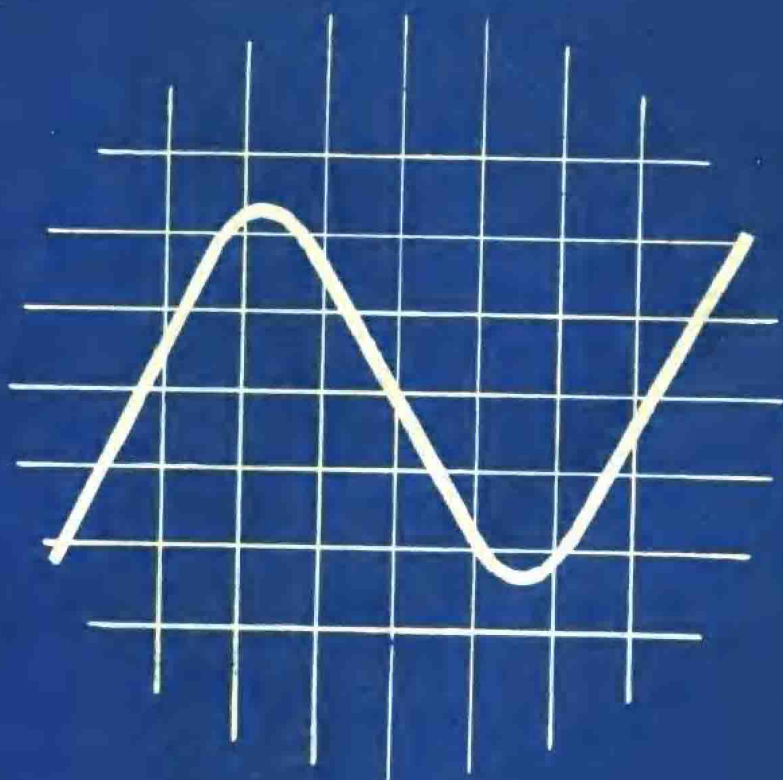


电力设计资料选编



内部资料

四川省工业建筑设计院

1976.12.

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内,人类总是不断发展的,自然界也总是不断发展的,永远不会停止在一个水平上。因此,人类总得不断地总结经验,有所发现,有所发明,有所创造,有所前进。

一个正确的认识,往往需要经过由物质到精神,由精神到物质,即由实践到认识,由认识到实践这样多次的反复,才能够完成。这就是马克思主义的认识论,就是辩证唯物论的认识论。

我们必须打破常规,尽量采用先进技术,在一个不太长的历史时期内,把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

中国人民有志气,有能力,一定要在不远的将来,赶上和超过世界先进水平。

目 录

1. 关于电力负荷分级有关问题的商榷·····	1
2. 关于工业企业电压偏移问题·····	21
3. 移相电容器事故分析·····	36
4. 贮油池要不要? 试谈变压器室的防火问题·····	44
5. 变压器室自然通风测定小结·····	49
6. 关于绝缘导线和电缆在三相短路条件下热稳定性的验算·····	68
7. 关于线路单相接地短路电流值的验算·····	71
8. 关于无保护电器的分支线路最小截面的验算·····	77
9. 根据导体的发热时间常数验算自动开关及熔断器的保护性能·····	81
10. 如何正确选用自动开关? ·····	95
11. 场所划分问题·····	108
12. 液体爆炸与火灾危险界限的划分问题·····	116
13. 对防火防爆危险场所浓度测定的几点看法·····	120
14. 浓度测定(附录)·····	124
15. 关于安全距离的部份摘录·····	138
16. 关于爆炸危险场所钢管配线问题·····	151
17. 铝芯电缆、电线在Q—2级爆炸危险场所应用问题·····	154
18. 关于粉尘的防爆防火问题·····	157
19. 独立避雷针保护范围的简化计算·····	164
20. 减少雷击时跨步电压的措施·····	182
21. 工频接地电阻与冲击接地电阻的换算·····	189
22. 接地体截面的选择·····	195

关于电力负荷分级有关问题的商榷

——“供电篇”专题资料之八

前 言

随着我国社会主义建设的蓬勃发展，不仅电力的需要大幅度增长，供电范围日益宽广，而且用电设备的种类与日俱增，生产工艺对供电的要求也越来越复杂，因此如何根据电力负荷对供电可靠性的要求，也即保证对它供电不间断程度的要求，将电力负荷正确地划分成几个等级，以便把繁复的供电工作予以简化，从而恰如其分地选择符合我国实际水平的供电要求，以满足多快好省地建设社会主义的需要，乃是工业企业和民用建筑供电工作者的一项重要任务。

这次修订《电力设计技术规范》中，我们对电力负荷的分级及其供电要求，作了一些工作，现将我们在这一方面的一些粗浅认识，提出来供读者参考。由于我们学习马列主义、毛泽东思想不够，对电力负荷及其供电要求的知识十分肤浅，调查、分析工作又不够深细，因此，缺点和错误之处在所难免，希望读者批评指正。

一、电力负荷分级的主要因素

电力负荷的分级，对工业企业来说，一般不以整个企业、车间或工段的全部用电设备，而以每个用电设备为对象来划分，因为在整个企业、车间或工段内各用电设备对不间断供电的要求是不同的。

以有色冶金企业冶炼厂干燥车间为例，其中旋转干燥窑的窑体传动用电动机停电时间较长后，会产生窑底热及窑顶冷的现象，因而可能使窑体弯曲、变形而损坏。而该车间其他设备（如矿机、鼓风机、排风机等）停电仅使干燥窑停止生产，而该车间前后工序一般设有中间贮仓，故即使停电数小时也不致影响前后工序有关车间的生产。（参1）

然而，对于一般民用建筑来说，其用电设备大多以照明为主，各用电设备的供电可靠性也大致一样。而且用电量较小，因此，为照顾习惯便于使用，以整个建筑物作为分级的对象是适宜的。但在进行实际供电设计或对建筑物内部配电时，仍应贯彻以用电设备为分级对象的原则要求。例如大型影剧院是属于二级负荷的民用建筑，一般要求二回线路供电，但当发生突然停电时，主要应考虑人员疏散而非正常工作，因此其中一回备

用线路，其容量仅需满足疏散照明之用。

从不间断供电的要求出发，电力负荷分级的主要因素，归根到底取决于因停电在政治上或给国民经济等带来损失的程度。停电的损失主要体现在性质和数量两个方面。在性质方面，停电所产生的后果有：造成政治上的不良影响，人身伤亡事故、损坏设备、产生废品或次品以及减少产量等。而在数量方面则体现在上述性质的停电损失的数量或程度。例如损坏的设备是一般的还是重大的，产生的废品是大量的还是少量的等。只有性质的概念，而无数量的概念，则反映停电损失的程度，一般来说是不全面的。

二、电力负荷的分级及其依据

根据以上电力负荷分级的主要因素，《电力设计技术规范工业企业和民用建筑供电篇》“送审稿”（以下简称《规范》）（参2）将工业企业和民用建筑的电力负荷各分为三级其内容如下：

根据用电设备对供电可靠性的要求，工业企业的电力负荷分为下列三级：

1. 一级负荷：突然停电将造成人身伤亡危险，或重大生产设备损坏且难以修复，或给国民经济带来重大损失者；

2. 二级负荷：突然停电将产生大量废品、大量减产、损坏生产设备等在经济上造成较大损失者；

3. 三级负荷：停电损失不大者。

根据民用建筑的重要性，其电力负荷分为下列三级：

一级负荷：因停电会造成不良影响的有重大政治意义的建筑物（如大型体育馆、大会堂、重要宾馆），或突然停电会造成人身伤亡危险的建筑物（如重要医院的手术室）；

二级负荷：突然停电会造成经济上较大损失的建筑物（如某些试验室），或人员密集的重要公共建筑物，（如大型影剧院、大型百货商店）；

三级负荷：停电影响或损失不大的一般建筑物。

以上的分级是按以下原则制订的：

对停电损失十分巨大，难以估量，必须确保供电的负荷列为一级。

对停电损失不大的负荷，例如非连续性生产的中小型企业中，停电仅影响产量（或少量废品）的用电设备（包括其主要生产设备在内）。以及一般的民用建筑列为三级。

对停电损失较大，合乎以上一级及三级负荷之间，例如连续性生产大、中型企业中，停电导致大量减产、大量废品或损坏生产设备的负荷等列为二级。

按照以上分级的特点，首先是把极为重要的负荷区分开来列为一级。对这级负荷规定应由两个独立电源供电，对其中特殊重要的一级负荷要求应由两个独立电源点供电，这样就能起到确保重点的作用。其次把一些停电损失不大的次要负荷列入三级。由于我国社会主义建设中贯彻大中小并举，多搞中小的方针，再加突然停电的几率，总的来说是很小的，每次停电的时间也不长，例如东北某地区电力系统10千伏输电线路近几

年来的平均事故停电几率每百公里每年仅2.4次,其中最长一次的停电时间不超过8小时(见附录2—5)。因此,这级负荷从全国范围来看是大量的,把它们区分开来,并规定对其供电无特殊要求,就能避免大量供电设施投资的浪费。

至于二级负荷,其停电损失较大,范围也较宽,主要是属于经济损失。因此,决定这一级负荷供电要求的合理性,主要取决于停电损失的程度及供电条件的优劣。也就是说,当停电损失(考虑停电的几率)较大,供电条件较好(如供电距离近)时,它的供电标准就可高些,反之则标准应低些。因此《规范》预审稿中对这级负荷提出了根据供电设施的投资、经常费用以及考虑了停电几率所带来损失或影响的程度,经综合比较来决定其供电规定的规定。但由于停电几率等资料积累较少,要按此条件决定供电要求,目前尚有一定困难,故《规范》送审稿中对此并未加以推荐。但其中也考虑了供电的条件,规定“应由二回线路供电。当取得二回线路有困难时,允许由一回专用架空线供电;……”。此外也考虑了负荷的重要性(相当于停电损失的程度),规定“对重要的二级负荷,其二回电源线路应引自不同的变压器和母线段”。

《规范》的修订工作是以《工业建筑和民用建筑电力设计导则》(参3)为基础的。

《规范》与《导则》在电力负荷分级上的不同点,主要在于《导则》的工业企业一级负荷中包括了停电损坏设备、产生大量废品、打乱复杂的生产过程这三类停电后果的内容,而《规范》则把这些内容列入二级,仅将重大设备损坏且难以修复列入一级。此外,《导则》所规定的三级负荷其范围较狭,仅指一些非成批生产的车间及辅助车间等,而《规范》则适当予以放宽,包括大多数中小型企业停电仅影响产量或少量废品的所有负荷,均列此级。下面着重谈一下《规范》对这些内容进行修订的一些看法。

对停电会损坏一般生产设备、产生大量废品以及打乱复杂的生产过程这三类停电后果的负荷,从全国各地调查的情况来看,有的供电局列入一级,也有的列入二级。从上海供电局的规定来看,他们对工业企业一级负荷的内容是指“连续性生产工厂,如间隙其供电将招致大批人员伤亡或主要设备损坏长期难以修复,造成生产上重大损失。”(见上海供电局1963年编《重要用户管理办法》),而把上述三类停电后果的内容列入二级。其他如南京、郑州等地区的供电部门也有类似的要求。这些地区一般来说,供电条件较好,为了确保重点,对一级负荷要求尚且如此严格,如果把这三类停电损失的内容列入一级,则对供电条件较差的地区则更有困难。

再从各地有关设计院的反映来看,过去对电力负荷分级及其供电要求,大多参照苏联《电气设备安装规程》或《导规》的内容,经过较长时期的工作实践后,有不少设计院对分级的内容根据实际情况已有所变更。例如据上海化工设计院等有关同志反映,由于国民经济的蓬勃发展,工业企业遍地开花,产品的产量和品种不断增长,生产工人的操作维护水平亦不断提高。因此,用电设备的停电损失就相对地比过去要降低。对上述三类停电损失的负荷,应根据其损失程度加以区别对待,例如过去抗菌素制药厂生产的品种和产量都很少,该类工厂中空压机、搅拌机用电设备突然停电将使大量原材料和产品报废,并打乱生产过程影响国民经济和人民生活较大。因而过去对这些负荷一般按一级考虑。现在这类企业增多,停电影响相对缩小,故目前一般已按二级负荷考虑。另外,氮肥厂的氮压缩机等用电设备也有类似情况。又如东北某设计院对停电会损坏一般生产

设备（如制糖厂的助晶罐）及打乱复杂生产过程者（如化纤厂抽丝机突然停电200多线头全部要断头），亦均列为二级。

此外，从上述三类停电后果的负荷的停电损失来分析，停电造成的打乱复杂的生产过程，其实质性的后果，还在于大量减产。而停电导致的大量报废，主要是一次加工损失，这二类的后果毕竟没有损坏设备，而从恢复生产的角度来说比重大设备损坏且难以修复者为轻。当然，停电所造成的一般生产设备损坏与重大设备损坏且难以修复者，在损失程度上也有一定的区别。

这三类停电后果的负荷，随着企业的规模、性质等条件不同，停电损失也相差很大。例如四川某大型制药厂生产四环素等抗菌素，产值几亿元，一次突然停电损失，折成粮食要几十万斤，价值要上万元。而山东某同类制药厂，产值约七百万元，停电损失就小得多。又如四川某化工厂规模年产合成氨10万吨，每小时约生产20吨，按产值每吨400元计，每小时停产要损失产值8000元。而对一般的小化肥厂产量在5000吨及以下，其停电损失相应要小得多，拿设备损坏来说，由于大小、贵贱不同，停电造成的损失也很悬殊。例如钢铁企业中的高炉，如停电引起停水，可能烧坏高炉进风口的水套、炉壁水套等，但高炉大小相差悬殊，大型高炉有2500多立方米的，小的只几十立方米。小型高炉因停水而造成的损失对于整个国民经济来说，并不能说十分严重。例如东北某小型钢铁厂有一座55立方米高炉，有一次突然停电使6个风口水套烧坏变形，因水套有备件（考虑到这是易损件），均为自制，每个几十公斤，经抢修仅花两个多小时就全部换掉，水套每个几百元，故其损失还不能算很大。如果是大型高炉，设备损坏要修复就困难得多，损失就大了。

从供电条件的实际情况来看，出入也不小，例如上述的小钢铁厂离供电点几十公里，目前仅一回44千伏架空线。小化肥厂一般处于市郊或县城，离供电点亦较远，一般仅一回电源线，有条件时才有一回备用电源线路。上述山东某制药厂，原仅一回电源线，新增设一回线，但此二回线路是由变电站的同一母线供电的。对于上述三类停电后果的大型企业，如四川某制药厂、四川某化工厂等，因其用电负荷较大，一般离供电点较近，且在地方上的地位较重要，（例如四川某制药厂的产值占全市相当大的比重），因此，一般有来自发电厂或变电站不同母线段的两回电源线路供电。但也有一些工厂如山东某化肥厂，规模为年产5万吨，由于供电的特殊条件，供电点区域变电站长期来仅一台主变，虽有二回专用6千伏电源线，但并不是两个独立电源。

综上所述，这三类性质的负荷，其停电损失是较大的，范围也较宽，与企业的规模、性质直接相关。其供电要求，应结合供电条件，负荷大小来综合考虑。如果把这些负荷一律列入一级，势必扩大一级负荷范围，对确保重点不利。故《规范》将这类负荷列入二级，并规定这级负荷造成的损失属于“较大”范围内者。如果这类性质的负荷，其停电损失确实极大，则仍可以考虑按突然停电将给国民经济带来重大损失的内容而列为一级。这样，对这类性质的负荷就更为切合实际情况。

至于将三级负荷的范围适当扩大，各地基本上是一致的。有不少地区已将中小型机械加工厂、纺织厂等包括主要生产设备及所有用电设备均列为三级。这类性质的负荷，一般属非连续性生产，停电仅影响少量产量或产生少量废品，损失不大，而且由于

人民群众的觉悟，所带来的损失，可以利用非连续生产中的间隙时间给以弥补回来（因一般停电时间不致太长）。因此《规范》对这级负荷的范围作了适当的扩大。

三、负荷分级的一些有关问题

1. 《规范》提出了电力负荷分级及其供电要求的基本原则。为了便于应用，各类用电设备或民用建筑的列级，应由各主管部门结合用电设备对供电可靠性的要求以及民用建筑的重要性来加以具体制定。在具体列级时应考虑下列因素：

生产工艺是否连续性或有无牵连，对停电损失的影响很大，例如一般非流水作业的金属切削机床，停电仅影响本身设备，而在流水作业线上任一用电设备（当无备用机组时）停电时，通常将影响整个工艺流水线的生产。又如动力设施的停电，往往将影响动力能源的正常供应，从而影响有关车间或全厂的正常生产。如上海某钢厂电炉车间日产1000吨，用电量40000瓩，每台电炉的高压电源停电仅影响局部生产，而车间的低压动力电源（约500瓩）停电将影响整个车间的生产。此外当生产属非连续性时，停电的损失可以利用非连续生产中的间隙时间，采取适当措施加以弥补，而对于长年连续性生产的负荷，其停电损失就较难以弥补。

停电的损失和停电的范围直接相关。一台设备停电，其损失往往较小，而整个企业停电，损失就大得多。因此要区分用电设备、车间及整个企业供电的不同要求，特别在对待停电影响减产的负荷。以大型纺织厂为例，对每台纺机来说，属于三级用电设备。但对该工厂电源线来说，停电就影响一大片，如其减产达到“大量”的程度，则对此电源线的“整个”负荷来说，应按二级的要求供电。又如对于一般小型企业，电源停电虽影响全厂生产，从本厂来说可能算作“大量”减产，但以全国的全局来看，影响是较小的，故不应列入二级。

2. 一级负荷的具体供电要求

一级负荷应由两个独立电源供电，独立电源按《规范》规定，是指若干电源中，任一电源故障或停止供电时，不影响其他电源继续正常供电，同时具备下列两个条件的发电厂、变电站的不同母线段均属独立电源。

（1）每段母线的电源来源于不同的发电机；

（2）母线段之间无联系，或虽有联系但在其中一段发生故障时，能自动将其联系断开，不影响另一段母线继续正常供电。

目前，全国各地区许多35千伏及以上电网采用并联运行的方式，故在选择独立电源时，应考虑电网的结构及其继电保护装置等是否满足上述要求。此外对电压要求较严的一级用电设备还应考虑当地电网发生短路而产生的电压降低过程中，对该用电设备的供电是否可靠（例如此时接触器是否会掉闸），否则应采取适当措施（例如采用不停电电源装置、由不并联〈分段〉运行的电网供电等）。

对一级负荷用电设备的供电，原则上两个独立电源应分别供电至靠近该设备前的配

电设备,例如图 1 所示结线,如采用备用电源自动合闸时也应设在靠近该设备的一侧。对图 2 所示的结线是不能满足一级负荷供电要求的,因有一段线路并未分开,当该线路或其保护、控制元件故障时,两个独立电源均无法供电。

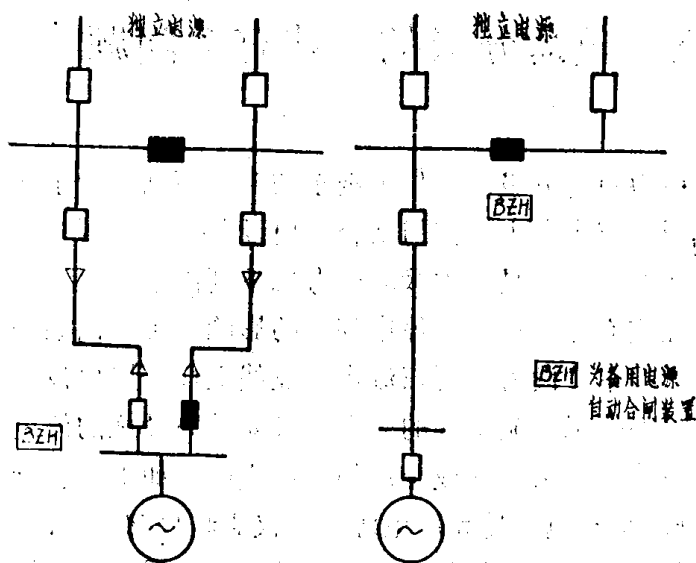


图 1

图 2

3. 二级负荷合理供电要求的确定

如上所述,二级负荷合理供电要求的确定,是根据供电条件及考虑供配电系统停电几率所带来的停电损失等经综合比较决定。这在国外一些国家中已有不少文献谈到,而在我国目前有关资料积累较少,为了引起大家的注意,以便今后促进这方面的工作。现根据一些有关文献的资料,对这一问题作了一个简单的介绍。

正确计算停电损失是十分重要的,因为它是决定供电投资的重要依据,夸大停电的损失将使供电设施的投资不适当地增大。(参 6)

计算停电损失的主要依据是事故及计划停电的几率及其持续的时间,这些指标的来源应根据大量统计资料的科学分析来确定,也是对长期运行经验研究的结果。

美国电气工程师协会在 1962 年公布的《工业企业电气设备可靠性的报告》(参 10),对炼油、化工、管道、铝业、医药、机械加工等六个行业,33 家公司共 85 个工厂的电气设备(包括变压器、断路器等)、线路以及其外部电源的事故停电几率及每次停电的持续时间进行了大量的调查统计工作,并根据不同的故障、不同的维修条件等情况进行了分析,得出了单台电气设备、单位长度线路以及外部电源的事故停电几率及其持续时间的综合平均数据详见附录 2—1。

日本《OHM》杂志 72 年 4 期《用户侧电的质量及停电的经济性》一文(参 12)中也介绍了类似的指标见附录 2—3。

苏联 66 年版《工业企业供电》一书(参 13)除推荐了事故停电几率及其持续时间的指标外,还同时列出了年计划检修,停电时间的推荐数据见附录 2—2。

关于停电几率的计算详见附录 1。

有了停电几率的数据即可计算停电损失,在计算停电损失前首先要决定企业单位停

电损失 y_0 (注), 可按下式确定:

$$y_0 = \frac{(\rho_H + \rho_a)K + E}{A} \quad (1)$$

式中: K ——企业总投资(元);

$\rho_H \rho_a$ ——企业的投资效果系数及折旧维修回收系数;

E ——企业的年经常支出费用, 当停电仅影响产量时, 主要是工资支出; 如停电产生废品, 则还要计入产品原材料、动力等成本费用(元);

A ——电能年消耗量(瓩一时)。

其次, 由于停电而少送的电能, 当供电全部中断时, 可按下式计

$$W = A \cdot h \text{ (瓩一时)} \quad (2)$$

式中: h 停电几率, 应考虑从停电到恢复生产之间的几率。(见附录1)

因此, 年停电损失按以下公式:

$$y = y_0 \cdot W \text{ (元)} \quad (3)$$

二级负荷供电方案计入停电损失的年支出费用按下式计算:

$$Z = (\rho_{HD} + \rho_{AD})K_D + E_D + y \text{ (元)} \quad (4)$$

式中: K_D ——供电设施的投资(可比部分)(元);

ρ_{HD}, ρ_{AD} ——供电设施的投资效果系数及折旧维修回收系数;

E_L ——供电设施的年消耗费用(可比部分)(元)所选择的方案应是 Z 值最小者。

现举例如下:

某化肥厂, 全年连续性生产, 绝大部分为二级负荷, 企业平均负荷 $P_c = 14200$ 瓩, 年工作小时 $T = 8000$ 小时, 突然停电要打乱生产过程影响减产。该厂距供电点地区变电站40公里, 并已知下列数据:

1. 总投资 $K = 26000$ 万元;

2. 投资效果系数 $\rho_H = 0.33$ 。

3. 折旧维修系数 $\rho_a = 0.05$;

4. 年工资总支出 $E = 40$ 万元;

5. 从恢复供电起到正常运行所需的时间 $t_H = 36$ 小时(当停电在3小时以上时)。

对该厂以110千伏架空线路供电, 选取两个电源方案, 第一方案为单回路 $LGJ3 \times 95$, 第二方案为双回路 $LGJ3 \times 70$ (共走廊)供电, 其结线如图3所示, 试比较那个方案经济合理。

(一) 首先计算停电几率, 参见附录1。

(甲) 假设线路不带电检修; 且线路、开关变压器的计划检修同时进行。

1. 第一方案

注: 在社会主义制度下, 停电损失不仅要计及本企业, 而且还要考虑由于本企业停电使产量减少等而间接使其他企业遭受的损失, 这个因素应在企业的投资效果系数中予以反映。

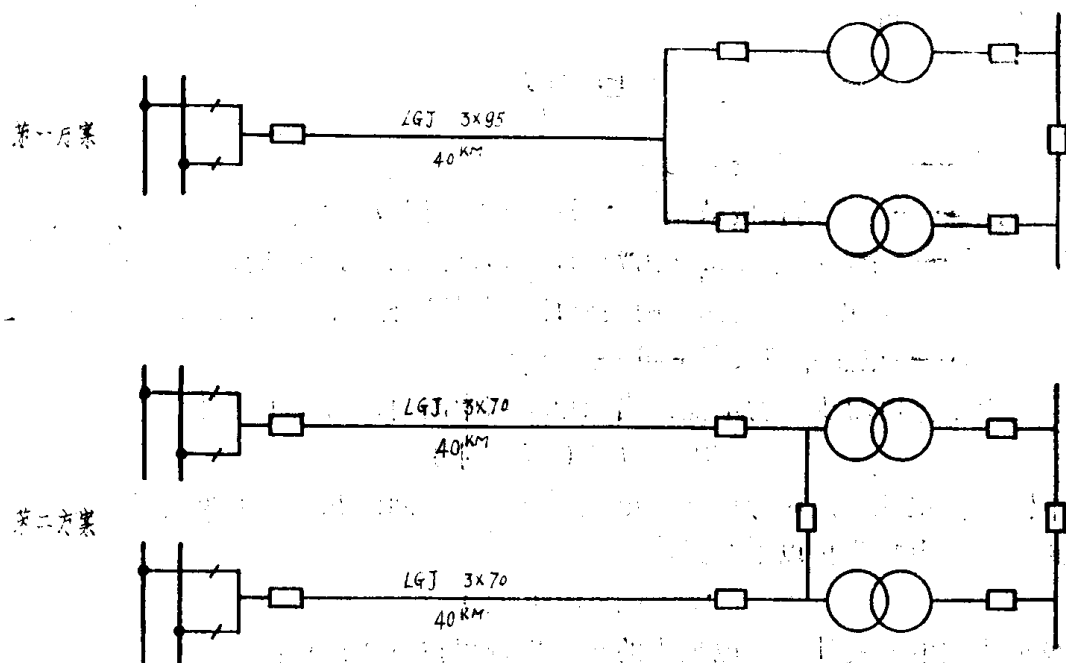


图 3

由于计划检修的停电几率为：（取附录2—2的数据以下同，并假定年计划检修次数 $n=1$ ）。

$$f = \frac{t_Q + t_H}{8760} = \frac{175 + 36}{8760} = 24 \times 10^{-3}$$

取线路的事故停电次数 $m_L = 0.6$ ，事故停电时间 $t_{ZL} = 8$ 小时因停电时间超过 3 小时，故恢复正常运行时间 $t_H = 36$ 小时，故单回线路的事故停电几率 q_L 为：

$$q_L = \frac{m_L (t_{ZL} + t_H)}{8760} \cdot \frac{l}{100} = \frac{0.6(8 + 36)}{8760} \cdot \frac{40}{100} = 1.2 \times 10^{-3}$$

电源侧油开关的事故停电几率为：

$$q_K = \frac{m_K (t_{ZL} + t_H)}{8760} = \frac{0.03(25 + 36)}{8760} = 0.21 \times 10^{-3}$$

单回路方案的停电几率（可比部分）

$$h_I = f + q_L + q_K = (24 + 1.2 + 0.2) \times 10^{-3} = 25.4 \times 10^{-3}$$

2. 第二方案

每回线路的计划检修停电几率与第一方案相同

$$f = 24 \times 10^{-3}$$

每回线路的事故停电几率（按其走廊）为：

$$q'_L = \frac{(1 - 0.2) m_L (t_{ZL} + t_H)}{8760} \cdot \frac{l}{100} = \frac{(1 - 0.2) 0.6(8 + 36) \times 40}{8760 \times 100} = 1.0 \times 10^{-3}$$

两回线路同时事故的停电几率为：

$$q''_L = \frac{0.2 m_L (t_{ZL} + t_H)}{8760} \times \frac{l}{100} = \frac{0.2 \times 0.6(8 + 36) \times 40}{8760 \times 100} = 0.25 \times 10^{-3}$$

110KV进线油开关的事故停电几率为:

$$q_{K1} = \frac{m_{K1}(t_{zk1} + t_H)}{8760} = \frac{0.01(25+36)}{8760} = 0.07 \times 10^{-3}$$

电源侧油开关的事故停电几率为:

$$q_{K2} = \frac{m_{K2}(t_{zk2} + t_H)}{8760} = \frac{0.03(25+36)}{8760} = 0.21 \times 10^{-3}$$

双回路供电方案工厂全部停电(可比部分)发生在:

- (1)双回路同时故障;
- (2)一回线路计划检修时,另一回线路发生故障及其相反;
- (3)一回线路计划检修时,另一回线路的电源侧开关及进线开关发生故障及其相反;
- (4)二台电源侧开关同时故障;
- (5)一回电源侧开关故障时,另一回线路的进线开关故障及其相反。因此,双回路方案的停电几率为:

$$h_2 = q_L'' + 2K_f \cdot f \cdot q_L' + 2f(q_{k1} + q_{k2}) + q_{k2}^2 + 2q_{k1} \cdot q_{k2} = 0.25 \times 10^{-3} + 2 \times 0.3 \times 24 \times 10^{-3} \times 1.0 \times 10^{-3} + 2 \times 24 \times 10^{-3} (0.07 + 0.21) \times 10^{-3} + 0.21^2 \times 10^{-6} + 2 \times 0.07 \times 0.21 \times 10^{-6} = 0.28 \times 10^{-3}$$

(乙)当计划检修可带电作业,或安排在工艺设备计划检修的同时进行时,则计划检修不致影响停电或减产。

此时, $f = 0$, 且两个事故同时出现(线路共走廊事故除外)的几率甚小可以忽略,因此工厂全部停电(可比部分)的几率将为:

$$\text{第一方案: 单回线路 } h_1 = q_L + q_k = (1.2 + 0.21) \times 10^{-3} \approx 1.4 \times 10^{-3}$$

$$\text{第二方案: 双回线路 } h_2 \approx q_L'' = 0.25 \times 10^{-3}$$

(二)供电设施的投资效果及折旧维修费用的计算

(1)供电设施投资 K_D (可比部分) 单位: 万元

项 目	第一方案	第二方案
电源线路	82	128
电源侧开关	7.11	14.22
110KV屋外配电装置	23	33
合 计 K_D	112	175

(2)取投资效果系数 $\rho_{HD} = 0.15$ 折旧维修回收系数 $\rho_{aD} = 0.07$

因此投资效果及年折旧维修费用为:

$$\text{第一方案: } K_{D1}(\rho_{HD} + \rho_{aD}) = 112(0.15 + 0.07) = 24.6 \text{ 万元}$$

$$\text{第二方案: } K_{D2}(\rho_{HD} + \rho_{aD}) = 175(0.15 + 0.07) = 38.5 \text{ 万元}$$

(三) 供电设施的年消耗费用 E_D (年电能消耗) 的计算

方 案	线 路 规 格	每回负荷 (A)	线 路 电 阻 (Ω/KM)	单 位 线 损 (KW/KM)	E_D (万元)
第一方案	$1 \times \text{LGJ}3 \times 95$	84	0.33	7	9.0
第二方案	$2 \times \text{LGJ}3 \times 70$	41	0.46	2.6	6.7

在此计算中取电度费用为0.04元/瓩时

(四) 年停电损失 y 的计算

企业单位停电损失 y 按下式:

$$y_0 = \frac{(\rho_H + \rho_A) K + E}{A} = \frac{(\rho_H + \rho_A) K + E}{P_C \cdot T}$$

$$= \frac{(0.33 + 0.05) 26000 \times 10^4 + 40 \times 10^4}{14200 \times 8000} = 0.87 \text{元/瓩时.}$$

(甲) 计划检修不考虑带电作业时:

第一方案停电导致少送的电能及停电损失为:

$$W_1 = P_C \cdot T \cdot h_1 = 14200 \times 8000 \times 25.4 \times 10^{-3} = 2840000 \text{瓩时.}$$

$$y_1 = W_1 y_0 = 2840000 \times 0.87 \times 10^{-4} = 246 \text{万元}$$

第二方案停电导致少送的电能及停电损失为:

$$W_2 = P_C \cdot T \cdot h_2 = 14200 \times 8000 \times 0.28 \times 10^{-3} = 31600 \text{瓩时.}$$

$$y_2 = W_2 \cdot y_0 = 31600 \times 0.87 \times 10^{-4} = 2.7 \text{万元}$$

(2) 计划检修考虑带电作业或安排在工艺设备计划检修同时进行:

第一方案: $W_1 = 14200 \times 8000 \times 1.4 \times 10^{-3} = 159000 \text{瓩时}$

$$y_1 = 159000 \times 0.87 \times 10^{-4} = 13.8 \text{万元}$$

第二方案: $W_2 = 14200 \times 8000 \times 0.25 \times 10^{-3} = 28000 \text{瓩时}$

$$y_2 = 28000 \times 0.87 \times 10^{-4} = 2.4 \text{万元}$$

(五) 两个方案的年支出费用比较

(甲) 计划检修不考虑带电作业时

$$\text{第一方案: } Z_1 = (\rho_{HD} + \rho_{aD}) K_{D1} + E_{D1} + y_1 = 24.6 + 9.0 + 246 = 279.6 \text{万元}$$

$$\text{第二方案: } Z_2 = (\rho_{HD} + \rho_{aD}) K_{D2} + E_{D2} + y_2 = 38.5 + 6.7 + 2.7 = 47.9 \text{万元}$$

(2) 计划检修考虑带电作业或安排在工艺设备计划检修同时进行:

$$\text{第一方案: } Z_1 = (\rho_{HD} + \rho_{aD}) K_{D1} + E_1 + y_1 = 24.6 + 9.0 + 13.8 = 47.4 \text{万元}$$

$$\text{第二方案: } Z_2 = (\rho_{HD} + \rho_{aD}) K_{D2} + E_2 + y_2 = 38.5 + 6.7 + 2.4 = 47.6 \text{万元}$$

由此可见, 当计划检修不考虑带电作业时, 则第二方案也即双回路电源线方案是合理的, 而当计划检修考虑带电作业或安排在工艺设备计划检修同时进行, 则两个方案比较接近。

四、几点意见

1. 根据用电设备对供电可靠性的要求, 为了确保重点, 并避免增加不必要的供电设施投资, 按《导则》内容将工业企业一级负荷的范围适当缩小, 三级负荷的范围适当扩大, 是符合我国当前实际供电水平的。

2. 电力负荷的分级, 工业企业一般以用电设备为对象而民用建筑一般以建筑物为对象来划分。各类用电设备或民用建筑的具体列级应根据工艺生产特点(如生产是否连续性等)民用建筑的重要性以及停电影响和损失的程度等因素, 由各主管部门制定, 以便设计时具体掌握。

3. 确定二级负荷合理的供电要求, 应根据供电的条件, 以及供配电系统按停电几率所带来的停电损失等经综合比较决定。但是由于目前这方面的有关资料较少, 要按此决定供电要求尚有一定困难。这一问题希望引起大家注意, 以便今后进一步研究和积累有关资料, 使《规范》内容更切合实际情况。

附录1 关于停电几率的计算参见(参13)

供电元件(线路、变压器、配电设备等)从正常供电的角度分析, 不外乎处于三种状态:(1)正常供电;(2)事故停电;(3)计划检修停电。从长时期的运行情况来考察, 每种状态出现时间与整个考察全周期时间之比, 即为该状态出现的几率, 因此, 单个供电元件事故的停电几率为:

$$q = \frac{t_q}{T} \quad (1)$$

式中: t_q ——在考察全周期 T (小时)(一般取一年也即8760小时)内事故停电的累计时间(小时)。

同样, 其计划检修的停电几率为:

$$f = \frac{t_f}{T} \quad (2)$$

式中: t_f ——在考察全周期 T (小时)内计划检修停电的累计时间(小时)。

在计算停电几率时, 首先要知道考察全周期 T 时间内的平均事故停电次数 m , 平均计划检修停电次数 n , 和每次事故的平均停电时间 t_c (小时)及每次计划检修平均停电时间 t_Q (小时)。这也是计算停电几率的基本指标。这些指标是对大量工业企业和民用建筑以及电力系统供配电元件长期运行中的资料的统计和积累, 并进行科学分析而得出

的。在附录2—2中列出了有关的数据，可供参考。

根据这些指标，就可本算考察全周期内供电元件事故和计划检修停电的累计时间。

$$t_q = m t_z \quad (3)$$

$$t_f = n t_Q \quad (4)$$

但从停电造成损失和影响的角度来分析，则停电几率不仅应计及供电元件事故或计划检修停电的时间，还应计及从恢复供电到正常运行的（即停电损失消失）平均时间 t_H ，特别对停电会打乱复杂生产过程，恢复至正常生产要相当长时间的负荷尤为重要。因此计及 t_H 的停电累计时间为：

$$t'_q = m (t_z + t_H) \quad (5)$$

$$t'_f = n (t_Q + t_H) \quad (6)$$

因此，单个供电元件考虑停电损失的事故及计划检修停电几率为：

$$q = \frac{t'_q}{T} = \frac{m(t_z + t_H)}{T} = \frac{m(t_z + t_H)}{8760} \quad (7)$$

$$f = \frac{t'_f}{T} = \frac{n(t_Q + t_H)}{T} = \frac{n(t_Q + t_H)}{8760} \quad (8)$$

当供电元件为线路时，其平均停电次数指标按100公里计，则其相应停电几率为：

$$q_L = \frac{m(t_z + t_H)}{8760} \cdot \frac{l}{100} \quad (9)$$

$$f_L = \frac{n(t_Q + t_H)}{8760} \cdot \frac{l}{100} \quad (10)$$

式中： l ——线路长度（公里）

供电系统某一元件的状态，从概率论来分析，称为简单事件，若干元件的综合状态称为复杂事件。各事件之间有相关的与无关的之分，也有共同的与非共同的之分。例如各单个元件的事故停电一般称为无关事件，但双回共杆或同一走廊架空线路或共沟的电缆线路的事故应属例外。同样，同一元件的计划检修与事故停电也认为是无关事件。又如二回单向输电线路同时事故停电，或一回线路的计划检修停电和另一回线路事故停电同时发生，称为共同事件，而供同一企业的二回线路的同时计划检修停电，一般为非共同事件。

上面所介绍的停电几率，基本上属于单个供电元件简单事件的范畴。

对于复杂事件，从供电可靠性的角度来分析，一般供电系统了解为串联和并联二种型式。

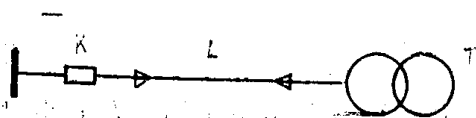


图 4

对于串联元件回路，例如图4所示，采用几率相加定理，在变压器之后的综合停电几率为：

$$h \approx q_K + q_L + q_T + f_K + f_L + f_T \quad (11)$$

因为元件的事故停电和计划检修一般不属共同事件，而这种事件重合的几率很小，故可忽略。如果所有元件的计划检修同时进行，则式(11)中反映计划检修停电的项目中只取其中最大值的一项。

对于并联回路如图 5 所示。采用几率相乘定理，变压器低压侧同时出现的综合停电几率为：

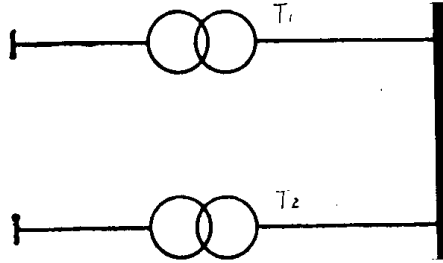


图 5

如第一回路的事和计划检修的停电几率为 q_1 、 f_1 ，第二回路为 q_2 、 f_2 ，则并联回路事故同时出现的停电几率为：

$$h = q_1 q_2 \quad (12)$$

对于某些无关事件，例如一回路计划检修停电，另一回又发生事故所出现的几率为：

$$h = (f_1 q_2 + f_2 q_1) \cdot K_f \quad (13)$$

式中： $f_1 f_2$ ——两个回路相应的计划检修停电几率；

$q_1 q_2$ ——两个回路相应的事故停电几率；

K_f ——由于计划检修而使事故与计划检修停电重合出现的减少系数，此系数 < 1 。

如果两个回路上的各个元件相同，则式(13)可写为：

$$h = 2 f \cdot q \cdot K_f \quad (14)$$

对于相关的事件，例如共杆的或同一走廊的两回相同架空线路或共沟的二回相同的电缆线路，除应按各回路的事和几率 (q') 计算外，还应计及两个回路同时故障的几率 (q'')，其同时出现的停电几率为：

$$h = 2 f \cdot q' K_f + q'' \quad (15)$$

式中： q'' ——此相关二回线路同时事故停电的几率，按统计得出，并不是 q'' ；

q' ——此相关二回线路中，每回线路的事和停电几率。

对双回共杆线路等相关事件的元件，同时发生事故的几率约占全部事故的 15~25%，因此：

$$q'' = \frac{(0.15 \sim 0.25) m(t_Z + t_H)}{8760} \cdot \frac{l}{100} \quad (16)$$

$$q' = \frac{[1 - (0.15 \sim 0.25)] m(t_Z + t_H)}{8760} \cdot \frac{l}{100} \quad (17)$$

当计算有母线的变电所结线系统时，应考虑配电装置的一部分故障引起母线继电保护装置动作而使整个母线全部被切断电源，配电装置的这一部分故障约占整个故障的：

当配电装置的电压为110千伏及以上时 25%

当配电装置的电压为20~35千伏时 15%

当配电装置的电压为3~10千伏时 10%

根据以上公式可推算更复杂供电系统的停电几率。