

2013

全国注册电气工程师 执业资格考试辅导书

—— 重点难点解析与 典型例题精讲



蔡云鹏 编著

- ★ 精选试题，解析透彻
- ★ 权威辅导，重点突出
- ★ 一书在手，考试无忧



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



将城市能耗降低30%？

作为增效节能解决方案的领先供应商，ABB的楼宇智能化电力控制系统，ABB的过程工业全方位能源管理系统，ABB的高压直流输电系统等，都可以帮助大幅度实现节能减排的目标。当人人都在谈论能源价格，电力短缺和气候变化之时，ABB已经行动多时了。欲了解更多，请登录 www.abb.com.cn

当然能实现。

用电力与效率
创造美好世界™



2013 全国注册电气工程师执业资格考试辅导书
——重点难点解析与典型例题精讲
(发输变电专业)

蔡云鹏 编著



机械工业出版社

本书按最新注册电气工程师执业资格考试（发输变电专业）要求的大纲和规程规范进行编写，全书分为15章，包括安全、环境保护与节能、消防，电气主接线，短路电流计算，设备选择，导体及电缆的设计选择，电气设备布置及配电装置设计，过电压保护和绝缘配合，接地，仪表和控制，继电保护、安全自动装置及调度自动化，直流系统，发电厂和变电所用电，照明，输电线路，电力系统规划设计。每章分三部分进行编写，第一部分为大纲要求，第二部分为高频考点提示，第三部分为例题精选，目的是让考生在最短的时间内掌握考试重点、难点和答题技巧，顺利通过考试。最后以参考文献的形式给出2013年考试大纲要求的规程规范和手册。

本书适合于2013年参加全国注册电气工程师发输变电专业考试的人员复习使用，也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

2013 全国注册电气工程师执业资格考试辅导书：重点难点解析与典型例题精讲．发输变电专业/蔡云鹏编著．—北京：机械工业出版社，2013.2（2013.6 重印）

ISBN 978-7-111-41094-2

I. ①2… II. ①蔡… III. ①电气工程-工程师-资格考试-自学参考资料②发电-电力工程-工程师-资格考试-自学参考资料③输电-电力工程-工程师-资格考试-自学参考资料④变电所-电力工程-工程师-资格考试-自学参考资料 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 007603 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：张俊红 责任编辑：林 楦

版式设计：张 薇 责任校对：李 婷 肖 琳

封面设计：马精明 责任印制：张 楠

北京京丰印刷厂印刷

2013 年 6 月第 1 版第 2 次印刷

184mm×260mm·15.5 印张·373 千字

4 001—5 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-41094-2

定价：39.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社 服 务 中 心：(010) 88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

国家对勘察设计行业的专业技术人员实行执业资格管理制度。全国注册电气工程师执业资格考试从 2005 年开考以来，至今已举行了 8 次考试，2007 年对注册电气工程师专业考试大纲重新做了修订，增加了环境保护与节能方面的内容，2010 年开始执行注册电气工程师执业资格注册。目前注册电气工程师已经成为电气勘察与设计从业人员的最重要考试之一，每年都有大量的从业人员参加考试。

注册电气工程师执业资格考试（发输变电专业）难度大，涉及面广，需要熟练掌握 74 本规程规范和 6 本设计手册等相关内容。近年来考试增加了综合类题型的考查，有的一个小题考查多个规范，有的题目设置了陷阱，这也是历年来考试通过率不高的原因所在。

为帮助广大考生顺利备考，我们从各种渠道收集了近年来一些发输变电专业考试中具有代表性的部分考试仿真题，并把它们汇编成为一本练习题集，这些练习题接近于真题，具有很强的针对性，对考生在较短时间内把握考试重点和难点能起到很大的作用。本书按考试大纲的要求共分为 15 章，每章在体系上分三部分来编写，第一部分是按章给出考试大纲，考生可以通过这部分内容掌握考试大纲的要求。第二部分根据历年考试情况总结了这一章的题目的答题依据主要来自哪些规程规范和手册、这一章重点考查哪些内容以及这一章在整个考试中所占的分值等情况。第三部分是历年考试部分仿真题解答，对专业知识题目给出答案和依据，对专业案例题给出答案和详细的解答过程，部分题目还给出了分析，主要是分析该题目答题时的注意事项以及题目的陷阱。由于供配电专业考试的侧重点和发输变电专业不一样，本书还对近年来小部分供配电专业考试题目进行了选编，主要目的是拓宽考生的视野，提高考生的灵活应变能力。另外，按照注册电气工程师的考试要求，所有规程规范、手册以每年 1 月 1 日正式出版的版本为准，本书在编写的时候注意到这一点，每年的考试仿真题的解答严格以当年 1 月 1 日正式出版且实施的版本为答题依据。

本书主要由昆明理工大学蔡云鹏编写，编写过程中得到了昆明理工大学电力工程学院的大力支持，参加本书部分内容编写和其他相关工作的还有蔡余华、秦绍正、余娜、秦定梅、王佳、王开照、蔡宝华、师涛、蔡子佳、张维、张闻等同志，在此一并表示感谢。由于编者水平有限，不妥和错误之处在所难免，恳请读者批评指正并提出宝贵意见。

编 者

Contents 目录

前言

第一章 安全、环境保护与节能、消防	1
一、大纲要求	1
二、高频考点提示	1
三、例题精选	1
第二章 电气主接线	10
一、大纲要求	10
二、高频考点提示	10
三、例题精选	10
第三章 短路电流计算	24
一、大纲要求	24
二、高频考点提示	24
三、例题精选	24
第四章 设备选择	35
一、大纲要求	35
二、高频考点提示	35
三、例题精选	35
第五章 导体及电缆的设计选择	56
一、大纲要求	56
二、高频考点提示	56
三、例题精选	56
第六章 电气设备布置及配电装置设计	74
一、大纲要求	74
二、高频考点提示	74
三、例题精选	74
第七章 过电压保护和绝缘配合	92
一、大纲要求	92
二、高频考点提示	92
三、例题精选	92
第八章 接地	110
一、大纲要求	110
二、高频考点提示	110
三、例题精选	110

第九章 仪表和控制	129
一、大纲要求	129
二、高频考点提示	129
三、例题精选	129
第十章 继电保护、安全自动装置及调度自动化	134
一、大纲要求	134
二、高频考点提示	134
三、例题精选	134
第十一章 直流系统	143
一、大纲要求	143
二、高频考点提示	143
三、例题精选	143
第十二章 发电厂和变电所用电	163
一、大纲要求	163
二、高频考点提示	163
三、例题精选	163
第十三章 照明	176
一、大纲要求	176
二、高频考点提示	176
三、例题精选	176
第十四章 输电线路	180
一、大纲要求	180
二、高频考点提示	180
三、例题精选	180
第十五章 电力系统规划设计	224
一、大纲要求	224
二、高频考点提示	224
三、例题精选	224
参考文献	238

第一章 安全、环境保护与节能、消防

一、大纲要求 ★★★

1. 安全

- 1) 熟悉工程建设标准强制性条文（电力工程部分）；
- 2) 掌握电力工程电气保护的要求和主要防护措施；
- 3) 掌握危险环境电力装置的设计要求；
- 4) 了解劳动、安全、卫生的有关规定。

2. 环境保护与节能

- 1) 掌握电力工程对环境的影响及防治措施；
- 2) 熟悉电力工程的节能措施；
- 3) 掌握电力工程节能型产品的选用方法；
- 4) 熟悉提高电能质量的措施；
- 5) 了解清洁能源发电的特点。

3. 消防

- 1) 熟悉电气设备消防安全的要求和措施；
- 2) 掌握电缆防火的要求和措施；
- 3) 熟悉电力工程火灾报警系统的设计要求。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 30 分，基本都是在专业知识里考核。考点分散，考试题目有一定难度。答题依据主要有《工程建设标准强制性条文 电力工程部分》（2011 年版）、《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB 50058—1992）、《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）、《建筑设计防火规范》（GB 50016—2006）、《火灾自动报警系统设计规范》（GB 50116—1998）、《电力设备典型消防规程》（DL 5027—1993）以及其他规程规范里涉及电力设备消防和防火方面的内容。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

- (1) 下列哪种旋转电动机的防爆结构不符合爆炸危险区域为 1 区的选型规定？（2012）
- (A) 正压型防爆结构适用于笼型感应电动机
 - (B) 增安型防爆型适用于同步电动机
 - (C) 正压型防爆结构直流电动机慎用
 - (D) 隔爆型防爆结构绕线转子感应电动机慎用

► 答案：[B]

► 依据：《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB 50058—1992）表 2.5.3-1。

► 分析：题干已经指明爆炸危险区域，答案出处应该是《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB 50058—1992），以下简称《爆规》。

（2）下列哪种电动机的防护结构不符合火灾危险区域为 21 区的使用条件？（2012）

- （A）固定安装的电动机防护结构为 IP44 （B）携带式电动机防护结构为 IP44
（C）移动式电动机防护结构为 IP54 （D）携带式电动机防护结构为 IP54

► 答案：[B]

► 依据：《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB 50058—1992）表 4.3.4。

► 分析：题目已经指明是火灾危险区域，应该查《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》。

（3）下列哪一条不符合爆炸性气体环境中电气设备布置及选型要求？（2012）

- （A）将正常运行时发生火花的电气设备布置在没有爆炸危险的环境内
（B）将正常运行时发生火花的电气设备布置在爆炸危险性较小的环境内
（C）在满足工艺生产及安全的前提下，应减少防爆电气设备的数量
（D）爆炸性气体环境中的电气设备必须采用携带式

► 答案：[D]

► 依据：《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB 50058—1992）第 2.5.1 条。

► 分析：D 答案应该改为爆炸性气体环境中的电气设备不宜采用携带式。

（4）在发电厂中当电缆采用架空敷设中，不需要设置阻火措施的地方是下列哪个部位？（2012）

- （A）穿越汽机房、锅炉房和集中控制楼的隔墙处
（B）两台机组连接处
（C）厂区围墙处
（D）电缆桥架分支处

► 答案：[C]

► 依据：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）第 6.7.4 条。

► 分析：本题题眼在于发电厂和电缆，涉及的规范有《电力工程电缆设计规范》（GB 50217—2007）（以下简称《缆规》）、《火力发电厂设计技术规程》（DL 5000—2000），以及《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006），不易定位。

（5）在水利水电工程的防静电设计中，下列哪项不符合规范要求？（2011）

- （A）防静电接地装置应与工程中的电气接地装置共用
（B）防静电接地装置的接地电阻，不宜大于 50Ω
（C）油罐室、油处理设备、通风设备及风管均应接地
（D）移动式油处理设备在工作位置应设临时接地点

► 答案：[B]

► 依据:《水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范》(DL 5061—1996)第 4.1.9 条:“水利水电工程的防静电设计应符合下列要求:(1)油罐室、油处理室的油罐、油处理设备、输油管和通风设备及风管均应接地;(2)移动式油处理设备在工作位置均应设临时接地点;(3)防静电装置的接地电阻,不宜大于 30Ω ;(4)防静电接地装置应与工程中的电气装置共用。”由此可知, B 答案不符合规范规定。

► 分析:本题题眼在水利水电工程和防静电设计两个关键词。

(6) 燃煤电厂的防火设计要考虑安全疏散,配电装置室内最远点到疏散出口的距离,下列哪一条满足规程要求?(2011)

- (A) 直线距离不应大于 7m (B) 直线距离不应大于 15m
(C) 路径距离不应大于 7m (D) 路径距离不应大于 15m

► 答案: [B]

► 依据:《火力发电厂与变电站设计防火规范》(GB 50229—2006)第 5.2.6 条:“配电装置室内最远点与疏散出口的直线距离不应大于 15m。”

► 分析:连续几题答案都出自《火力发电厂与变电站设计防火规范》(GB 50229—2006),说明这个规范很重要。

(7) 变电站的绿化措施,下列哪项是错误的?(2011)

- (A) 城市地下变电站的顶部宜覆土进行绿化
(B) 城市变电站的绿化应与所在街区的绿化相协调,满足美化市容要求
(C) 进出线下的绿化应满足带电安全距离要求
(D) 220kV 及以上变电站的绿化场地可敷设浇水的水管

► 答案: [D]

► 依据:《变电站总布置设计技术规程》(DL/T 5056—2007)第 9.2.4 条:“城市变电站的绿化应与所在街区的绿化相协调,满足美化市容要求,城市地下变电站的顶部宜覆土进行绿化”,故 A、B 答案正确;根据 9.2.5 条:“进出线下的绿化应满足带电安全距离要求”,故 C 答案正确;根据《变电所总布置设计技术规程》(DL/T 5056—1996)第 7.2.5 条:“330kV 及以上变电所的绿化场地可敷设浇水的水管”,故 D 答案错误。

► 分析:变电站绿化属于劳动安全和工业卫生设计范畴,本题题眼在于变电站和绿化措施,答题依据不易准确定位。

(8) 火电厂废水治理的措施,下列哪一项是错误的?(2011)

- (A) 酸、碱废水应经中和处理后复用或排放
(B) 煤场排水和输煤设施的清扫水,应经沉淀处理,处理后的水宜复用
(C) 含金属离子废水宜进入废水集中处理系统,处理后复用或排放
(D) 位于城市的发电厂生活污水直接排入城市污水系统,水质不受限制

► 答案: [D]

► 依据:《火力发电厂设计技术规程》(DL 5000—2000)第 18.3.1 条第 1 款:“酸、碱废水应经中和处理后复用或排放”,故 A 答案对;根据第 2 款:“煤场排水和输煤设施的

清扫水，应经沉淀处理，处理后的水宜复用”，故 B 答案对；根据第 3 款：“含金属离子废水宜进入废水集中处理系统，处理后复用或排放”，故 C 答案对；根据第 7 款：“发电厂的生活污水，应处理达标后复用或排放，则必须符合 GB 8978《污水综合排放标准》。位于城市的发电厂污水宜优先考虑排入城市污水系统，其水质应符合 CJ18《污水排入城市下水道水质标准》”，故 D 答案错。

（9）某公用电网 10kV 连接点处的最小短路容量为 200MVA，该连接点的全部用户向该点注入的 5 次谐波电流分量（方均根值）不应超过下列哪项？（2011）

- （A）10A （B）20A （C）30A （D）40A

► 答案：[D]

► 依据：《电能质量 公用电网谐波》（GB/T 14549—1993）表 2 及附录 B：当电网公共连接点的最小短路容量不同于表 2 基准短路容量时，应按下式修正表 2 中的谐波电流允许值：

$$I_h = \frac{S_{k1}}{S_{k2}} I_{hp} = \frac{200}{100} \times 20A = 40A$$

式中， S_{k1} 为公共连接点的最小短路容量，单位为 MVA； S_{k2} 为基准短路容量，单位为 MVA； I_{hp} 为表 2 中第 h 次谐波电流允许值，单位为 A。

► 分析：电能质量相关 4 个标准已经有 3 个是 2008 年版的，只有这个还是 1993 年版的。

（10）下列关于变电站消防的设计原则，哪一条是错误的？（2011）

- （A）变电站建筑物（丙类火灾危险性）体积为 3001~5000m³，消防给水量为 10L/s
（B）一组消防水泵的吸水管设置两条
（C）吸水管上设检修用阀门
（D）应设置备用泵

► 答案：[A]

► 依据：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）第 11.5.3 条及表 11.5.3：“变电站建筑物（丙类火灾危险性）体积为 3001~5000m³，消防给水量为 20L/s”，故 A 答案错误；根据第 11.5.11 条：“一组消防水泵的吸水管不应少于 2 条，当其中 1 条损坏时，其余的吸水管应能满足全部用水量。吸水管上应装设检修用阀门”，故 B、C 答案正确；根据第 11.5.14 条：“消防水泵应设置备用泵，备用泵的流量和扬程不应小于最大 1 台消防泵的流量和扬程”，故 D 答案正确。

► 分析：本题题眼在于变电站消防，自然想到《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）。

（11）火力发电厂与变电站的 500kV 屋外配电装置中，当动力电缆和控制电缆敷设在同一电缆沟内时，宜采用下列哪种方式进行分隔？（2011）

- （A）宜采用防火堵料 （B）宜采用防火隔板
（C）宜采用防火涂料 （D）宜采用防火阻燃带

► 答案：[B]

► 依据：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）第 11.3.2 条：“200kV

及以上变电站，当电力电缆与控制电缆或通信电缆敷设在同一电缆沟或电缆隧道内时，宜采用防火槽盒或防火隔板进行分隔。”

► 分析：题目虽然提到火力发电厂和变电站、配电装置等字眼，但考查的仍然是防火的内容。

(12) 发电厂与变电站中，110kV 屋外配电装置（无含油电气设备）的火灾危险性应为下列哪一类？（2011）

- (A) 乙类 (B) 丙类 (C) 丁类 (D) 戊类

► 答案：[D]

► 依据：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）表 11.1.1：“对屋外配电装置无含油电气设备的火灾危险性分类为戊级。”

(13) 某 220kV 屋外变电站的两台主变压器间不设防火墙，其挡油设施大于变压器外廓每边各 1m，则挡油设施的最小间距是下列哪一值？（2011）

- (A) 5m (B) 6m (C) 8m (D) 10m

► 答案：[C]

► 依据：《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）表 8.5.5：“220kV 及以上电压等级的配电装置中的屋外油浸变压器之间的最小距离为 10m，”再减去挡油设施到变压器外廓的距离各 1m，可得挡油设施之间的最小间距为 8m。

► 分析：本题题眼是配电装置，考查的却是变压器防火方面的内容。

2. 多项选择题

(1) 下列哪些规定不符合爆炸气体环境 1 区内电缆配线的技术要求？（2012）

- (A) 铜芯电力电缆在沟内敷设时的最小截面 2.5mm^2
 (B) 铝芯电力电缆明敷设时的最小截面 2.5mm^2
 (C) 铜芯控制电缆在沟内敷设时的最小截面 1.5mm^2
 (D) 铜芯照明电缆在沟内敷设时的最小截面 2.5mm^2

► 答案：[B、C]

► 依据：《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB 50058—1992）表 2.5.10。

(2) 下列哪些区域为非爆炸危险区域？（2012）

- (A) 没有释放源并不可能有易燃物质侵入的区域
 (B) 在生产装置区外，露天设置的输送易燃物质的架空管道区域
 (C) 易燃物质可能出现的最高浓度不超过爆炸下限值的 10% 区域
 (D) 在生产装置区设置的带有阀门的输送易燃物质的架空管道区域

► 答案：[A、C]

► 依据：《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》（GB 50058—1992）第 2.2.2 条。

(3) 在发电厂中与电气专业有关的建（构）物其火灾危险性分类及其耐火等级决定了消防设计的装置，下列哪些建（构）物火灾危险性分类为丁类，耐火等级为二级？（2012）

- (A) 装有油浸式励磁变压器的 600MW 水氢氢机组的主厂房汽机房

- (B) 封闭式运煤栈桥
- (C) 主厂房煤仓间
- (D) 电气继电保护试验室

► 答案：[A、C、D]

► 依据：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）表 3.0.1。

(4) 对于燃煤发电厂应设室内消火栓的建筑物是（ ）。(2011)

- (A) 集中控制楼、继电器室
- (B) 主厂房
- (C) 脱硫工艺楼
- (D) 汽车库

► 答案：[A、B、D]

► 依据：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）第 7.3.1 条：“下列建筑物或场所应设置室内消火栓：1 主厂房；2 集中控制楼，主控制楼，网络控制楼，微波楼，继电器室，屋内高压配电装置（有充油设备），脱硫控制楼；……；6 汽车库。”

(5) 在火力发电厂与变电站的电缆隧道或电缆沟中，下列哪些部位应设防火墙？(2011)

- (A) 厂区围墙处
- (B) 单机容量为 100MW 及以上发电厂，对应于厂用母线分段处
- (C) 两台机组连接处
- (D) 电缆沟内每间距 50m 处

► 答案：[A、B]

► 依据：依据 1：《电力工程电缆设计规范》（GB 50217—2007）第 7.0.2 条第 2 款：“在隧道或重要回路的电缆沟中的下列部位，宜设置阻防火墙（防火墙）：1) 公用主沟道的分支处；2) 多段配电装置对应的沟道适当分段处；3) 长距离沟道中相隔约 200m 或通风区段处；4) 至控制室或配电装置的沟道入口、厂区围墙处。”依据 2：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）第 6.7.3 条：“在电缆竖井中，每间隔约 7m 宜设置防火封堵。在电缆隧道或电缆沟中的下列部位，应设置防火墙：1) 单机容量为 100MW 及以上的发电厂，对应于厂用母线分段处；2) 单机容量为 100MW 以下的发电厂，对应于全厂一半容量的厂用配电装置划分处；3) 公用主隧道或沟内引接的分支处；4) 电缆沟内每间隔 100m 处；5) 通向建筑物的入口处；6) 厂区围墙处。”

► 分析：有时候一个题的答案可能来自不同的规程、规范。

(6) 发电厂中，油浸变压器外轮廓与汽机房的间距，下列哪几条是满足要求的？(2011)

- (A) 2m（变压器外轮廓投影范围外侧各 2m 内的汽机房外墙上无门、窗和通风孔）
- (B) 4m（变压器外轮廓投影范围外侧各 3m 内的汽机房外墙上无门、窗和通风孔）
- (C) 6m（变压器外轮廓投影范围外侧各 5m 内的汽机房外墙上设有甲级防火门）
- (D) 10m

► 答案：[B、C、D]

► 依据：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）第 4.0.8 条：“油浸变压器与汽机房、屋内配电装置楼、主控楼、集中控制楼及网控楼的间距不应小于 10m；

当符合本规范第 5.3.8 条的规定时，其间距可适当减少。”根据第 5.3.8 条：“当汽机房侧墙外 5m 以内布置有变压器时，在变压器外轮廓投影范围外侧各 3m 内的汽机房外墙上不应设置门、窗和通风孔；当汽机房侧墙外 5~10m 范围内布置有变压器时，在上述外墙上可设置甲级防火墙。变压器高度以上可设防火窗，其耐火极限不应小于 0.90h。”

(7) 下列哪几项是火电厂防止大气污染的措施？（2011）

- (A) 采用高效除尘器
- (B) 采用脱硫技术
- (C) 对于 300MW 及以上机组，锅炉采用低氮氧化物燃烧技术
- (D) 闭式循环水系统

▶ 答案：[A、B、C]

▶ 依据：根据《火力发电厂设计技术规程》（DL 5000—2000）第 18.2.2 条，A 答案对；根据第 18.2.3 条，B 答案对；根据第 18.2.5 条，C 答案对。

(8) 采取以下哪几项措施可降低发电厂的噪声影响？（2011）

- (A) 总平面布置优化
- (B) 建筑物的隔声、消声、吸声
- (C) 在厂界设声障屏
- (D) 改变监测点

▶ 答案：[A、B、C]

▶ 依据：《火力发电厂设计技术规程》（DL 5000—2000）第 18.5.3 条及条文说明：“应对发电厂的总平面布置、建筑物和绿化的隔声、消声、吸声等作用进行优化，以降低发电厂的噪声影响。”

(9) 在变电站的设计和规划时，必须同时满足下列哪几项条件才可不设消防给水？（2011）

- (A) 变电站内建筑物满足耐火等级不低于二级
- (B) 建筑物体积不超过 3000mm^3
- (C) 火灾危险性为戊类
- (D) 控制室内装修采用了不燃材料

▶ 答案：[A、B、C]

▶ 依据：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）第 11.5.1 条：“变电站的规划和设计，应同时设计消防给水系统。消防水源应有可靠的保证。变电站内建筑物满足耐火等级不低于二级，体积不超过 3000m^3 ，且火灾危险性为戊类时，可不设消防给水。”

(10) 110kV 变电所中，下列哪些场所应采取防止电缆火灾蔓延的措施？（2011）

- (A) 电缆从室外进入室内的入口处
- (B) 电缆竖井的出入口
- (C) 电缆接头处
- (D) 电缆沟与其他管线的垂直交叉处

▶ 答案：[A、B、C]

▶ 依据：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）第 11.3.1 条：“电缆

从室外进入室内的入口处、电缆竖井的出入口处、电缆接头处、主控制室与电缆夹层之间以及长度超过 100m 的电缆沟或电缆隧道，均应采取防止电缆火灾蔓延的阻燃或分隔措施。”

(11) 火力发电厂与变电所中，电缆夹层的灭火介质应采用下列哪几种？（2011）

- (A) 水喷雾 (B) 细水雾 (C) 气体 (D) 泡沫

► 答案：[A、B、C]

► 依据：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）表 7.1.8。

(12) 火力发电厂和变电站中，继电器室的火灾探测器可采用下列哪些类型？（2011）

- (A) 火焰探测型 (B) 吸气式感烟型
(C) 点型感烟型 (D) 缆式线型感温型

► 答案：[B、C]

► 依据：《火力发电厂与变电站设计防火规范》（GB 50229—2006）表 7.1.8。

3. 案例题

某 110/35kV 区域变电站，向附近的轧钢厂、钢绳厂及水泵厂等用户供电，供电方案如图 1-1 所示。

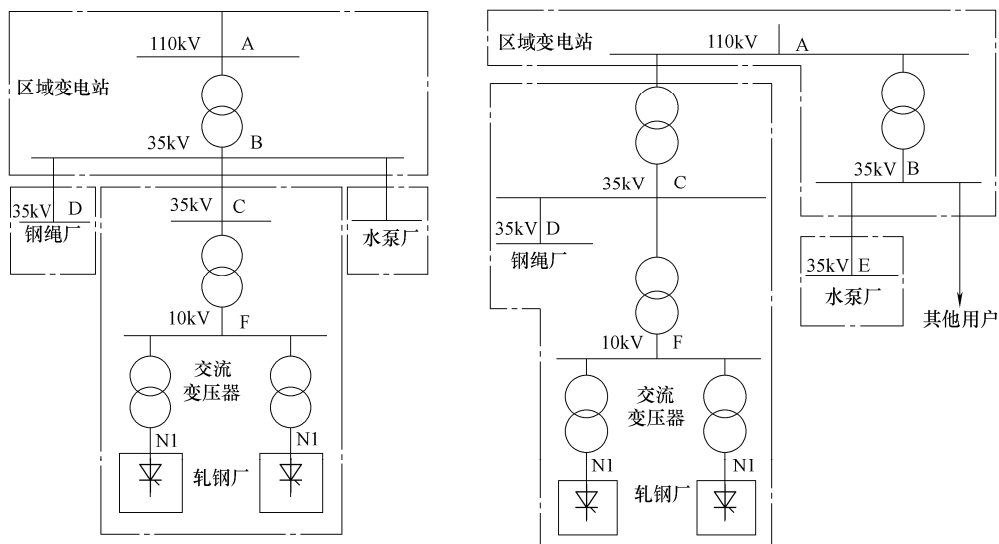


图 1-1 供电方案

区域变电站 110kV 侧最小短路容量为 1500MVA，35kV 母线侧最小短路容量为 500MVA，35kV 母线的供电设备容量为 25000kVA，轧钢厂用电协议容量为 15000kVA。

方案 1：区域变电站以 35kV 分别向轧钢厂、钢绳厂及水泵厂等用户供电。轧钢厂设 35/10kV 专用变电站，以 10kV 向整流变压器供电。

轧钢厂共设有两台 4500kVA 整流变压器，各供一套 6 脉动三相桥式整流装置，每台整流变压器 10kV 侧基波电流 $I_1=225\text{A}$ ，7 次谐波电流的有效值按工程设计法计算。

方案 2：由于轧钢厂及钢绳厂合并为轧钢钢绳厂，并拟自建 110/35kV 专用降压变电站，改为 110kV 由区域变电站受电，轧钢厂整流变压器运行情况同上。

假定不考虑轧钢厂其他谐波源，不考虑除 7 次谐波以外次数谐波，也无其他会放大谐波电流的容性负荷，请分别回答下列问题：（供配电 2008）

（1）解释说明方案 1 中的电网谐波公共连接点应为下列哪项？

- （A）轧钢厂总变电站 35kV 母线 C 点
- （B）轧钢厂总变电站 10kV 母线 F 点
- （C）区域变电站 35kV 母线 B 点
- （D）区域变电站 110kV 母线 A 点

► 答案：[C]

► 依据：《电能质量 公用电网谐波》（GB/T 14549—1993）第 3.1 条。

► 分析：公共连接点指的是用户接入电网的公用连接点处。

（2）解释说明方案 2 中的电网谐波公共连接点应为下列哪项？

- （A）轧钢厂总变电站 35kV 母线 C 点
- （B）轧钢厂总变电站 10kV 母线 F 点
- （C）区域变电站 35kV 母线 B 点
- （D）区域变电站 110kV 母线 A 点

► 答案：[D]

► 依据：同上题。

（3）计算方案 2 中全部用户注入公共连接点的 7 次谐波电流允许值应为下列哪项数值？

- （A）13.6A
- （B）6.8A
- （C）4.53A
- （D）17.6A

► 答案：[A]

► 依据：《电能质量 公用电网谐波》（GB/T 14549—1993）表 2 及式 B1 有

$$I_7 = \frac{S_{k1}}{S_{k2}} \times I_{7p} = \frac{1500}{750} \times 6.8A = 13.6A$$

式中， S_{k1} 为区域变电站 110kV 侧最小短路容量，由题目可知为 1500MVA； S_{k2} 为基准短路容量，查表 2 为 750MVA。

（4）在方案 1 中，假定 35kV 侧公共连接点允许注入的 7 次谐波电流值为 17.6A，请计算出轧钢厂允许注入公共连接点的 7 次谐波电流应为下列哪项数值？

- （A）13.63A
- （B）12.2A
- （C）10.6A
- （D）13.0A

► 答案：[B]

► 依据：已知 35kV 母线的供电设备容量为 25000kVA，轧钢厂用电协议容量为 15000kVA，由《电能质量 公用电网谐波》（GB/T 14549—1993）式 C6 有

$$I_{hi} = I_h (S_i / S_t)^{\frac{1}{a}} = 17.6 \times \left(\frac{15000}{25000} \right)^{\frac{1}{1.4}} A = 12.22A$$

式中， a 为谐波的相位叠加系统，可由表 C2 查得。

第二章 电气主接线

一、大纲要求 ★★★

- 1) 掌握电气主接线设计的基本要求（含接入系统设计要求）；
- 2) 掌握各级电压配电装置的基本接线设计；
- 3) 熟悉各种电气主接线型式设计；
- 4) 掌握主接线设计中的设备配置；
- 5) 了解发电机及变压器中性点的接地方式。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 20 分，其中专业知识占 10 分左右，案例占 10 分左右。考点相对集中，考试题目有一定灵活性，需要对主接线相关内容熟练掌握才能做好这部分的题目。答题依据主要有《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第二章、《35kV~110kV 变电站设计规范》（GB 50059—2011）、《火力发电厂设计技术规程》（DL 5000—2000）、《水力发电厂机电设计规范》（DL/T 5186—2004）、《220kV~500kV 变电所设计技术规程》（DL/T 5218—2005）、《35kV~110kV 无人值班变电站设计规程》（DL/T 5103—2012）等。本章重点考查各种电气主接线的适用范围和断路器、隔离开关的配置等内容，近年来加大了对水电厂电气主接线和 GIS 配电装置电气主接线的考查。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

（1）水电厂 110~220kV 配电装置使用气体绝缘金属封闭开关设备（简称 GIS）时，采用下列哪种接线是错误的？（2012）

- （A）桥形接线
- （B）双桥形接线
- （C）单母线接线
- （D）出线回路较多的大型水电厂可采用单母线分段带旁路接线

► 答案：[D]

► 依据：《水力发电厂机电设计规范》（DL/T 5186—2004）第 5.2.5 条。

► 分析：关于水电厂电气主接线方面的内容在规程规范里规定得不多，这个规范对各种电压等级的水电厂的电气主接线列得比较详细。

(2) 直接接地电力系统中的自耦变压器, 其中性点应如何接地? (2011)

- (A) 不接地
- (B) 直接接地
- (C) 经避雷器接地
- (D) 经放电间隙接地

▶ 答案: [B]

▶ 依据:《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 2.7 节二第 1 条第 (1) 款:“凡是自耦变压器, 其中性点须要直接接地或经小阻抗接地。”

2. 多项选择题

(1) 对水电厂来说, 下列哪几种说法是正确的? (2012)

- (A) 水电厂与电力系统连接的输电电压等级, 宜采用一级, 不应超过两级
- (B) 蓄能电厂与电力系统连接的输电电压等级, 应采用一级
- (C) 水电厂在满足输送水电厂装机容量的前提下, 宜在水电厂设置电力系统的枢纽变电所
- (D) 经论证合理时, 可在梯级的中心水电厂设置联合开关站(变电站)

▶ 答案: [A、B、D]

▶ 依据:《水力发电厂机电设计规范》(DL/T 5186—2004) 第 5.1.2 条:“水电厂与电力系统连接的输电电压等级, 应采用一级电压, 不应超过两级, ……不宜在水电厂设置电力系统的枢纽变电所”, 故 A 答案对, C 答案错; 第 5.1.3 条:“蓄能电厂与电力系统连接的输电电压等级, 应采用一级电压, 并以尽量少的出线回路数直接接入系统的枢纽变电所”, 故 B 答案对; 第 5.1.4 条:“经论证合理后, 可在梯级的中心水电厂或合适的地点设置联合开关站(变电站), 再接入电力系统”, 故 D 答案对。

(2) 下面所列四种情况, 其中哪几种情况宜采用内桥形接线? (2012)

- (A) 变压器的切换较频繁
- (B) 线路较长, 故障率高
- (C) 二线路间有穿越功率
- (D) 变压器故障率较低

▶ 答案: [B、D]

▶ 依据:《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 50 页。内桥接线适用于较小容量的发电厂、变电所, 并且变压器不经常切换或线路较长、故障率较高情况。当线路有穿越功率时, 宜采用外桥接线。

▶ 分析: 各种接线形式的优缺点和使用范围在《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第二章里有详细的规定, 内桥接线和外桥接线方面的内容经常考。

(3) 对水电厂 110~220kV 配电装置来说, 敞开式配电装置进出线回路数不大于 6 回, 可采用下列哪些接线方式? (2012)

- (A) 桥形接线
- (B) 角形接线
- (C) 单母线接线
- (D) 双母线接线

▶ 答案: [A、B、C]

▶ 依据:《水力发电厂机电设计规范》(DL/T 5186—2004) 第 5.2.5 条。

(4) 某沿海电厂规划安装 $4 \times 300\text{MW}$ 供热机组, 以 220kV 电压等接入电网, 选择该厂送出线路需要考虑的因素为 ()。(2012)

- (A) 按经济电流密度选择导线截面的输送容量
- (B) 按电压损失校验导线截面
- (C) 当一回线路故障检修停运时, 其他线路不应超过导线按容许发热条件的持续输送容量
- (D) 当一回送出线路发生三相短路不重合时电网应保持稳定

► 答案: [A、C、D]

► 依据:《电力系统设计手册》第 179 页有关内容及《电力系统安全稳定导则》(DL/T 755—2001) 第 5.2.1 条 C 款。

(5) 电力工程电气主接线设计的基本要求是下列哪几项? (2011)

- (A) 经济性
- (B) 可靠性
- (C) 选择性
- (D) 灵活性

► 答案: [A、B、D]

► 依据:《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 2.1 节主接线的设计原则。

(6) 某 $330/110\text{kV}$ 降压变电所中的 330kV 配电装置采用一个半断路器接线。关于该接线方式下列哪些配置原则是正确的? (2011)

- (A) 主变回路宜与负荷回路配成串
- (B) 同名回路配置在不同串内
- (C) 初期线路和变压器为两个完整串时, 同名回路宜分别接入不同侧的母线, 且进出线不宜装设隔离开关
- (D) 第三台主变可不进串, 直接经断路器接母线

► 答案: [A、B、D]

► 依据:《 $220\text{kV} \sim 500\text{kV}$ 变电所设计技术规程》(DL/T 5218—2005) 第 7.1.2 条:“当采用一个半断路器接线时, 宜将电源回路与负荷回路配对成串, 同名回路配置在不同串内, 同名回路可接于同一侧母线。当变压器台数超过两台时, 其他几台变压器可不进串, 直接经断路器接母线”。由此可知 A、B、D 答案正确。根据第 7.1.6 条:“在一个半断路器接线中, 初期线路和变压器为两完整串时出口处应装设隔离开关”, 由此可知 C 答案错误。

3. 案例题

题 1: 某一般性质的 220kV 变电站, 电压等级为 $220/110/10\text{kV}$, 两台相同的主变压器, 容量为 $240/240/120\text{MVA}$, 短路阻抗 $U_{k(1-2)}\% = 14$, $U_{k(3-1)}\% = 25$, $U_{k(2-3)}\% = 8$, 两台主变压器同时运行的负载为 65% , 220kV 架空线路进线 2 回, 110kV 架空负荷出线 8 回, 10kV 电缆负荷出线 12 回, 设两段, 每段母线出线 6 回, 每回电缆平均长度为 6km , 电容电流为 2A/km , 220kV 母线穿越功率为 200MVA , 220kV 母线短路容量为 16000MVA , 主变压器 10kV 出口设计 XKK-10-2000-10 限流电抗器一台。请回答下列问题。(2012)

(1) 该变电所采用下列哪组主接线方式是经济合理、运行可靠的?

- (A) 220kV 内桥、110kV 双母线、10kV 单母线分段
- (B) 220kV 单母线分段、110kV 双母线、10kV 单母线分段
- (C) 220kV 外桥、110kV 单母线分段、10kV 单母线分段
- (D) 220kV 双母线、110kV 双母线、10kV 单母线分段

► 答案: [B]

► 解答过程: 1) 根据《220kV~500kV 变电所设计技术规程》(DL/T 5218—2005) 第 7.1.4 条: “一般性质的 220kV 变电所的配电装置, 出线回路数在 4 回及以下时, 可采用其他主接线(指除了双母线、双母单分段、双母双分段的其他接线型式)。本题中的 220kV 进线为 2 回, 故可排除 D 答案。由于 220kV 母线有穿越功率 200MVA, 故 220kV 配电装置可采用外桥接线或单母分段接线; “220kV 变电所的 110kV 配电装置, 当出线回路 6 回及以上时或 8 回及以上时, 宜采用双母线接线。” 本题中 110kV 架空出线 8 回, 宜采用双母线接线, 故可排除 C 答案。

2) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 47 页相关内容, 6~10kV 配电装置出线回路为 6 回及以上时, 宜采用单母分段接线, 本题 10kV 侧有电缆负荷出线 12 回, 因而采用单母线分段接线。

综上所述, 本题选 B。

(2) 请计算该变电站最大运行方式时, 220kV 进线的额定电流为下列哪项?

- (A) 1785A (B) 1344A (C) 819A (D) 630A

► 答案: [B]

► 解答过程: 系统的最大运行方式是指系统在该运行方式下具有最小的短路阻抗值, 因而发生短路后短路电流最大的一种运行方式。根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 6-3: “对桥形接线, 出线的计算工作电流为最大负荷电流加系统穿越功率产生的电流, 或者对双回出线, 为 1.2~2 倍 1 回线最大负荷电流。” 故有最大运行方式下, 220kV 进线的额定电流为

$$I_g = \frac{2 \times 240 \times 0.65 + 200}{\sqrt{3} \times 220} \text{ kA} \approx 1.344 \text{ kA} \approx 1344 \text{ A}$$

(3) 假设该变电站 220kV 母线正常为合环运行, 110kV、10kV 母线为分列运行, 则 10kV 母线的短路电流应是下列哪项值? (计算过程小数点后保留三位, 最终结果小数点后保留一位)

- (A) 52.8kA (B) 49.8kA (C) 15.0kA (D) 14.8kA

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第四章有关短路电流计算内容计算如下:

1) 根据式 (4-10), 系统电抗为

$$X_* = \frac{S_j}{S_d''} = \frac{100}{16000} = 0.00625$$

2) 变压器电抗计算如下:

$$U_{k1}\% = \frac{1}{2}(U_{k(1-2)}\% + U_{k(3-1)}\% - U_{k(2-3)}\%) = \frac{1}{2}(14 + 25 - 8) = 15.5$$

$$U_{k2}\% = \frac{1}{2}(U_{k(1-2)}\% + U_{k(2-3)}\% - U_{k(3-1)}\%) = \frac{1}{2}(14 + 8 - 25) = -1.5$$

$$U_{k3}\% = \frac{1}{2}(U_{k(2-3)}\% + U_{k(3-1)}\% - U_{k(1-2)}\%) = \frac{1}{2}(8 + 25 - 14) = 9.5$$

$$X_1 = \frac{U_{k1}\%}{100} \times \frac{S_j}{S_e} = \frac{15.5}{100} \times \frac{100}{240} = 0.065$$

$$X_2 = \frac{U_{k2}\%}{100} \times \frac{S_j}{S_e} = \frac{-1.5}{100} \times \frac{100}{240} = -0.006$$

$$X_3 = \frac{U_{k3}\%}{100} \times \frac{S_j}{S_e} = \frac{9.5}{100} \times \frac{100}{240} = 0.040$$

3) 电抗器电抗计算如下:

$$X_* = \frac{X_k\%}{100} \times \frac{U_e}{\sqrt{3}I_e} \times \frac{S_j}{U_j^2} = \frac{10}{100} \times \frac{10}{\sqrt{3} \times 2} \times \frac{100}{10.5^2} = 0.262$$

4) 220kV 合环运行, 110kV、10kV 母线为分列运行, 系统电抗图如图 2-1 所示。

5) 根据式 (4-20) 可得短路电流为

$$I_z = I_*'' I_j = \frac{1}{X_{*\Sigma}} I_j = \frac{1}{0.006 + 0.065 + 0.04 + 0.262} \times 5.5 \text{ kA} \approx 14.8 \text{ kA}$$

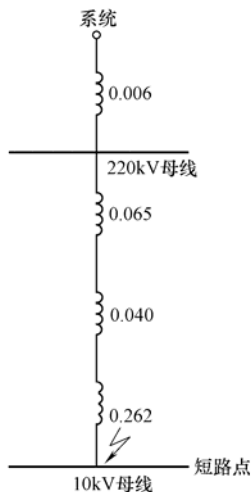


图 2-1 系统电抗图

(4) 从系统供电经济合理性考虑, 该变电站一台主变 10kV 侧最少应带下列哪项负荷值时, 该变压器选型是合理的?

- (A) 120MVA (B) 72MVA (C) 36MVA (D) 18MVA

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 216 页第 2 条第 1 款第一小点: 最大机组容量为 125MW 及以上的发电厂, 当有两种升高电压向用户供电或系统连接时, 宜采用三绕组变压器。每个绕组的通过容量应达到变压器额定容量的 15% 及以上, 即达到 $240\text{MVA} \times 15\% = 36\text{MVA}$ 及以上。

► 分析: 三绕组变压器的容量以 3 个绕组中容量最大的那个绕组的容量表示。

(5) 该变电站每台主变压器配置一台过补偿 10kV 消弧线圈, 其计算容量应为下列哪个数值?

- (A) 1122kVA (B) 972kVA (C) 561kVA (D) 416kVA

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 18.1.4 中式子, 得

$$Q = KI_c \frac{U_N}{\sqrt{3}} = 1.35 \times 6 \times 6 \times 2 \times \frac{10}{\sqrt{3}} \text{ kVA} = 561.2 \text{ kVA}$$

题 2: 110kV 有效接地系统中的某一变电所有两台 110kV/35kV/10kV, 31.5MVA 主变压器两台, 110kV 进线 2 回、35kV 出线 5 回、10kV 出线 10 回, 主变 110kV、35kV、10kV

三侧 YNyn0d11。

(1) 如主变需常切换, 110kV 线较短, 有穿越功率 20MVA, 各侧采用以下哪组主接线经济合理? 为什么? (2009)

- (A) 110kV 内桥接线, 35kV 单母接线, 10kV 单母分段接线
- (B) 110kV 外桥接线, 35kV 单母分段接线, 10kV 单母分段接线
- (C) 110kV 单母接线, 35kV 单母分段接线, 10kV 单母分段接线
- (D) 110kV 变压器组接线, 35kV 双母接线, 10kV 单母接线

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 1) 根据《35~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—1992) 第 3.2.3 条: “35~110kV 线路为两回及以下时, 宜采用桥形、线路变压器组或线路分支接线。超过两回时, 宜采用扩大桥形、单母线或分段单母线的接线。35~63kV 线路为 8 回及以上时, 亦可采用双母线接线。110kV 线路为 6 回及以上时, 宜采用双母线接线”。本题中, 110kV 进线两回, 可采用桥形、线路变压器组接线; 35kV 出线 5 回, 可采用扩大桥形、单母线或分段单母线接线; 10kV 出线 10 回, 可采用扩大桥形、单母线或者分段单母线的接线形式。

2) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 51 页可知内桥接线的适用范围为: 内桥接线适用于较小容量的发电厂、变电所, 并且变压器不经常切换或线路较长、故障率较高的情况; 外桥接线的适用范围为: 适用于较小容量的发电厂、变电所, 并且变压器的切换频繁或线路较短、故障率较少的情况。此外, 线路有穿越功率, 也宜采用外桥接线。本题中 110kV 侧线路较短, 有穿越功率 20MVA, 110kV 侧应该选外桥接线形式。综上所述, 本题选 B。

▶ 分析: 《35~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—1992) 已经被《35~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—2011) 所替代。但 2009 年的考试答题依据仍然是《35~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—1992)。

(2) 假如 110kV 采用内桥、主变 110kV 隔离开关需能切合空载变压器, 由于材质等原因, 各变压器的空载励磁电流不相同, 按隔离开关的切合能力, 该变压器的空载励磁电流最大不可能超过下列哪项?

- (A) 0.9A
- (B) 1.2A
- (C) 2.0A
- (D) 2.9A

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 11.0.9 条规定: “选用的隔离开关应具有切合电感、电容性小电流的能力, 应使电压互感器、避雷器、空载母线、励磁电流不超过 2A 的空载变压器及电容电流不超过 5A 的空载线路”。故本题选 C。

(3) 假如 110kV 采用外桥接线, 有 20MVA 穿越功率, 请计算桥回路持续工作电流。

- (A) 165.3A
- (B) 270.3A
- (C) 330.6A
- (D) 435.6A

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》(第 232 页) 表 6-3 有: “桥形接线的计算工作电流为最大元件负荷电流并考虑系统穿越功率”, 本题中最大元件为变压器, 有 20MVA 的穿越功率。故有

$$I_g = \frac{31.5 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 110} A + \frac{20 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 110} A = 270.3 A$$

故本题选 B。

(4) 假如 35kV 出线电网单相接地故障电容电流为 14A, 需要 35kV 中性点设消弧线圈接地, 采用过补偿, 则需要的消弧线圈容量为 ()。

- (A) 250kVA (B) 315kVA (C) 400kVA (D) 500kVA

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 18.1.4 条以及式 (18.1.4) 有

$$Q = K I_c \frac{U_N}{\sqrt{3}} = 1.35 \times 14 \times \frac{35}{\sqrt{3}} \text{ kVA} = 382 \text{ kVA}$$

故本题选 C。

题 3: 某屋外 220kV 变电所, 海拔 1000m 以下, 试回答下列问题: (2009)

(1) 若地处高海拔, 修正后 A_1 值为 2000mm, 则 L_1 修正后应增加 ()。注: 其中 L_1 值为不同相带电部分之间的距离。

- (A) 200mm (B) 300mm (C) 100mm (D) 250mm

► 答案: [A]

► 解答过程: A_1 的值经修正后, 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 附录 B 注: “ A_2 值和屋内 A_1 、 A_2 可按本图的比例递增。”修正前, 对 220J 系统 A_1 的值为 1800mm, A_1 现修正为 2000mm, L_1 的值也应相应增加 200mm。

(2) 若地处缺水严寒地区, 主变 125MVA, 灭火系统宜采用 ()。为什么?

- (A) 水喷雾 (B) 合成泡沫 (C) 排油注氮 (D) 固定式气体

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《火力发电厂与变电站设计防火规范》(GB 50229—2006) 第 7.1.8 条附条文说明, 这几种方式都可采用, 但考虑到地处严寒缺水地区水易结冰, 可首先排除答案 A。又根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 第 8.5.4 条: “厂区内升压站单台容量为 90000kVA 及以上油浸变压器, 220kV 及以上独立变电站单台容量为 125000kVA 及以上的油浸变压器应设置水喷雾灭火系统、合成泡沫喷淋系统、排油冲氮系统或其他灭火装置。对缺水或严寒地区, 当采用水喷雾、泡沫喷淋系统有困难时, 也可采用其他固定灭火措施。综上所述, 应选 D 为正确答案。”

(3) 该 220kV 开关站为 60m×70m 矩形布置, 四角各安装高 30m 的避雷针, 保护物 6m 高 (并联电容器), 计算相邻 70m 的两针间, 保护范围一侧的最小宽度 b_x 为 ()。

- (A) 20m (B) 24m (C) 25.2m (D) 33m

► 答案: [B]

► 解答过程: 多只避雷针的联合保护范围示意图如图 2-2 所示。

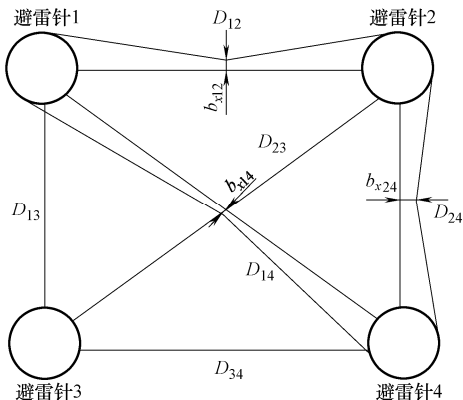


图 2-2 多只避雷针的联合保护范围示意图

1) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 5.2.1 条及第 5.2.2 条各符号定义知

$$h=30\text{m}; h_x=6\text{m}; h_a=h-h_x=30-6=24\text{m}; P=1$$

2) 由于题目要求计算的是相邻 70m 的两针间保护范围的一侧最小宽度, 设避雷针 1 和避雷针 2 之间的距离为 70m, 首先计算避雷针 1、2 保护范围一侧的最小宽度 b_{x12} 。

$$\frac{D_{12}}{h_a P} = \frac{70}{24 \times 1} = 2.92, \frac{h_x}{h} = \frac{6}{30} = 0.2$$

查《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 图 4 得

$$\frac{b_{x12}}{h_a P} = 1.01 \Rightarrow b_{x12} = 1.01 h_a P = 1.01 \times 24 \times 1 \text{m} \approx 24 \text{m}$$

故本题选 C。

► 分析: 避雷针 (包括单针保护、多针联合保护) 的保护范围经常出题, 应该熟练掌握。

题 4: 已知某发电厂 220kV 配电装置有 2 回进线、3 回出线、双母线接线, 屋外配电装置普通中型布置。(2008)

(1) 若该配电装置主变压器为两台 300MW 发电机的升压变压器, 已知机组的额定功率为 300MW, 功率因数为 0.85, 最大连续输出功率为 350MW, 厂用工作变压器的计算负荷为 45000kVA, 其变压器容量应为下列何值?

- (A) 400MVA (B) 370MVA (C) 340MVA (D) 300MVA

► 答案: [B]

► **解答过程：**根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 5-1 节（第 214 页），对于单元连接的变压器，主变压器的容量按以下条件中较大的选择：

1) 按发电机的额定容量扣除本机组的厂用负荷，留有 10% 的裕度，得

$$S = 1.1 \times \left(\frac{300}{0.85} - 45 \right) \text{MVA} = 338.7 \text{MVA}$$

2) 按发电机的最大连续输出容量扣除本机组的厂用负荷，得

$$S = \frac{350}{0.85} \text{MVA} - 45 \text{MVA} = 366.8 \text{MVA}$$

3) 选以上两种计算结果的较大值为 366.8MVA，故本题选 B。

► **分析：**主变压器容量的选择这个知识点经常出题。

(2) 若该配电装置的主变压器容量为 340MVA，主变 220kV 侧架空导线采用铝绞线，按经济电流密度选择其导线应为下列哪种规格？（经济电流密度为 0.72）

(A) $2 \times 400 \text{mm}^2$ (B) $2 \times 500 \text{mm}^2$ (C) $2 \times 630 \text{mm}^2$ (D) $2 \times 800 \text{mm}^2$

► **答案：**[C]

► **解答过程：**1) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 6-3（第 232 页）求得变压器回路计算工作电流 I_g 为

$$I_g = \frac{1.05 S_e}{\sqrt{3} U_N} = \frac{1.05 \times 340 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 220} \text{A} = 936.91 \text{A}$$

2) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 8-3 节第 2 条第 2 款：按经济电流密度选择软导线截面的公式计算如下：

$$S_j = \frac{I_g}{j} = \frac{936.91}{0.72} \text{mm}^2 = 1301.26 \text{mm}^2$$

3) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 7.1.6 条规定：当无合适规格导体时，导体截面可按经济电流密度计算截面的相邻下一档选取，故本题选 C。

(3) 主变压器高压侧配置的交流无间隙金属氧化锌避雷器持续运行电压（相地）、额定电压（相地）应为下列哪组计算值？

(A) $\geq 145 \text{kV}$, $\geq 189 \text{kV}$ (B) $\geq 140 \text{kV}$, $\geq 189 \text{kV}$
(C) $\geq 145 \text{kV}$, $\geq 182 \text{kV}$ (D) $\geq 140 \text{kV}$, $\geq 182 \text{kV}$

► **答案：**[A]

► **解答过程：**1) 根据《标准电压》(GB/T 156—2007) 表 4 可得 220kV 的交流三相系统的设备最高电压 $U_m = 252 \text{kV}$ 。

2) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 表 3 得交流无间隙金属氧化锌避雷器持续运行电压（相地）、额定电压（相地）分别为 $U_m / \sqrt{3} = 252 \text{kV} / \sqrt{3} = 145.5 \text{kV}$ 和 $0.75 U_m = 0.75 \times 252 \text{kV} = 189 \text{kV}$ 。故本题选 A 为正确答案。

(4) 若主变压器回路最大短路电流为 25kA，主变压器容量为 340MVA，说明主变高压

侧电流互感器电流比及保护用电流互感器配置选择下列哪一组最合理？

- (A) 600/1A 5P10/5P10/TPY/TPY
- (B) 800/1A 5P20/5P20/TPY/TPY
- (C) 2×600/1A 5P20/5P20/TPY/TPY
- (D) 1000/1A 5P30/5P30/5P30/5P30

▶ 答案：[C]

▶ 解答过程：1) 由第(2)小题的计算结果可知主变高压侧持续工作电流 $I_g = 936.91\text{A}$ 。

2) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第6-5节一(三)电流互感器一次额定电流的选择：“电流互感器一次额定电流应尽量选择得比回路中正常工作电流大1/3”，故其一次额定电流可取 $936.91\text{A} \times 4/3 = 1249.2\text{A}$ （根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005)第15.0.6条也可得出相同的结论）。

3) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005)第15.0.4条第2款：“220kV及以下系统的电流互感器一般可不考虑暂态影响，可采用P类电流互感器。对某些重要回路可适当提高所选电流互感器的准确限制系数或饱和电压，以减缓暂态影响。”故可选用P类或TPY类电流互感器。

4) 求得极限准确倍数： $25/(0.6 \times 2) = 20.83$ 。由以上讨论可知，本题选C为正确答案。

题5：某工程4台300MW机组接入330kV，主接线为4进4出，采用一台半断路器组成四个完整串。(2005)

- (1) 初期只上1、2号两台机组和一回出线时，分析断路器的配置正确的为()。
- (A) 1号机和出线组成一个完整串、2号机组成另一个完整串，共上6台断路器
 - (B) 1号机和出线组成一个完整串、2号机通过2个断路器接入两母线，即5台断路器(一串半)
 - (C) 1号机和出线组成一个完整串、2号机通过1个断路器接入I母线、另一侧经隔离开关接入II母，即装4台断路器
 - (D) 1号机和出线组成一个完整串、2号机采用跨条接入I母线和II母线即形成3台型接线

▶ 答案：[B]

▶ 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第2-3节第2条第3款：“最终为一台半断路器接线的过渡接线，应根据设备质量、间隔配置位置和扩建情况，可采用断路器数量少的接线。对于3回进出线，考虑3~5台断路器。”本题中主接线最终为4进4出，首期只上2台机组和1回出线，进出线数为3回，为便于过渡到最终接线，应该考虑采用1号机和出线组成一个完整串，2号机通过2个断路器接入两母线，2即5台断路器(一串半)的过渡接线。

(2) 若本工程初期建2台机组和2回线路组成2串，远期装4台和4回线，对隔离开关的配置下列哪种正确？原因是什么？

- (A) 进出线必须配隔离开关

- (B) 进出线都不配隔离开关
- (C) 初期 2 回进出线必须配，以后扩建的 2 回进线和 2 回出线可以不设隔离开关
- (D) 出线可不设隔离开关，进线必须设隔离开关

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 2-8 节第 1 条第 5 款：“一台半断路器接线中，视发变电工程的具体情况，进出线可装设隔离开关也可不装设隔离开关”。又根据《火力发电厂设计技术规程》(DL 5000—2000) 第 13.2.13 条：“在一台半断路器的接线中，电源线宜与负荷线配对成串，同名回路配置在不同串中，初期仅两串时，同名回路宜分别接入不同侧母线，进出线应装设隔离开关。当一台半断路器接线达到三串及以上时，同名回路可接于同一侧母线，进出线不宜装设隔离开关”。

(3) 如发电机出口额定电压 U_e 为 25kV，最高工作电压 $U_{\max}=26.25\text{kV}$ ，发电机中性点采用高阻接地，选择发电机出口无间隙氧化锌避雷器的额定电压 U_e 和持续运行电压为 ()。

- (A) 32.8/15.2kV
- (B) 36.2/28.9kV
- (C) 31.3/25kV
- (D) 32.8/26.3kV

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 5.3.4 条及表 3 可得，在高电阻的接地方式下，避雷器的持续运行电压和额定电压分别不低于 $U_{m.g}=26.25\text{kV}$ 和 $1.25U_{m.g}=1.25\times 26.25\text{kV}=32.8\text{kV}$ 。

(4) 本工程在前期时，曾进行过 330kV 采用双母线四分段接线（方案一）和采用一台半断路器接线（方案二）比较，以下是比较报告中的结论，错误的是哪个？原因是什么？

- (A) 在无设备检修情况下，一台断路器故障，方案一最大可能停电回路数与方案二最大停电回路数相同均为二回；
- (B) 当有一回断路器检修、一台故障，方案一最大可能的停电回路数要少于方案二；
- (C) 双母四分段接线与一台半接线所用的断路器数相同；
- (D) 按本工程进出线回路数，宜采用一台半接线。

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 2-1 及表 2-2，A、C 答案正确，B 答案错误；根据《火力发电厂设计技术规程》(DL 5000—2000) 第 13.2.13 条，D 答案正确。

(5) 下列隔离开关设置表述错误的是哪一种？

- (A) 母线避雷器应设隔离开关
- (B) 线路避雷器不应设隔离开关
- (C) 进线变压器的避雷器不应设隔离开关
- (D) 变压器中性点避雷器不应设隔离开关

► 答案：[A]

► 解答过程：依据 1) 《火力发电厂设计技术规程》(DL 5000—2000) 第 13.2.6 条及

条文说明：“330~500kV 避雷器的功能除用以保护大气过电压外，还借以限制操作过电压，也即相应回路投入运行后不允许退出运行，故规定 330~500kV 避雷器不应装设隔离开关。变压器中性点避雷器不应装设隔离开关。”故 A 答案错误。依据 2) 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 第 5.1.5 条规定：“330kV 及以上进、出线和母线上装设的避雷器及进、出线电压互感器不应装设隔离开关”，也可得到 A 答案错误。

题 6：某电厂 220kV 双母线单分段接线，二回发变组接母线及六回出线，每段母线装一组 PT 和避雷器，若升压站运行方式为分段和母联断路器闭合，线路均匀接在三段母线上。(2005)

(1) 当一段母线故障，同时分段或母联断路器其中之一拒动，试分析停电回路可能有 ()。

- (A) 1/2 (B) 1/3 (C) 2/3 (D) 全停

▶ 答案：[C]

▶ 解答过程：注意到题目所说的 6 回线路均匀接在三段母线上，一段母线故障，则该段母线上的 2 回出线停电，另外分段或母联断路器之一拒动，与之相连的 2 回出线也停电，故有 4 回线路停电，占 6 回出线的 2/3。

(2) 下列哪种回路只需在断路器的一侧装隔离开关？

- (A) 出线 (B) 分段 (C) 母联 (D) 发变组

▶ 答案：[D]

▶ 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 2-8 节第 1 条第 1 款：“容量为 200MW 及以上大机组与双绕组变压器为单元连接时，其出口不装设隔离开关，但应有可拆连接点。”

题 7：某 110kV 户外变电所，设有两台主变压器，2 回电源进线（电源来自某 220kV 枢纽变电站的 110kV 出线），6 回负荷出线。负荷出线主保护为速断保护，整定时间为 T₁；后备保护为过电流保护，整定时间为 T₂；断路器全分闸时间为 T₃。(供配电 2006)

(1) 请分析说明变电站主接线宜采用下列哪一种主接线方式？

- (A) 双母线 (B) 双母线分段 (C) 单母线分段 (D) 单母线

▶ 答案：[A]

▶ 解答过程：根据《35kV~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—1992) 第 3.2.3 条：当 35~110kV 线路为 2 回及以下时，宜采用桥形、线路变压器组或线路分支接线。超过 2 回时，宜采用扩大桥形、单母线或单母线分段的接线，35~110kV 线路为 8 回及以上时，亦可采用双母线接线，110kV 线路为 6 回及以上的，宜采用双母线接线。

▶ 分析：2006 年的考题的答案依据仍然是《35~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—1992)，这个标准现在已经废止。新规范是《35~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—2011)，2013 年考试将以此规范作为依据。

(2) 请分析说明下列出线间隔接线图（见图 2-3）中，断路器、隔离开关及接地开关的配置，哪一种是正确的？

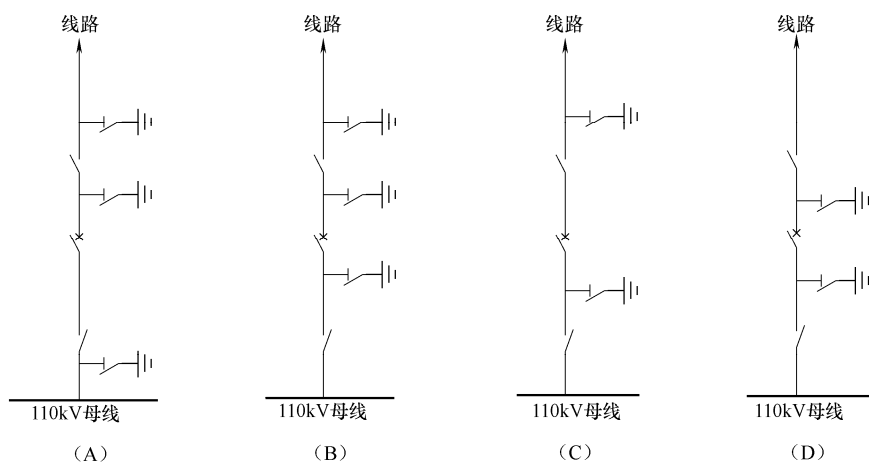


图 2-3 出线间隔接线图

► 答案：[B]

► 依据：《3~110kV 高压配电装置设计规范》（GB 50060—2008）第 2.0.3 条：“电压为 63kV 及 110kV 的配电装置，每段母线上宜装设接地刀闸或接地器，对断路器两侧隔离开关的断路器侧和线路隔离开关的线路侧宜装设接地刀闸。”

(3) 请说明在负荷出线回路导体选择时，验算导体的短路热效应的计算时间应采用哪项？

- (A) $T_1+T_2+T_3$ (B) T_1+T_2 (C) T_2+T_3 (D) T_1+T_3

► 答案：[D]

► 解答过程：《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 5.0.13 条规定：“确定短路电流热效应计算时间时，应遵守下列规定：

1) 对导体（不包括电缆）宜采用主保护动作时间加相应断路器开断时间，主保护有死区时，可采用能对该死区起作用的后备保护动作时间，并采用相应处的短路电流值。

2) 对电器，宜采用后备保护动作时间加相应断路器的开断时间。”

(4) 请说明选择 110kV 断路器时，其最高工作电压的最低值不得低于下列哪个数值？

- (A) 110kV (B) 115kV (C) 126kV (D) 145kV

► 答案：[C]

► 解答过程：依据 1：《高压输变电设备的绝缘配合》（GB 311.1—1997）表 1。系统标称电压为 110kV 时设备最高工作电压为 126kV。依据 2：《标准电压》（GB/T 156—2003）表 4。

(5) 假设 110kV 主接线形式为双母线接线，试分析说明验算 110kV 导体和电器的动稳定和热稳定所用的短路电流应按以下哪种运行工况考虑？

- (A) 110kV 系统最大运行方式下两台主变并列运行

- (B) 110kV 系统最大运行方式下双母线并列运行
- (C) 110kV 双母线并列运行
- (D) 110kV 母线分列运行

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 5.0.4 条: “校验导体和电器动稳定、热稳定以及电器开断电流所用的短路电流, 应按系统最大运行方式下可能流经被校验导体和电器的最大短路电流。确定短路电流时, 应按可能发生最大短路电流的正常接线方式计算, 不应按仅在切换过程中可能并列运行的接线方式确定。”

第三章 短路电流计算

一、大纲要求 ★★★

- 1) 掌握短路电流的计算方法（实用算法）；
- 2) 掌握短路电流计算结果的应用；
- 3) 熟悉短路电流的限制措施。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 20 分，其中专业知识占 10 分左右，案例占 10 分左右。考点分布较广，考试题目有一定难度。答题依据主要有《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第四章、《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）附录 F。重点考查实用短路电流算法、短路电流计算结果的应用（主要用于选择导体和电器设备）、短路电流的限制措施等内容。近年来加大了对 6kV 高压厂用电短路电流计算和 380V 低压厂用电系统短路电流计算等内容的考查，涉及的规程规范有：《火力发电厂厂用电设计技术规定》（DL/T 5153—2002）附录 M 和附录 N、《220kV～500kV 变电所所用电设计技术规程》（DL/T 5155—2002）附录 D。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

- (1) 关于短路电流及其应用，下列表述中哪个是正确的？（2012）
- (A) 系统的短路电流与系统接线有关，与设备参数无关
- (B) 系统的短路电流与系统接地无关，与设备参数无关
- (C) 继电保护整定计算，与最大短路电流有关，与最小短路电流无关
- (D) 继电保护整定计算，与最大、最小短路电流有关

答案：[D]

分析：系统的短路电流与系统接线有关，与设备参数也有关。继电保护整定计算与最大、最小短路电流有关，其中最小短路电流用于确定保护的灵敏度。

- (2) 下列哪项措施，对限制三相对称短路电流是无效的？（2011）
- (A) 将并列运行的变压器改为分列运行
- (B) 提高变压器的短路阻抗
- (C) 在变压器中性点加小电抗
- (D) 在母线分段处加装电抗器

▶ 答案: [C]

▶ 依据:《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 4.1 节有关内容,在变压器中性点加小电抗器,可以限制单相短路电流,但对抑制三相对称短路电流无效。

(3) 预期的最大短路冲击电流在下列哪一时刻? (2011)

- (A) 短路发生后的短路电流开断瞬间
- (B) 短路发生后的 0.01s
- (C) 短路发生的瞬间
- (D) 短路发生后的一个周波时刻

▶ 答案: [B]

▶ 依据:《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 4.6 节第一条 冲击电流的叙述:三相短路发生后的半个周期 ($t=0.01s$), 短路电流的瞬时值到达最大, 称为冲击电流 i_{ch} 。

(4) 在电力系统零序短路电流计算中, 变压器的中性点若经过电抗器接地, 在零序网络中, 其等效电抗应为原电抗值的 ()。(2008)

- (A) $\sqrt{3}$ 倍
- (B) 不变
- (C) 3 倍
- (D) 增加

▶ 答案: [C]

▶ 依据:《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 142 页:“发电机或变压器的中性点是经阻抗接地的, 则必须将该阻抗增加 3 倍后再列入零序网络。”

▶ 分析: 短路电流计算分为对称短路电流计算和不对称短路电流计算。其中不对称短路电流计算用对称分量法求解, 可将对称分量分解为正序、负序和零序网络。

2. 多项选择题

(1) 变电所中, 所用电低压系统的短路电流计算原则以下哪几条是正确的? (2012)

- (A) 应按单台所用变压器进行计算
- (B) 应计及电阻
- (C) 系统阻抗按低压侧短路容量确定
- (D) 馈线回路短路时, 应计及馈线电缆的阻抗

▶ 答案: [A、B、D]

▶ 依据:《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 第 6.1.1 条。

▶ 分析: 近年来, 低压厂(所)用电系统的短路电流计算经常出题, 这部分内容应该掌握。

(2) 根据短路电流实用计算法中 X_{js} 的意义, 在基准容量相同的条件下, 下列推断哪些是对的? (2012)

- (A) X_{js} 越大, 在某一时刻短路电流周期分量的标幺值越小
- (B) X_{js} 越大, 电源的相对容量越大
- (C) X_{js} 越大, 短路点至电源的电气距离越近
- (D) X_{js} 越大, 短路电流周期分量随时间衰减的程度越小

► 答案：[A、D]

► 分析：当 X_{js} 大于 3 时，可认为短路电流的周期分量不随时间而衰减。

(3) 电力系统中，下面哪几项是属于电压不平衡？（2012）

- (A) 三相电压在幅值上不同
- (B) 三相电压相位差不是 120°
- (C) 三相电压幅值不是额定值
- (D) 三相电压在幅值上不同，同时相位差不是 120°

► 答案：[A、B、D]

► 分析：三相电压平衡指的是电压幅值相等，频率相同，相位差为 120° 。

(4) 为了限制短路电流，在电力系统可以采用下列哪几项措施？（2012）

- (A) 提高电力系统的电压等级
- (B) 减小系统的零序阻抗
- (C) 增加变压器的接地点
- (D) 直流输电

► 答案：[A、D]

► 依据：《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 119 页。

► 分析：限制短路电流的措施又分为电力系统、发电厂和变电所的限流措施，两者有所不同。

(5) 某区域电网中的一座 500kV 变电所，其 220kV 母线单相接地短路电流超标，请问采取以下哪些措施可经济、有效地限制单相接地短路电流？

- (A) 500kV 出线加装并联电抗器
- (B) 220kV 母线分段运行
- (C) 变压器中性点加装小电抗器
- (D) 更换高阻抗变压器

► 答案：[A、B]

► 依据：《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 119 页。

► 分析：见《电力系统设计手册》第 352 页有关内容。

(6) 在短路电流实用计算中，采用的假设条件以下哪几项是正确的？（2011）

- (A) 考虑短路发生在短路电流最大值的瞬间
- (B) 所有计算均忽略元件电阻
- (C) 计算均不考虑磁路的饱和
- (D) 不考虑自动调节励磁装置的作用

► 答案：[A、C]

► 依据：依据 1：《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第四章 短路电流计算 第 4.1 节 电力系统短路电流计算条件第一条第 4 款、第 6 款、第 7 款以及第 9 款可知 A、C 正确。依据 2：《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）附录 F。

► 分析：实用短路电流计算的基本假定有 12 条。

3. 案例题

题 1: 某 110/10kV 变电所, 两台主变, 两回 110kV 电源进线, 110kV 为内桥接线, 10kV 为单母线分段接线 (分列运行), 电气主接线如图 3-1 所示。110kV 桥开关和 10kV 分段开关均装设备用电源自动投入装置。系统 1 和系统 2 均为无穷大系统。架空线路 1 长 70km, 架空线路 2 长 30km。该变电所主变压器负载率不超过 60%, 系统基准容量为 100MVA。请回答下列问题: (2011)

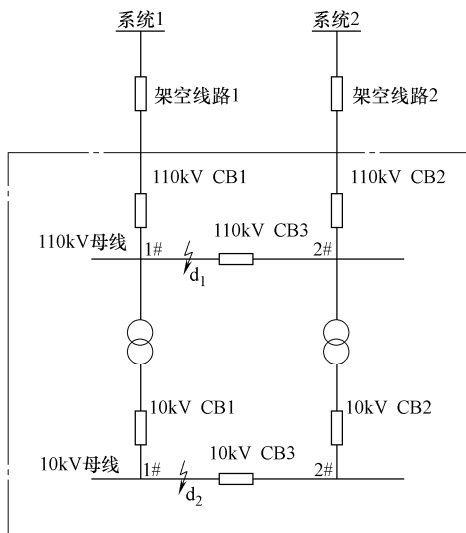


图 3-1 电气主接线

(1) 如该变电所供电的负荷: 一级负荷 9000kVA、二级负荷 8000kVA、三级负荷 10000kVA。请计算主变压器容量应为下列哪项数值?

- (A) 10200kVA (B) 16200kVA
(C) 17000kVA (D) 27000kVA

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 5-1 节第 2 条规定的主变压器的容量的确定原则: 根据变电所所带负荷的性质和电网结构来确定主变压器的容量。对于有重要负荷的变电所, 应考虑当一台变压器停运时, 其余变压器容量在计及过负荷能力后的允许时间内, 应保证用户的一级和二级负荷; 对于一般性的变电所, 当一台主变压器停运时, 其余变压器容量能保证全部负荷的 70%~80%。对于本题:

总负荷: $9000\text{kVA} + 8000\text{kVA} + 10000\text{kVA} = 27000\text{kVA}$

一、二级负荷: $9000\text{kVA} + 8000\text{kVA} = 17000\text{kVA}$, 由此可知, 单台变压器的容量应大于 17000kVA。由题干可知该变电所主变压器的负荷率不超过 60%, 故选两台容量为 27000kVA 的变压器, 正常运行时的负荷率为 60%, 有 $54000\text{kVA} \times 0.6 = 32400\text{kVA} > 27000\text{kVA}$ 。其他选项, 按负荷率 60%, 正常情况下并不能带动全部负荷。

(2) 假设主变压器容量为 31500kVA, 电抗百分比 $U_d(\%)=10.5$, 110kV 架空线路电抗 0.4Ω/km。请计算 10kV 1#母线最大三相短路电流接近下列哪项数值?

- (A) 10.07kA (B) 12.97kA (C) 13.86kA (D) 21.33kA

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 5.0.4 条: “确定短路电流时, 应按可能发生最大短路电流的正常运行方式, 不应按仅在切换过程中可能并列运行的接线方式。”

由题目可知, 正常情况下, 可能发生最大短路电流的正常运行方式是 1#变压器先故障退出, 接着备自投投入 10kV 分段开关, 这时 2#线路带上 10kV 两段的负荷, 然后 d2 点短路, 计算过程如下:

$$\text{变压器: } X_{*d} = \frac{u_d\%}{100} \times \frac{S_j}{S_e} = \frac{10.5}{100} \times \frac{100}{31.5} = 0.333$$

$$\text{线路 1: } X_{*1} = X_1 \frac{S_j}{U_j^2} = 0.4 \times 70 \times \frac{100}{115^2} = 0.212$$

$$\text{线路 2: } X_{*2} = X_2 \frac{S_j}{U_j^2} = 0.4 \times 30 \times \frac{100}{115^2} = 0.091$$

$$\text{总电抗: } X_* = X_{*2} + X_{*d} = 0.091 + 0.333 = 0.424$$

$$I'' = \frac{I_j}{X_*} = \frac{1}{0.424} \times \frac{100}{\sqrt{3} \times 10.5} \text{ kA} = 12.97 \text{ kA}$$

其等效电抗图如图 3-2 所示。

(3) 若在主变压器 10kV 侧串联电抗器以限制 10kV 短路电流, 该电抗器的额定电流应选择下列哪项数值最合理? 为什么?

- (A) 变压器 10kV 侧额定电流的 60%
(B) 变压器 10kV 侧额定电流的 105%
(C) 变压器 10kV 侧额定电流的 120%
(D) 变压器 10kV 侧额定电流的 130%

► 答案: [D]

► 解答过程: 1) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 14.2.1 条: “普通限流电抗器的额定电流应按下列条件选择:

① 主变压器或馈线回路的最大可能工作电流。

② 发电厂母线分段回路的限流电抗器, 应根据母线上事故切断最大一台发电机时, 可能通过电抗器的电流选择, 一般取该台发电机额定电流的 50%~80%。

③ 变电站母线回路的限流电抗器应满足用户的一级负荷和大部分二级负荷的要求。”

2) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 6-3, 变压器回路的计算工作电

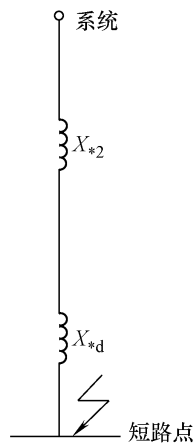


图 3-2 等效电抗图

流正常情况为 1.05 倍变压器的额定电流；在事故或检修时，变压器回路的最大可能工作电流为 1.3~2 倍变压器额定电流。综上，可知答案为 D。

(4) 如主变压器 10kV 回路串联 3000A 电抗器限制短路电流，若需将 10kV 母线短路电流从 25kA 限制到 20kA 以下，请计算并选择该电抗器的电抗百分值为下列哪项？

- (A) 3% (B) 4% (C) 6% (D) 8%

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (6-14) 得

$$x_k \% \geq \left(\frac{I_j}{I''} - x_{*j} \right) \frac{I_{ek} U_j}{U_{ek} I_j} \times 100\%$$

因电抗器未选出，先要估算电源至短路点的总电抗标么值为

$$x_{*j} = \frac{I_j}{I''} = \frac{5.5}{25} = 0.22$$

已知 $U_j = 10.5\text{kV}$, $I_j = 5.5\text{kA}$, $I_{ek} = 3\text{kA}$, $U_{ek} = 10\text{kV}$ ，代入以上已知量可得

$$x_k \% \geq \left(\frac{5.5}{20} - 0.22 \right) \times \frac{10.5 \times 3}{10 \times 5.5} \times 100\% = 3.15\%$$

(5) 请问该变电所发生下列哪种情况时，110kV 桥开关自动投入。为什么？

- (A) 主变差动保护动作
(B) 主变 110kV 侧过电流保护动作
(C) 110kV 线路无短路电流，线路失电压保护动作跳闸
(D) 110kV 线路断路器手动分闸

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB 14285—2006) 第 5.3.2 条规定：“自动投入装置的功能设计应符合下列要求：除发电厂备用电源快速切换外，应保证在工作电源或设备断开后，才投入备用电源或设备；工作电源或设备上的电压，不论何种原因消失，除有闭锁信号外，自动装置均应动作；自动装置应保证只动作一次。”综上所述，本题选 C 为正确答案。

题 2：某 125MW 火电机组低压厂变回路从 6kV 厂用工作段母线引接，该母线短路电流周期分量起始值为 28kA。低压厂变为油浸自冷式三相变压器，参数为： $S_e = 1000\text{kVA}$ ， $U_e = 6.3/0.4\text{kV}$ ，阻抗电压 $U_d = 4.5\%$ ，接线组别 Dyn11，额定负载的负载损耗 $P_d = 10\text{kW}$ 。DL₁ 为 6kV 真空断路器，开断时间为 60ms；DL₂ 为 0.4kV 空气断路器。该变压器高压侧至 6kV 开关柜用电缆连接；低压侧至 0.4kV 开关柜用硬导体连接，该段硬导体每相阻抗为 $Z_m = (0.15 + j0.4)\text{m}\Omega$ ；中性点直接接地。低压厂变设主保护和后备保护，主保护动作时间为 20ms，后备保护动作时间为 300ms。低压厂变回路接线及布置如图 3-3 所示，请解答下列各小题（计算题按最接近数值选项）。（2011）

(1) 若 0.4kV 开关柜内的电阻忽略，计算空气断路器 DL₂ 的 PC 母线侧短路时，流过该断路器的三相短路电流周期分量起始有效值最接近下列哪项数值？（变压器相关阻抗按

照《电力工程电气设计手册 电气一次部分》计算)

(A) 32.08kA (B) 30.30kA (C) 27.00kA (D) 29.61kA

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 4.10 节 380V 厂用电系统短路电流计算有关公式计算。

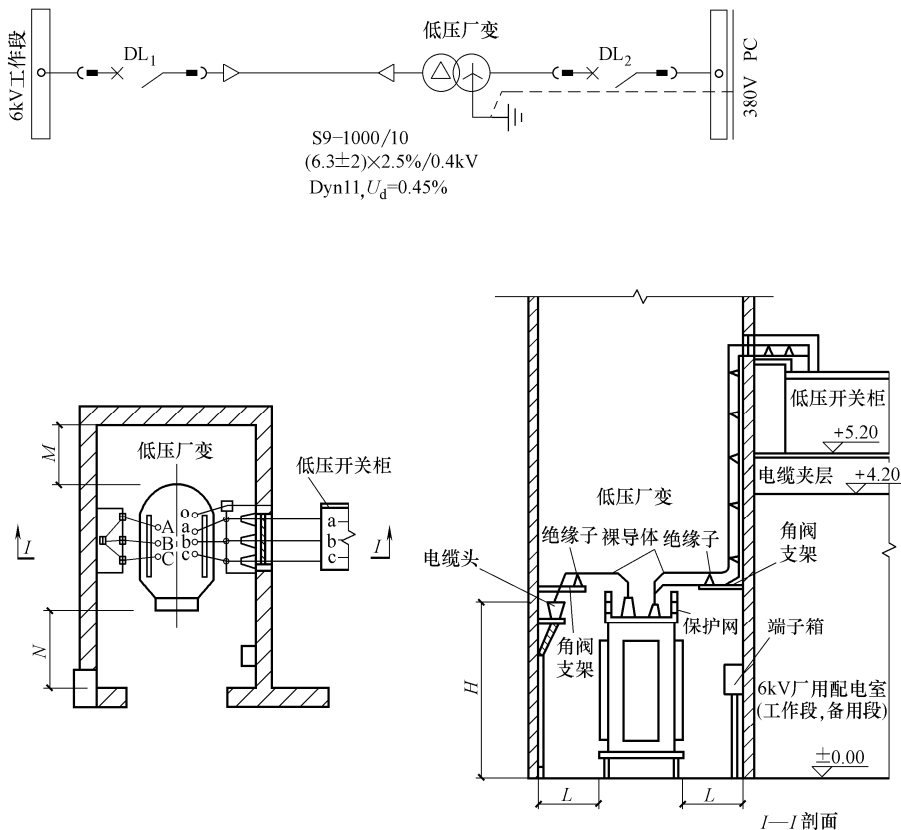


图 3-3 低压厂变回路接线及布置

变压器阻抗:

$$\begin{aligned}
 U_b \% &= \frac{P_d}{10S_e} = \frac{10000}{10 \times 1000} = 1 \\
 U_x \% &= \sqrt{(U_d \%)^2 - (U_b \%)^2} = 4.387 \\
 X_D &= \frac{10 \times U_x \% \times U_e^2}{S_e} \times 10^3 \text{ m}\Omega = 7.02 \text{ m}\Omega \\
 R_b &= \frac{P_d \times U_e^2}{S_e^2} \times 10^3 \text{ m}\Omega = 1.6 \text{ m}\Omega
 \end{aligned}$$

根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 4-68 式或者《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 附录 N 380V 动力中心短路电流实用计算法式 (N1)、式 (N2)、式 (N3) 有

$$I_B'' = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times \sqrt{(1.6+0.15)^2 + (7.02+0.4)^2}} \text{ kA} = 30.3 \text{ kA}$$

$$I_D'' = 3.7 \times 10^{-3} I_{e,B} = 3.7 \times 10^{-3} \times \frac{10}{\sqrt{3} \times 0.4} \text{ kA} = 0.053 \text{ kA}$$

$$I'' = I_B'' + I_D'' = (30.3 + 0.053) \text{ kA} = 30.353 \text{ kA}$$

(2) 已知环境温度 40°C ，电缆热稳定系数 $C=140$ 。试计算该变压器回路 6kV 交联聚乙烯铜芯电缆的最小截面为 ()。

- (A) $3 \times 120 \text{ mm}^2$ (B) $3 \times 95 \text{ mm}^2$
(C) $3 \times 70 \text{ mm}^2$ (D) $3 \times 50 \text{ mm}^2$

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 附录 E 式 (E.1.1-1) 有

$$S \geq \frac{\sqrt{Q}}{C} \times 10^3 = \frac{\sqrt{I^2 t}}{C} \times 10^3 = \frac{\sqrt{28^2 \times (0.3 + 0.06)}}{140} \times 10^3 \text{ mm}^2 = 120 \text{ mm}^2$$

► 分析: 本题的难点在于确定短路电流的持续时间。根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 5.0.13 条规定: “对导体 (不包括电缆) 宜采用主保护动作时间加相应断路器开断时间。主保护有死区时, 可采用能对该死区起作用的后备保护动作时间, 并采用相应处的短路电流值; 对电器, 宜采用后备保护动作时间加相应断路器的开断时间。” 根据以上规定可知, 对电缆而言, 短路电流持续时间应该取后备保护动作时间加断路器开断时间。

(3) 下列变压器保护配置方案符合规程的为哪项? 为什么?

- (A) 电流速断+瓦斯+过电流+单相接地+温度
(B) 纵联差动+电流速断+瓦斯+过电流+单相接地
(C) 电流速断+过电流+单相接地+温度
(D) 电流速断+瓦斯+过电流+单相接地

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 9.5 条规定, 低压厂用变压器应装设下列保护: ①纵联差动保护; ②电流速断保护; ③瓦斯保护; ④过电流保护; ⑤单相接地短路保护; ⑥单相接地保护; ⑦温度保护。纵联差动保护只用于容量大于 2MVA 的变压器, 本题中变压器容量为 1MVA, 故不采用纵联差动保护。温度保护用于 400kVA 及以上的干式变压器, 本题中的变压器为油浸自冷式三相变压器, 也不用采用温度保护。

(4) 请根据变压器布置图, 在下列选项中选出正确的 H 、 L 、 M 、 N 值, 并说明理由。

- (A) $H \geq 2500 \text{ mm}$, $L \geq 600 \text{ mm}$, $M \geq 600 \text{ mm}$, $N \geq 800 \text{ mm}$
(B) $H \geq 2300 \text{ mm}$, $L \geq 600 \text{ mm}$, $M \geq 600 \text{ mm}$, $N \geq 800 \text{ mm}$
(C) $H \geq 2300 \text{ mm}$, $L \geq 800 \text{ mm}$, $M \geq 800 \text{ mm}$, $N \geq 1000 \text{ mm}$
(D) $H \geq 1900 \text{ mm}$, $L \geq 800 \text{ mm}$, $M \geq 1000 \text{ mm}$, $N \geq 1200 \text{ mm}$

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 表 8.1.3, H 值应为无遮拦裸导体至地(楼)面之间的距离, 对 6kV 系统取 2500mm。 M 为室内油浸变压器外廓与变压器四壁的最小净距, N 为变压器与门之间的最小净距, 根据表 8.4.6, M 、 N 分别取 600mm 和 800mm。 L 与 M 值相同。

题 3: 某新建电厂一期安装两台 300MW 机组, 机组采用发电机—变压器组单元接线接入厂内 220kV 配电装置, 220kV 采用双母线接线, 有二回负荷线和二回联络线。按照最终规划容量计算的 220kV 母线三相短路电流(起始周期分量有效值)为 30kA, 动稳定电流为 81kA; 高压厂用变压器为一台 50/25-25MVA 的分裂变, 半穿越电抗 $U_d=16.5\%$, 高压厂用母线电压为 6.3kV。请按各小题假设条件回答下列问题。(2011)

(1) 本工程选用了 220kV SF6 断路器, 其热稳定电流为 40kA、3s, 负荷线的短路持续时间为 2s。试计算此回路断路器承受的最大热效应是下列哪项值?(不考虑周期分量有效值电流衰减)

- (A) $1800\text{kA}^2\text{s}$ (B) $1872\text{kA}^2\text{s}$ (C) $1890\text{kA}^2\text{s}$ (D) $1980\text{kA}^2\text{s}$

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 式 (F.6.2) 有

短路电流周期分量热效应:

$$Q_z = \frac{(I''^2 + 10I''^2_{z/2} + I''^2_{zt})}{12} t = I''^2 t = 30^2 \times 2 \text{kA}^2\text{s} = 1800 \text{kA}^2\text{s}$$

短路持续时间远大于 0.1s, 短路电流非周期分量热效应按式 (F.6.3) 的简化工程计算法计算如下:

$$Q_f = TI''^2 = 0.1 \times 30^2 \text{kA}^2\text{s} = 90 \text{kA}^2\text{s}$$

$$Q = Q_z + Q_f = (1800 + 90) \text{kA}^2\text{s} = 1890 \text{kA}^2\text{s}$$

故本题答案应该为 C。

(2) 发电机额定电压为 20kV, 中性点采用消弧线圈接地, 20kV 系统每相对地电容为 $0.45\mu\text{F}$, 消弧线圈的补偿容量应选择下列哪项数值?(过补偿系数 K 取 1.35, 欠补偿系数 K 取 0.8)

- (A) 26.1kVA (B) 45.17kVA (C) 76.22kVA (D) 78.24kVA

► 答案: [B]

► 解答过程: 1) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 18.1.4 条式 (18.1.4) 有

$$Q = KI_c \frac{U_N}{\sqrt{3}}$$

式中, $I_c = \sqrt{3}U_c \omega C \times 10^{-3} = \sqrt{3} \times 20 \times 2\pi \times 50 \times 0.45 \times 10^{-3} \text{A} = 4.9 \text{A}$ 。

2) 根据第 18.1.6 条, 采用欠补偿, 故有

$$Q = KI_c \frac{U_N}{\sqrt{3}} \\ = 0.8 \times 4.9 \times \frac{20}{\sqrt{3}} \text{kVA} = 45.26 \text{kVA}$$

(3) 每台机 6.3kV 母线分为 A、B 二段, 每段接有 6kV 电动机总容量为 18MW, 当母线发生三相短路时, 其短路电流周期分量的起始值为下列哪项数值? (设系统阻抗为 0, K_{qD} 取 5.5)

- (A) 27.76kA (B) 30.84kA (C) 39.66kA (D) 42.74kA

答案: [D]

解答过程: 根据《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 附录 M 式 (M4):

$$X_T = \frac{0.9U_d \%}{100} \times \frac{S_j}{S_{e.B}} = \frac{0.9 \times 16.5}{100} \times \frac{100}{50} = 0.297$$

$$I_B'' = \frac{I_j}{X_X + X_T} = \frac{9.16}{0.297} \text{kA} = 30.84 \text{kA}$$

$$I_D'' = K_{qD} \frac{P_{e.D}}{\sqrt{3}U_{e.D}\eta_D \cos\varphi_D} \times 10^{-3} = 5.5 \times \frac{18000}{\sqrt{3} \times 6 \times 0.8} \times 10^{-3} \text{kA} = 11.91 \text{kA}$$

$$I'' = I_B'' + I_D'' = (30.84 + 11.91) \text{kA} = 42.75 \text{kA}$$

(4) 发电机额定功率因数为 0.85, 最大连续输出容量为额定容量的 1.08 倍, 高压工作变压器的计算容量按选择高压工作变压器容量的方法计算出的负荷为 46MVA, 按估算厂用电率的原则和方法所确定的厂用电计算负荷为 42MVA, 试计算并选择主变压器容量最小是下列哪项数值?

- (A) 311MVA (B) 315MVA (C) 335MVA (D) 339MVA

答案: [D]

解答过程: 解法 1: 根据《火力发电厂设计技术规程》(DL 5000—2000) 第 13.1.5 条: “容量为 200MW 及以上的发电机与主变压器为单元连接时, 该变压器的容量可按发电机的最大连续容量扣除一台厂用工作变压器的计算负荷和变压器绕组的平均温升在标准环境温度或冷却温度下不超过 65℃ 的条件进行选择。” 故有

$$S_{\max} = 1.08 \times \frac{P}{\cos\varphi} - 42 = \left(1.08 \times \frac{300}{0.85} - 42 \right) \text{MVA} = 339.2 \text{MVA}$$

(根据条文说明第 13.1.5 条: 扣除厂用工作变压器的计算负荷是指以估算厂用电率的原则和方法所确定的厂用电计算负荷)。

解法 2: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 5-1 节有关主变压器容量和台数的有关规定确定。发电机与主变压器为单元连接时, 主变压器的容量可按下列条件中的较大者选择:

1) 按发电机额定容量扣除本机组的厂用负荷后, 留有 10% 的裕度。

$$S = 1.1 \times \left(\frac{P}{\cos\varphi} - 42 \right) = 1.1 \times \left(\frac{300}{0.85} - 42 \right) \text{MVA} = 342 \text{MVA}$$

2) 对单元接线的主变压器按发电机的最大连续输出容量扣除本机组的厂用负荷。

$$S_{\max} = 1.08 \times \frac{P}{\cos \varphi} = 1.08 \times \frac{300}{0.85} \text{MVA} = 381.18 \text{MVA}$$

扣除厂用负荷后为

$$S = S_{\max} - 42 = (381.18 - 42) \text{MVA} \approx 339.18 \text{MVA}$$

本题选择的是最小容量，故选 D 为正确答案。

(5) 假定 220kV 高压厂用公用/备用变压器容量为 50/25-25MVA，其 220kV 架空导线宜选用下列哪一种规格？（经济电流密度按 0.4A/mm^2 计算）

- (A) LGJ-185 (B) LGJ-240 (C) LGJ-300 (D) LGJ-400

► 答案：[C]

► 解答过程：高压厂用变压器高压侧母线持续工作电流为

$$I_g = \frac{1.05S}{\sqrt{3}U_N} = \frac{1.05 \times 50 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 220} \text{A} = 138 \text{A}$$

$$S = \frac{I_g}{j} = \frac{138}{0.4} \text{mm}^2 = 345 \text{mm}^2$$

答案：[C]

依据：《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》（DL/T 5155—2002）附录 E 的式（E1）有

$$I_g = 1.05I_c = 1.05 \times \frac{S_c}{\sqrt{3}U_c} = 1.05 \times \frac{400}{\sqrt{3} \times 0.4} \text{A} = 606 \text{A}$$

（3）某变电所中，有一组双星形接线的 35kV 电容器组，每星的每相有 2 个串联段，每段由 5 台 500kvar 电容器并联组成，此电容器组的总容量为（ ）。（2011）

- （A）7500kvar （B）10000kvar （C）15000kvar （D）30000kvar

答案：[D]

依据：

$$Q = 2 \times 5 \times 3 \times 500 \times 2 \text{kvar} = 30000 \text{kvar}$$

（4）某 110kV 变电所需要增容扩建，已有一台 7500kVA 110/10.5kV Yd11 的主变压器，下列可以与其并联运行、允许的最大容量是哪一种？（2011）

- （A）7500kVA，Yd7 （B）10000kVA，Yd11
（C）15000kVA，Yd5 （D）20000kVA，Yd11

答案：[C]

依据：《电力变压器选用导则》（GB/T 17468—2008）6.1 及附录 C。对于 D 答案，容量比已经超出 2，故可首先排除。根据附录 C 第 d）条，“如果一台变压器的相序与另一台刚好相反，则组 3 中的变压器与组 4 中的变压器并联运行，如图 C.2。”在图 C.2 中，Yd5 和 Yd11 可以并联运行。若选 C 为答案，即可并联运行，容量比为 2，不超过 2，且容量最大。

（5）某滨海电厂，当地盐密度为 0.21 mg/cm^2 ，厂中 220kV 户外电气设备瓷套的爬电距离应不小于（ ）。（2011）

- （A）5040mm （B）6300mm （C）7258mm （D）7812mm

答案：[B]

依据：《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）附录 C 得知该发电厂属于 III 污秽区，查表 C.2 得知 220kV 及以下爬电比距为 2.5 cm/kV ，根据爬电比距的定义可得爬电距离 $l = 2.5 \times 252 \text{ cm} = 630 \text{ cm} = 6300 \text{ mm}$ ，式中 252 为 220kV 系统设备最高工作电压。

（6）发电厂、变电所中，下列电压互感器型式的选择条件，哪一条是不正确的？（2011）

- （A）35kV 屋内配电装置，宜采用树脂浇注绝缘电磁式电压互感器
（B）35kV 屋外配电装置，宜采用油浸绝缘结构的电磁式电压互感器
（C）110kV 屋内配电装置，当容量和准确度满足要求时，宜采用电容式电压互感器
（D）SF₆ 全封闭组合电器宜采用电容式电压互感器

答案：[D]

依据：《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 16.0.3 条，SF₆ 全

封闭组合电器宜采用电磁式电压互感器。

(7) 对于农村电网, 通常通过 220kV 变电所或 110kV 变电所向 35kV 负荷供电, 下列系统中, 哪项的两台主变压器 35kV 侧不能并列运行? (2011)

- (A) 220/110/35kV, 50MVA, Yyd 形主变与 220/110/35kV, 180MVA, Yyd 形主变
- (B) 220/110/35kV, 150MVA, Yyd 形主变与 110/35kV, 63MVA, Yd 形主变
- (C) 220/110/35kV, 150MVA, Yyd 形主变与 110/35/10kV, 63MVA, Yyd 形主变
- (D) 220/35kV, 180MVA, Yd 形主变与 220/110/35kV, 180MVA, Yyd 形主变

▶ 答案: [C]

▶ 依据: 《电力变压器选用导则》(GB/T 17468—2008) 第 6.1 条: “电力变压器并联运行的条件:

- ① 相位关系要相同, 即钟时序要相同;
- ② 电压和电压比要相同, 允许偏差也相同 (尽量满足电压比在允许偏差范围内), 调压范围与每级电压要相同;
- ③ 短路阻抗相同, 尽量控制在允许偏差范围 $\pm 10\%$, 还应注意极限正分接位置短路阻抗与极限负分接位置短路阻抗要分别相同;
- ④ 容量比在 0.5~2 之间。”

本题中 C 答案, 前者 110/35kV 的接线形式是 Yd 形接线, 后者是 Yy 形接线, 故不能并列运行。

(8) 电力系统中, 330kV 并联电抗器容量和台数的选择, 下面哪个因素可不考虑? (2011)

- (A) 限制工频过电压
- (B) 限制潜供电流
- (C) 限制短路电流
- (D) 无功平衡

▶ 答案: [C]

▶ 依据: 《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 9.6 节第 2 条: “超高压并联电抗器的位置和容量选择与很多因素有关。但应首先考虑限制工频过电压的需要, 并结合限制潜供电流、防止自励磁、同期并列以及无功补偿等方面的要求, 进行技术经济综合论证。”

(9) 当校验发电机断路器开断能力时, 下列哪条规定是错误的? (2011)

- (A) 应分别校核系统源和发电源在主弧触头分离时对称短路电流值
- (B) 应分别校核系统源和发电源在主弧触头分离时非对称短路电流值
- (C) 应分别校核系统源和发电源在主弧触头分离时非对称短路电流的直流分量
- (D) 在校核系统源对称短路电流时, 可不考虑厂用高压电动机的影响

▶ 答案: [D]

▶ 依据: 《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 9.3.6 条: “在校验发电机断路器开断能力时, 应分别校核系统源和发电源在主弧触头分离时对称短路电流值、非对称短路电流值及非对称短路电流的直流分量值; 在校核系统源对称短路电流时应考虑

厂用高压电动机的影响。”

(10) 在电力工程中, 对 TP 类电流互感器, 下列哪一级电流互感器的剩磁可以忽略不计? (2011)

- (A) TPS 级电流互感器 (B) TPX 级电流互感器
(C) TPY 级电流互感器 (D) TPZ 级电流互感器

► 答案: [D]

► 依据: TP 类 (TP 意为暂态保护) 电流互感器。

该类电流互感器的准确限值考虑一次电流中同时具有周期分量和非周期分量, 并按某种规定的暂态工作循环时的峰值误差来确定的。该类电流互感器适用于考虑短路电流中非周期分量暂态影响的情况。

TP 类保护用电流互感器是能满足短路电流具有非周期分量的暂态过程性能要求的保护用电流互感器。

根据《导体和电器选择设计技术规定》《DL/T 5222—2005》条文说明第 15.0.4 条, TP 类电流互感器分为以下级别并定义如下:

TPS 级: 低漏磁电流互感器, 其性能由二次励磁特性和匝数比误差限值规定。对剩磁无限制。

TPX 级: 准确限值规定为在指定的暂态工作循环中的峰值瞬时误差 ($\hat{\varepsilon}$)。对剩磁无限制。

TPY 级: 准确限值规定为在指定的暂态工作循环中的峰值瞬时误差 ($\hat{\varepsilon}$)。剩磁不超过饱和磁通的 10%。

TPZ 级: 准确限值规定为在指定的二次回路时间常数下, 具有最大直流偏移的单次通电时的峰值瞬时交流分量误差 ($\hat{\varepsilon}_{ac}$)。无直流分量误差限值要求。剩磁实际上可以忽略。

(11) 在中性点非直接接地电力系统中, 中性点电流互感器一次回路启动电流应按下列哪一条件确定? (2011)

- (A) 应按二次电流及保护灵敏度确定一次回路启动电流
(B) 应按接地电流确定一次回路启动电流
(C) 应按电流互感器准确限值系数确定一次回路启动电流
(D) 应按电流互感器的容量确定一次回路启动电流

► 答案: [A]

► 依据: 《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 15.0.9 条: “中性点非直接接地系统中, 中性点电流互感器由二次电流及保护灵敏度确定一次回路启动电流。”

2. 多项选择题

(1) 选择低压厂用变压器高压侧回路熔断器时, 下列哪些规定是正确的? (2012)

- (A) 熔断器应能承受低压侧电动机成组起动所产生的过电流
(B) 变压器突然投入时的励磁涌流不应损伤熔断器
(C) 熔断器对变压器低压侧的短路故障进行保护, 熔断器的最小开断电流低于预期短

路电流

(D) 熔断器按能承受变压器的额定电流的条件进行选择

▶ 答案: [A、B、C]

▶ 依据: 《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 17.0.1 条。

▶ 分析: 每条规定对应一个选项, 找到就能得分。

(2) 变电所中, 一台额定电流 630A 的 10kV 真空断路器, 可用于下列哪几种 10kV 三相电容器组? (2012)

(A) 10000kvar

(B) 8000kvar

(C) 5000kvar

(D) 3000kvar

▶ 答案: [B、C、D]

▶ 依据: 《35~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—1992) 第 3.7.3 条: “电容器装置的电器和导体的长期允许电流, 不应小于电容器组额定电流的 1.35 倍。”

若选 10000kvar 的电容器组, 则其长期允许载流量为

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{10000}{\sqrt{3} \times 10} \text{A} = 577\text{A}, 1.35 \times 577\text{A} = 779\text{A} > 630\text{A}$$

不符合要求。

若选 8000kvar 的电容器组, 则其长期允许载流量为

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{8000}{\sqrt{3} \times 10} \text{A} = 462\text{A}, 1.35 \times 462\text{A} = 623.7\text{A}$$

符合要求。

由此判断, 容量小于 8000kvar 的电容器组均符合要求。

分析: 本题若采用《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 5.1.3 条, 采用 1.3 倍电容器组的额定电流, 答案也对。《35~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—1992) 已经废止, 《35kV~110kV 变电站设计规范》(GB 50059—2011) 于 2012 年 8 月 1 日开始施行, 故 2012 年考试依据仍是老规范, 2013 年考试将以新规范为依据。

(3) 在选用电气设备时, 下面哪些内容是符合规程规定的? (2012)

(A) 选用电器的最高工作电压不应低于所在系统的系统最高电压

(B) 选用导体的长期允许电流不得小于该回路的额定电流

(C) 电器的正常使用环境条件规定为: 周围空气温度不高于 40℃, 海拔不超过 1000m

(D) 确定校验用短路电流应按系统发生最大短路电流的正常运行方式

▶ 答案: [A、C、D]

▶ 依据: 《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 5.0.1 条、5.0.2 条、5.0.3 条、5.0.4 条。根据第 5.0.2 条: “选用导体的长期允许电流不得小于该回路的持续工作电流”, 与 B 答案的说法不一致。

(4) 变电所中, 可以作并联电容器组泄能设备的是下列哪几种? (2012)

(A) 电容式电压互感器

(B) 电磁式电压互感器

(C) 放电器件

(D) 电流互感器

► 答案：[A、B、C]

► 依据：《并联电容器装置设计规范》（GB 50227—2008）第 5.6 条及条文说明。

► 分析：该条文说明指出，经过多年的设备制造发展和运行实践经验，放电线圈已经形成定型产品，采用电压互感器作为电容器组的放电器的情况已不存在。另外，根据《并联电容器装置设计规范》（GB 50227—2008）第 5.6.1 条，可以采用电压互感器作为放电器，但并没有特别指明是哪种类型（电容式、电磁式）的互感器。

（5）屋外配电装置的导体、套管、绝缘子和金具选择时，其安全系数的取值下列说法哪些是正确的？（2012）

- （A）套管在荷载长期作用时的安全系数不应小于 2.5
- （B）悬式绝缘子在荷载短时作用时对应于破坏荷载时的安全系数不应小于 2.5
- （C）软导体在荷载长期作用时的安全系数不应小于 4
- （D）硬导体对应于屈服点应力在荷载短时作用时的安全系数不应小于 1.67

► 答案：[A、C]

► 依据：《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）表 7.1.8。

► 分析：根据表 7.1.8 注 2 可知，硬导体的安全系数对应于屈服点，在荷载短时作用时的安全系数为 1.4。

（6）电力工程中，按冷却方式划分变压器的类型，下列哪几种是正确的？（2011）

- （A）自冷变压器、强迫油循环自冷变压器
- （B）风冷变压器、强迫油循环风冷变压器
- （C）水冷变压器、强迫油循环水冷变压器
- （D）强迫导向油循环风冷变压器、强迫导向油循环水冷变压器

► 答案：[A、B、D]

► 依据：《电力变压器选用导则》（GB/T 17468—2008）第 4.2 条：“变压器的类型按冷却方式可分为：自冷变压器、风冷变压器、强迫油循环自冷变压器、强迫油循环风冷变压器、强迫油循环水冷变压器、强迫导向油循环风冷变压器和强迫导向油循环水冷变压器。对于干式变压器采用空气自冷的冷却方式。”

（7）电力工程中，关于断路器选择，下列哪几种规定是正确的？（2011）

- （A）35kV 系统中电容器组回路宜选用 SF₆ 断路器或真空断路器
- （B）当断路器的两端为互不联系的电源时，断路器同极断口间的公称爬电比距与对地公称爬电比距之比一般取为 1.15~1.3
- （C）110kV 以上的系统，当电力系统稳定要求快速切除故障时，应选用分闸时间不大于 0.04s 的断路器
- （D）在 110kV 及以下的中性点非直接接地的系统中，断路器首相开断系数应取 1.3

► 答案：[A、B、C]

► 依据：根据《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 9.2.11 条，A 答案正确；根据第 9.2.13 条第 3 款，B 答案正确；根据第 9.2.7 条，C 答案正确；根据第 9.2.3

条：“在 110kV 及以下的中性点非直接接地的系统中，首相开断系数应取 1.5”。故 D 答案错误。

(8) 使用在 500kV 电力系统中的断路器在满足基本技术条件下，尚应根据其使用条件校验下列哪些开断性能？(2011)

- (A) 近区故障条件下的开合性能
- (B) 异相接地条件下的开合性能
- (C) 二次侧短路开断性能
- (D) 直流分量开断性能

▶ 答案：[A、B、C]

▶ 依据：《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 9.2.14 条。

(9) 电力工程中，普通限流电抗器的电抗百分值应按下列哪些条件选择和校验？(2011)

- (A) 将短路电流限制到要求值
- (B) 出线上的电抗器的电压损失不得大于母线额定电压的 6%
- (C) 母线分段电抗器不必校验短路时的母线剩余电压值
- (D) 装有无时限继电保护的出线电抗器，不必校验短路时的母线剩余电压值

▶ 答案：[A、C、D]

▶ 依据：根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 14.2.3 条，可知答案 A、C、D 正确。根据第 14.2.3 条第 2 款：正常工作时，电抗器的电压损失不得大于母线额定电压的 5%，对于出线电抗器，尚应计及出线上的电压损失，可知 B 答案错误。

(10) 电力工程中，变压器回路熔断器的选择规定，下列哪些是正确的？(2011)

- (A) 熔断器按能承受变压器的额定电流进行选择
- (B) 变压器突然投入时的励磁涌流不应损伤熔断器
- (C) 熔断器对变压器低压侧的短路故障进行保护，熔断器的最小开断电流应低于预期短路电流
- (D) 熔断器应能承受低压侧电动机成组起动所产生的过电流

▶ 答案：[B、C、D]

▶ 依据：根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 17.0.10 条，可知答案 B、C、D 正确。根据第 17.0.10 条第 1 款：“熔断器应能承受变压器的容许过负荷电流及低压侧电动机成组起动所产生的过电流”，故答案 A 错误。

3. 案例题

题 1：某火力发电厂，在海拔 1000m 以下，发电机变压器组单元接线如图 4-1 所示。设 i_1 、 i_2 分别为 d_1 、 d_2 点短路时流过 DL 的短路电流，已知远景最大运行方式下， i_1 的交流分量起始有效值为 36kA 不衰减，直流分量衰减时间常数为 45ms； i_2 的交流分量起始有效值为 3.86kA，衰减时间常数为 720ms，直流分量衰减时间常数为 260ms。请解答下列各题（计算题按最接近数值选项）。(2011)

(1) 若 220kV 断路器额定开断电流 50kA， d_1 或 d_2 点短路时主保护动作时间加断路器开断时间均为 60ms。请计算断路器应具备的直流分断能力及当 d_2 点短路时需要开断的短路电流直流分量百分数最接近下列哪组数值？

(A) 37.28%、86.28%

(B) 26.36%、79.3%

(C) 18.98%、86.28%

(D) 6.13%、26.36%

► 答案: [C]

► 解答过程: 1) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 9.2.5 条及条文说明。当断路器安装地点的短路电流直流分量不超过断路器额定短路开断电流的 20% 时额定短路开断电流仅由交流分量来表征, 不必校验断路器的直流分断能力; 短路电流中的直流分量是以断路器的额定短路开断电流值的 100% 核算的。

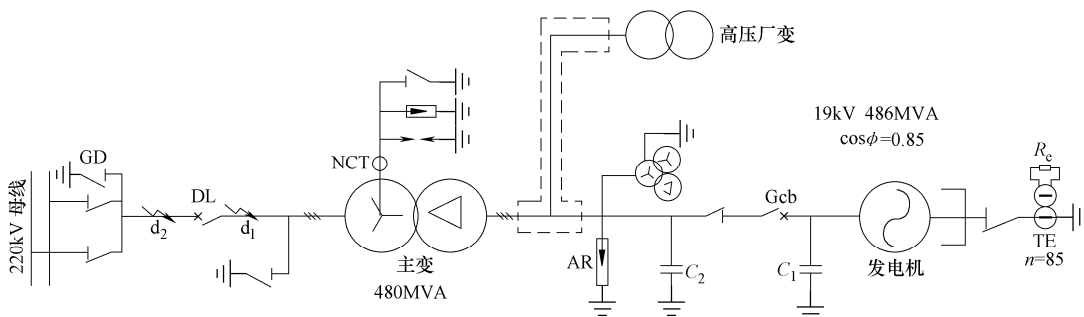


图 4-1 发电机变压器组单元接线

2) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 附录 F 式 (F.3.1-2)。显然 d_1 点的短路电流较大, 按 100% 断路器额定短路开断电流校验直流分断能力, 故有

$$\frac{36 \times \sqrt{2} \times e^{\left(-\frac{60}{45}\right)}}{50 \times \sqrt{2}} = 18.98\%$$

式中, 45ms 为直流分量衰减时间常数; 60ms 为主保护动作时间加断路器开断时间。

d_2 点短路时需要开断的短路电流直流分量百分比为

$$\frac{3.86 \times \sqrt{2} \times e^{\left(-\frac{60}{260}\right)}}{3.86 \times \sqrt{2} \times e^{\left(-\frac{60}{720}\right)}} = e^{\left(\frac{60}{720} - \frac{60}{260}\right)} = 86.28\%$$

式中, 260ms 为直流分量衰减时间常数, 720ms 为交流分量衰减时间常数。

(2) 试计算接地开关 GD 应满足的最小动稳定电流最接近下列哪项数值?

(A) 120kA

(B) 107kA

(C) 104kA

(D) 94kA

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 F.4.1 条式 (F.4.1-1) (不考虑周期分量的衰减, K_{ch} 取 1.85) 有

$$i_{ch} = \sqrt{2} K_{ch} I'' = \sqrt{2} \times 1.85 \times 36kA \approx 94kA$$

(3) 图中主变压器中性点回路 NCT 电流比宜选择下列哪项? 为什么?

(A) 100/5A

(B) 400/5A

(C) 1200/5A

(D) 4000/5A

► 答案: [B]

► 解答过程：根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005)第 15.0.6 条规定：“电力变压器中性点电流互感器的一次额定电流，应大于变压器允许的不平衡电流，一般可按变压器额定电流的 30% 选择。安装在放电间隙回路的电流互感器，一次额定电流可按 100A 选择。”可得：

$$I_g = \frac{S}{\sqrt{3}U_N} = \frac{480}{\sqrt{3} \times 220} \text{ kA} = 1.26 \text{ kA}$$

$$\Rightarrow 0.3I_g = 0.3 \times 1.26 \text{ kA} = 0.378 \text{ kA} = 378 \text{ A}$$

(4) 主变压器区域有一支 42m 高的独立避雷针，主变至 220kV 配电装置架空线在附近经过，高度为 14m。计算该避雷针与 220kV 架空线间的空间最小距离最接近下列哪项数值？(已知避雷针冲击接地电阻为 12Ω ，不考虑架空线风偏)

- (A) 1.8m (B) 3.0m (C) 3.8m (D) 4.6m

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997)第 7.1.11 条：“独立避雷针、避雷线与配电装置带电部分、发电厂和变电所电气设备接地部分、架构接地部分之间的空气中的距离，应符合式 (15) 的要求”，即

$$S_a \geq 0.2R_1 + 0.1h = (0.2 \times 12 + 0.1 \times 14) \text{ m} = 3.8 \text{ m}$$

(5) 已知每相对地电容： $C_1 = 0.13\mu\text{F}$ ， $C_2 = 0.26\mu\text{F}$ ，发电机定子绕组 $C_F = 0.45\mu\text{F}$ ；忽略封闭母线和变压器的电容。中性点接地变压器 TE 的电压比 $n=85$ 。请计算发电机中性点接地变压器二次侧电阻 R_e 的值最接近下列哪项？

- (A) 0.092Ω (B) 0.159Ω (C) 0.477Ω (D) 1149Ω

► 答案：[B]

► 解答过程：解法 1)：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (6-47) 可得

$$R \leq \frac{1}{N^2 \times 3\omega(C_{0f} + C_i)} \times 10^6 = \frac{1}{85^2 \times 3 \times 2 \times \pi \times 50 \times (0.45 + 0.13 + 0.26)} \times 10^6 \Omega = 0.175 \Omega$$

接近于 B 答案。

解法 2)：根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005)式 (18.2.5-4) 有

$$R_{N2} \leq \frac{U_N \times 10^6}{1.1 \times \sqrt{3} \times I_C \times n_\phi^2} = \frac{U_N \times 10^6}{1.1 \times \sqrt{3} \times \sqrt{3} \times U_N \times 2 \times \pi \times 50 \times (0.45 + 0.13 + 0.26) \times 85^2} \Omega = 0.159 \Omega$$

答案与 B 答案刚好吻合。综上所述，本题 B 为正确答案。

题 2：某 500kV 变电所中有 750MVA、500/220/35kV 主变压器两台。35kV 母线分列运行、最大三相短路容量为 2000MVA，是不接地系统。拟在 35kV 侧安装几组并联电容器组。请按各小题假定条件回答下列问题。(2011)

(1) 如本变电所每台主变压器 35kV 母线上各接有 100Mvar 电容器组，请计算电容器组投入运行后母线电压升高值为 ()。

- (A) 13.13kV (B) 7kV (C) 3.5kV (D) 1.75kV

► 答案：[D]

► **解答过程：**根据《并联电容器装置设计规范》（GB 50227—2008）第 5.2.2 条及条文说明知，并联电容器装置接入电网后引起的母线电压升高可按下式计算：

$$\Delta U_s = U_{s0} \frac{Q}{S_d} = 35 \times \frac{100}{2000} \text{ kV} = 1.75 \text{ kV}$$

（2）如本变电所安装的三相 35kV 电容器组，每组由单台 500kvar 电容器或 334kvar 电容器串、并联组合而成，采用双星形接线，每相的串联段是 2。请选择下列哪一种组合符合规程规定且单组容量较大？并说明理由。

- （A）每串联段 500kvar，7 台并联
- （B）每串联段 500kvar，8 台并联
- （C）每串联段 334kvar，10 台并联
- （D）每串联段 334kvar，11 台并联

► **答案：**[D]

► **解答过程：**根据《并联电容器装置设计规范》（GB 50227—2008）第 4.1.2 条第 3 款知，每个串段的电容器并联总容量不应超过 3900kvar，故首先可以排除 B。

如果选择 A，则总容量为 $7 \times 2 \times 2 \times 500 \times 3 \text{ kvar} = 42000 \text{ kvar} = 42 \text{ Mvar}$

如果选择 C，则总容量为 $10 \times 2 \times 2 \times 334 \times 3 \text{ kvar} = 40080 \text{ kvar} \approx 40 \text{ Mvar}$

如果选择 D，则总容量为 $11 \times 2 \times 2 \times 334 \times 3 \text{ kvar} = 44088 \text{ kvar} \approx 44 \text{ Mvar}$

又根据第 3.0.3 条及条文说明规定：电容器分组容量，应根据加大单组容量、减少组数的原则确定。按加大单组容量，减少组数的原则，单组容量最大的为 D 答案，符合规范规定。

► **分析：**《并联电容器装置设计规范》（GB 50227—2008）为最新规范，在原有 GB50227—1993 的基础上又做了修订，答题时应该按这个规范作答。

（3）如本变电所安装的四组三相 35kV 电容器组。每组串 5% 的电抗器，每台主变压器装两组，下列哪一种电容器组需考虑对 35kV 母线短路容量的助增作用？并说明理由。

- （A）35000kvar
- （B）40000kvar
- （C）45000kvar
- （D）60000kvar

► **答案：**[D]

► **解答过程：**根据《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）附录 F 的 F.7 条：“下列情况可不考虑并联电容器组对短路电流的影响：

- 1) 短路点在出线电抗器后；
- 2) 短路点在主变压器高压侧；
- 3) 不对称短路；

4) 对于采用 5%~6% 串联电抗器的电容器装置 $\frac{Q_C}{S_d} < 5\%$ 时；对于采用 12%~13% 串联

电抗器的电容器装置 $\frac{Q_C}{S_d} < 10\%$ 时。”

对于本题： $\frac{Q_C}{S_d} < 5\% \Rightarrow Q_C < 5\% \times S_d = \frac{5}{100} \times 2000 \text{ Mvar} = 100 \text{ Mvar} = 100000 \text{ kvar}$

由题目可知，每台变压器装两组，故每组电容器的容量最大为

$$\frac{100000}{2} \text{ kvar} = 50000 \text{ kvar}$$

故应选 D 为正确答案。

(4) 如本变电所安装的三相 35kV 电容器组, 每组由 48 台 500kvar 电容器串、并联组合而成, 每组容量 24000kvar。如图 4-2~图 4-5 所示的几种接线方式中, 哪一种是可采用的? 并说明理由。(500kvar 电容器有内熔丝)

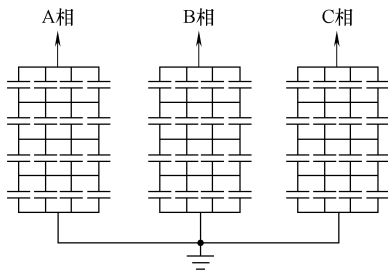


图 4-2 单星形接线, 每相 4 并 4 串

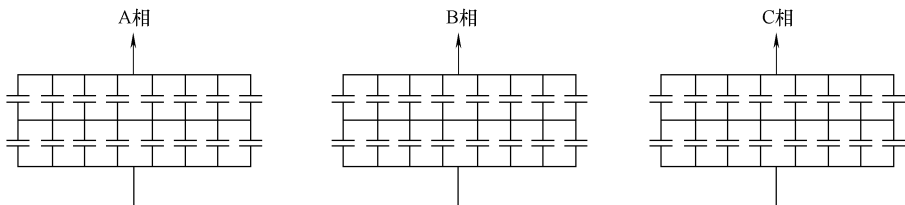


图 4-3 单星形接线, 每相 8 并 2 串

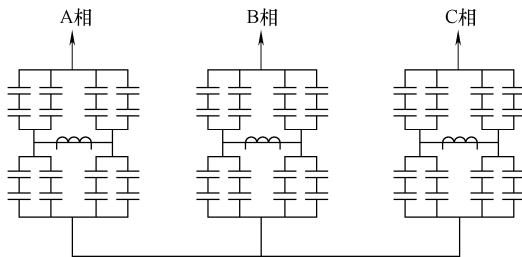


图 4-4 单星形接线, 每相 4 并 4 串, 桥差接线

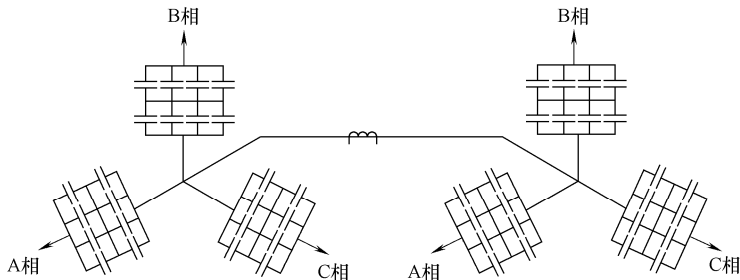


图 4-5 双星形接线, 每相 4 并 2 串

- (A) 单星形接线，每相 4 并 4 串
- (B) 单星形接线，每相 8 并 2 串
- (C) 单星形接线，每相 4 并 4 串，桥差接线
- (D) 双星形接线，每相 4 并 2 串

► 答案：[D]

► 解答过程：1) 根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 4.1.2 条第 1 款：“在中性点非直接接地的电网中，星形接线电容器组的中性点不应接地”，故可首先排除 A 答案。

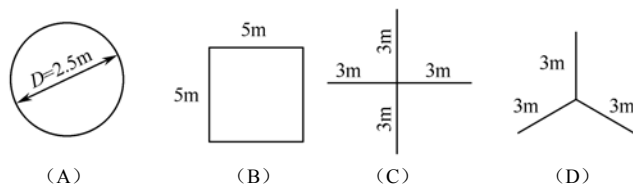
2) 根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 4.1.2 条第 3 款：“每个串联段的电容器并联总容量不超过 3900kvar。”故可以排除 B 答案。

3) 根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 4.1.2 条第 2 款：“并联电容器组的每相或每个桥臂，由多台电容器串联组合连接时，宜采用先并联后串联的连接方式。”故可以排除 C 答案。

4) 根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 4.1.2 条第 1 款：“并联电容器应采用星形接线。在中性点非直接接地的电网中，星形接线电容器组的中性点不应接地。”故答案为 D。

► 分析：电容器组宜采用单星形接线或双星形接线。低压电容器或电容器组，可采用三角形接线或中性点不接地的星形接线方式。单星形接线与双星形接线比较，前者具有接线简单，布置清晰，串联电抗器接在中性点侧只需一台，没有发生对称故障的可能。因此，电容器组接线要先考虑采用单星形接线，其次再考虑采用双星形接线。

(5) 假设站内避雷针的独立接地装置采用水平接地极，水平接地极采用直径为 $\phi 10\text{mm}$ 的圆钢，埋深 0.8m，土壤电阻率为 $100\Omega\cdot\text{m}$ ，要求接地电阻不大于 10Ω 。请计算当接地装置采用下列哪种形状时，能满足接地电阻不大于 10Ω 的要求？



► 答案：[B]

► 解答过程：根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 A 式 (A2)，对于 (A) 图有

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{L^2}{hd} + A \right) = \frac{100}{2\pi \times \pi \times 2.5} \left[\ln \frac{(\pi \times 2.5)^2}{0.8 \times 0.01} + 0.48 \right] \Omega = 19.11 \Omega > 10 \Omega$$

对于 (B) 图有

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{L^2}{hd} + A \right) = \frac{100}{2\pi \times 20} \left(\ln \frac{20^2}{0.8 \times 0.01} + 1 \right) \Omega = 9.41 \Omega < 10 \Omega$$

满足要求。

► 分析：对于（C）图、（D）图的分析方法也是一样的。

题 3：某 220kV 变电所，所址环境温度 35℃，大气污秽Ⅲ级，海拔 1000m，所内的 220kV 设备用普通敞开式电器，户外中型布置，220kV 配电装置为双母线，母线三相短路电流为 25kA，其中一回接线如图 4-6 所示，最大输送功率为 200MVA，回答下列问题。（2010）

（1）此回路断路器、隔离开关持续电流为（ ）。

（A）52.487A （B）524.87A （C）787.3A （D）909A

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 6-1 节表 6-3，回路持续工作电流为线路最大负荷电流，即

$$I_g = \frac{S}{\sqrt{3}U_e} = \frac{200 \times 1000}{\sqrt{3} \times 220} \text{A} = 524.87 \text{A}$$

根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 6-1 节二、2：选用的电器额定电流 I_e 不得低于所在回路在各种可能运行方式下的持续工作电流 I_g ，即 $I_e \geq I_g = 524.87 \text{A}$ ，故本题应该选 B 为正确答案。

（2）如果此回路是系统联络线，采用 LW12-220 SF₆ 单断口瓷柱式断路器，请计算瓷套对地爬电距离和断口间爬电距离不低于哪项？

（A）500cm 550cm （B）630cm 630cm
（C）630cm 756cm （D）756cm 756cm

► 答案：[C]

► 解答过程：1) 根据《高压架空线路和发电厂、变电所环境污区分级及外绝缘选择标准》(GB/T 16434—1996)表 2 知， $\lambda = 2.5 \text{cm/kV}$ ，瓷套对地爬电距离 $L = \lambda U_m = 2.5 \times 252 \text{cm} = 630 \text{cm}$ 。

2) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005)第 9.2.13 条规定，当断路器起联络作用时，其断口的公称爬电比距与对地公称爬电比距之比，应选取较大的数值，一般不低于 1.2，即该 SF₆ 单断口瓷柱式断路器断口间爬电距离 $L_1 \geq 1.2L = 1.2 \times 630 \text{cm} = 756 \text{cm}$ 。

► 分析：《高压架空线路和发电厂、变电所环境污区分级及外绝缘选择标准》(GB/T 16434—1996)已经被 2011 年 7 月 1 日起开始施行的《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 1 部分：定义、信息和一般原则》(GB/T 26218.1—2010)、《污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 2 部分：交流系统用瓷和玻璃绝缘子》(GB/T 26218.2—2010)两个标准所替代。本题为 2010 年考题，仍使用老标准作为答题依据。

（3）如某回路 220kV 母线隔离开关选定额定电流为 1000A，它应具备切母线环流能力是：当开合电压 300V，开合次数 100 次，其开断电流应为哪项？

（A）500A （B）600A （C）800A （D）1000A

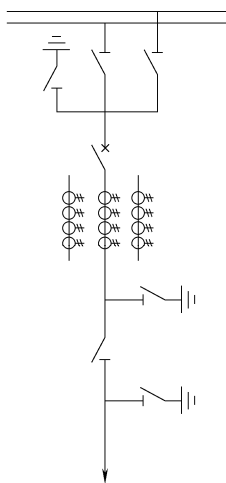


图 4-6 一回接线

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 11.0.9 条及条文说明：“对一般隔离开关的开断电流为 $0.8I_n$ （ I_n 为产品的额定电流），开合次数 100 次，开合电压为

10kV 级产品 -50V；

(35~110)kV 级产品 -100V；

220kV 级以上产品 -300V、400V。”

本题中，开断电流取 $0.8I_n = 0.8 \times 1000A = 800A$ 。

► 分析：有时候答案来自条文说明，对重要规范还需要仔细阅读条文说明。

(4) 如 220kV 的母线隔离开关选用单柱垂直开启式，则在分闸状态下动静触头的最小电气距离不小于 ()。

(A) 1800mm (B) 2000mm (C) 2550mm (D) 3800mm

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）第 7.3.3 条规定，单柱垂直开启式隔离开关在分闸状态下，动静触头间的最小电气距离不应小于配电装置的最小安全净距 B_1 值。根据表 8.1.1 得 $B_1 = 2550m$ ，故本题选 C。

(5) 220kV 变电所远离发电厂，220kV 母线三相短路电流为 25kA，220kV 配电设备某一回路电流互感器的一次额定电流为 1200A，请计算电流互感器的动稳定倍数应大于 ()。

(A) 53 (B) 38 (C) 21 (D) 14.7

► 答案：[B]

► 解答过程：1) 根据《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）附录 F.4 式 (F.4.1-1) 有 $i_{ch} = \sqrt{2}K_{ch}I'' = \sqrt{2} \times 1.80 \times 25kA = 63.64kA$ ，式中冲击系数 K_{ch} 的选择是根据表 F.4.1，对短路点远离发电厂的地点，冲击系数的推荐值是 1.8。

2) 根据《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 15.0.1 条的条文说明知，动稳定校验的内容有二：一是校验冲击电流倍数应等于或小于制造部门给出的允许动稳定倍数，这是校验短路电流作用在电流互感器内部的力。校验按下式计算：

$$K_d \geq \frac{i_{ch}}{\sqrt{2}I_n} = \frac{63.64 \times 1000}{\sqrt{2} \times 1200} = 37.5 \approx 38$$

题 4：220kV 变电所，一期 $2 \times 180MVA$ 主变，远景 $3 \times 180MVA$ 主变。三相有载调压，三相容量分别为 180/180/90，YNynd11 接线。调压 $230 + (+8 \sim -8) \times 1.25\% / 117kV / 37kV$ ，百分电抗 $X_{1高} = 14$ ， $X_{1高低} = 23$ ， $X_{1中低} = 8$ ，要求一期建成后，任一主变停役，另一台主变可保证承担负荷的 75%，220kV 正序电抗标幺值为 0.0068（设 $S_B = 100MVA$ ），110kV、35kV 侧无电源。（2009）

(1) 正序阻抗标幺值 $X_{1高}$ 、 $X_{1中}$ 、 $X_{1低}$ 最接近 ()。

(A) 0.1612 -0.0056 0.0944

- (B) 0.0806 -0.0028 0.0472
(C) 0.0806 -0.0028 0.0944
(D) 0.2611 -0.0091 0.1529

► 答案: [B]

► 解答过程:

$$\begin{aligned}
 U_{k1}\% &= \frac{1}{2}(U_{k(1-2)}\% + U_{k(3-1)}\% - U_{k(2-3)}\%) = \frac{1}{2} \times (14 + 23 - 8) = 14.5 \\
 U_{k2}\% &= \frac{1}{2}(U_{k(1-2)}\% + U_{k(2-3)}\% - U_{k(3-1)}\%) = \frac{1}{2} \times (14 + 8 - 23) = -0.5 \\
 U_{k3}\% &= \frac{1}{2}(U_{k(2-3)}\% + U_{k(3-1)}\% - U_{k(1-2)}\%) = \frac{1}{2} \times (8 + 23 - 14) = 8.5 \\
 X_1 &= \frac{U_{k1}\% S_j}{100 S_e} = \frac{14.5}{100} \times \frac{100}{180} = 0.0806 \\
 X_2 &= \frac{U_{k2}\% S_j}{100 S_e} = \frac{-0.5}{100} \times \frac{100}{180} = -0.0028 \\
 X_3 &= \frac{U_{k3}\% S_j}{100 S_e} = \frac{8.5}{100} \times \frac{100}{180} = 0.0472
 \end{aligned}$$

(2) 35kV 侧断路器额定电流最小选取 ()。

- (A) 1600A (B) 2500A (C) 3000A (D) 4000A

► 答案: [C]

► 解答过程: 1) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 9.2.1 条: “断路器的额定电流应大于运行中可能出现的任何负荷电流”。为此, 应先求出 35kV 侧变压器回路持续工作电流。

2) 题目要求一期建成后, 任一主变停役, 另一台主变可保证承担负荷的 75%, 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 6-3, 变压器回路的持续工作电流取 1.75 倍变压器额定电流, 即有

$$I_g = \frac{1.75 \times 90 \times 1000}{\sqrt{3} \times 35} \text{A} = 2598 \text{A}$$

故本题选 C。

(3) 计算 110kV 隔离开关动热稳定参数, 最小可用 (仅考虑三相短路)?

- (A) 热稳定 25kA, 动稳定 63kA
(B) 热稳定 31.5kA, 动稳定 80kA
(C) 热稳定 31.5kA, 动稳定 100kA
(D) 热稳定 40kA, 动稳定 100kA

► 答案: [A]

► 解答过程: 先画出系统电抗图, 如图 4-7 所示。

$$I_j = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_j} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 115} \text{kA} = 0.502 \text{kA}$$

$$I'' = \frac{I_j}{X} = \frac{0.502}{\frac{0.0806 - 0.0028}{+0.0068}} \text{ kA} = \frac{0.502}{0.0327} \text{ kA} = 15.34 \text{ kA}$$

$$K_{ch} = 1.8, i_{ch} = \sqrt{2} K_{ch} I'' = 2.55 \times 15.34 \text{ kA} = 39.1 \text{ kA}$$

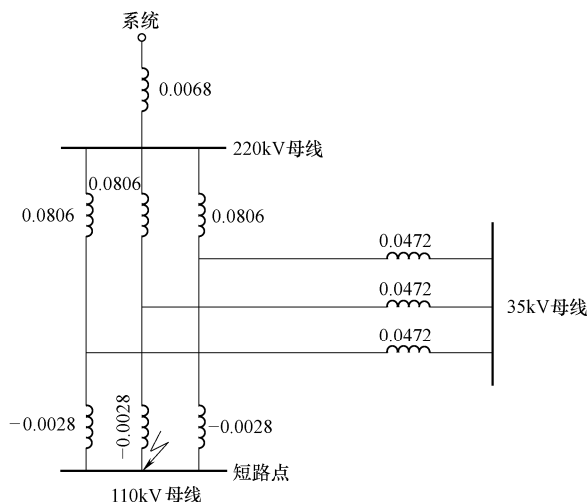


图 4-7 系统电抗图

故本题选 A。

(4) 站用变选择 37 (1±5%) / 0.4kV, 630kVA, $U_d=6.5\%$ 的油浸变。站用变低压屏电源进线额定电流和延时开断能力为 ()。

- (A) 800A 16 I_e (B) 1000A 12 I_e (C) 1250A 12 I_e (D) 1500A 8 I_e

答案: [B]

解答过程: 根据《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 表 D2 或者根据式 (D1) 计算, 有

$$I'' = \frac{U}{\sqrt{3} \times \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times \sqrt{4.096^2 + 17.159^2}} \text{ kA} = 13.1 \text{ kA}$$

查表 D2 得变压器的额定电流 $I_e = 0.909 \text{ kA}$, 根据表 F2, 过电流脱扣器的灵敏度按下式进行计算:

$$\frac{I_d}{I_z} \geq 1.5 \Rightarrow I_z \leq \frac{I_d}{1.5} = \frac{13100}{1.5} \text{ A} = 8733.33 \text{ A}$$

$$\frac{I_z}{I_e} = \frac{8733}{909} = 9.6$$

综上所述, 本题的答案应该为 B。

(5) 35kV 母线电压互感器高压熔断器, 必须按照技术要求 () 选择。

- (A) 额定电压、开断电流 (B) 工频耐压、开断电流
(C) 额定电压、额定电流、开断电流 (D) 额定电压、开断电流、开断时间

答案: [A]

► 解答过程：1) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 6-3，对变压器回路，回路持续工作电流为 1.05 倍变压器额定电流，即

$$I_g = \frac{1.05 S_N}{\sqrt{3} U_N} = \frac{1.05 \times 20 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 38.5} \text{A} = 315 \text{A}$$

故断路器额定电流可选 630A、1000A。

2) 求断路器的额定短时耐受电流及短路持续时间的额定值，为此先画出系统电抗图，如图 4-8 所示。

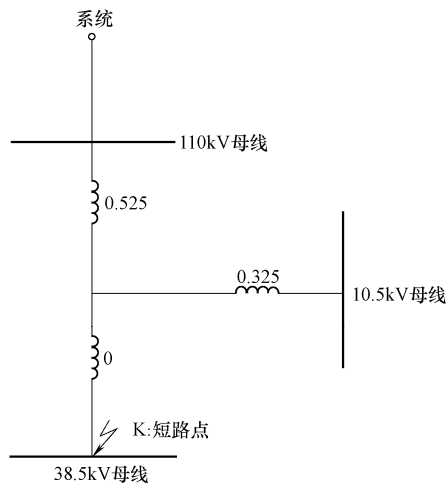


图 4-8 系统电抗图

现在 K 点短路，则短路电流为

$$I_j = \frac{S_j}{\sqrt{3} U_j} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 38.5} \text{kA} = 1.5 \text{kA}$$

$$I'' = \frac{I_j}{X} = \frac{1.5}{0.525} \text{kA} = 2.86 \text{kA}$$

3) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 附录 F 式 (F.4.1-1)，冲击电流为 $i_{ch} = \sqrt{2} \times K_{ch} I'' = \sqrt{2} \times 1.8 \times 2.86 \text{kA} = 7.3 \text{kA}$ ，根据该规范第 9.2.6 条，断路器的额定关合电流，不应小于短路电流最大冲击值。

4) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 9.2.4 条，断路器的额定短时耐受电流等于额定短路开断电流，其持续时间在 110kV 及以下为 4s，在 220kV 及以上为 2s。故本题选 D。

► 分析：断路器的选择条件为

1) 额定电压和电流选择 $U_N \geq U_{SN}, I_N \geq I_{max}$

2) 开断电流选择： $I_{Nbr} \geq I''$

3) 短路关合电流选择： $I_{Ncl} \geq i_{ch}$

4) 进行动热稳定的计算。

题 6：500kV 线路，充电功率为 170Mvar，工频过电压到 $1.39U_e$ 需要并联电抗器限制

工频过电压，并在其中性点连接小电抗器补偿相应电容。（2008）

（1）如果补偿取 70%，则在此线路装 500kV 并联电抗容量应取（ ）。

- （A）180 （B）150 （C）120 （D）90

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式（9-50）有

$$Q_L = K_1 Q_C = 0.7 \times 170 \text{ Mvar} = 119 \text{ Mvar}$$

（2）在此线路上装 500kV 并联电抗器的伏安特性曲线的拐点电压需大于下列何值？

- （A） $1.2U_e$ （B） $1.3U_e$ （C） $1.4U_e$ （D） $1.5U_e$

► 答案：[D]

► 解答过程：由《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 9-35，在我国 500kV 并联电抗器的拐点电压为 $1.5U_e$ 。

题 7：某工厂的供电系统如图 4-9 所示，有两台 50MVA，110/10kV 变压器，阻抗电压为 $U_K\% = 10.5$ ，并列运行，接入 110kV 电网系统，系统短路容量 $S_s'' = \infty$ 。送出线上装设限流电抗器，正常通过电抗器的负荷电流为 0.8kA，功率因数 $\cos\varphi = 0.8$ ，取 $S_j = 100\text{MVA}$ 。

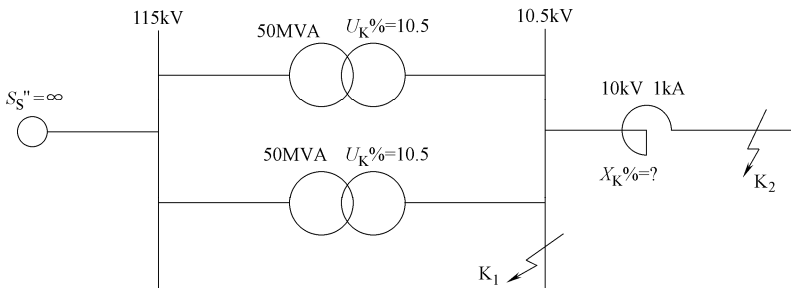


图 4-9 某工厂的供电系统

（1） K_1 点的三相短路电流周期分量有效值 I_K'' 为（ ）。

- （A）26.19kA （B）87.24kA （C）43.62kA （D）52.38kA

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 4-2、式（4-20），系统电抗图如图 4-10 所示。

$$x_1 = x_2 = x_{*d} = \frac{U_d \% S_j}{100 S_e} = \frac{10.5}{100} \times \frac{100}{50} = 0.21$$

$$x_3 = \frac{x_{*d}}{2} = \frac{0.21}{2} = 0.105$$

$$I_K'' = \frac{I_j}{x_3} = \frac{100}{\frac{\sqrt{3} \times 10.5}{0.105}} = \frac{5.5}{0.105} \text{ kA} = 52.38 \text{ kA}$$

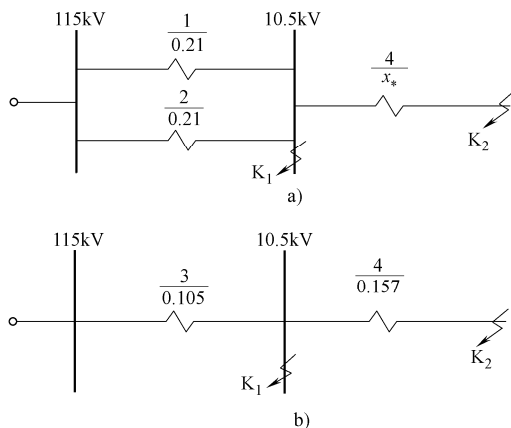


图 4-10 系统电抗图

(2) 现想将 K_2 点的三相短路电流 I_K'' 限制到最大允许值 25kA, 则出线上装设限流电抗器的 $x_K\%$ 为 ()。

- (A) 3% (B) 4% (C) 5% (D) 6%

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (6-14)、式 (6-15),

依题意有 $x_K\% \geq \left(\frac{I_j}{I^*} - X_{*j} \right) \frac{I_{ck} U_j}{U_{ek} I_j} \times 100\% = \left(\frac{5.5}{25} - 0.105 \right) \times \frac{1 \times 10.5}{10 \times 5.5} \times 100\% = 2.2\%$, 故选电抗

百分值为 3% 的电抗器。

(3) 根据上述所选电抗器后, K_2 点的三相短路电流周期分量有效值 I_K'' 被限制到 ()。

- (A) 17.49kA (B) 14.99kA (C) 21kA (D) 13.12kA

► 答案: [C]

► 解答过程:

$$\therefore x_4 = x_{*K} = \frac{x_K\% U_{ek} I_j}{100 I_{ck} U_j} = \frac{3}{100} \times \frac{10 \times 5.5}{1 \times 10.5} = 0.157$$

$$\therefore I_K'' = \frac{I_j}{x_3 + x_4} = \frac{5.5}{0.105 + 0.157} \text{ kA} = 21 \text{ kA}$$

(4) K_2 点三相短路时 10kV 母线的剩余电压为 ()。

- (A) 73.5% (B) 63% (C) 84% (D) 52.5%

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (6-17):

$$u_y\% = x_K\% \frac{I''}{I_{ck}} = 3\% \times \frac{21}{1} = 63\%$$

(5) 限流电抗器上通过正常负荷电流时的电压损失为()。

- (A) 1.92% (B) 2.4% (C) 2.88% (D) 1.44%

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式(6-16):

$$\Delta u\% = x_K\% \frac{I_g}{I_{ek}} \sin\varphi = 3\% \times \frac{0.8}{1} \times 0.6 = 1.44\%$$

第五章 导体及电缆的设计选择

一、大纲要求 ★★★

- 1) 掌握导体的选择及设计要求;
- 2) 熟悉电缆的选择;
- 3) 掌握电缆敷设设计要求。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 20 分,其中专业知识占 8 分左右,案例占 12 分左右。考点分布较广,考试题目有一定难度。答题依据主要有《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第八章、《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005)、《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007)。重点考查导体选择及设计、电缆选择、电缆敷设设计等内容。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

(1) 某 220kV 变电站的控制电缆的绝缘水平选用下列哪种是经济合理的? (2012)

- (A) 110/220V (B) 220/380V (C) 450/750V (D) 600/1000V

答案: [C]

依据:《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007)第 3.3.5 条第 2) 款规定,220kV 及以上高压配电装置敷设的控制电缆,绝缘水平应选用 450/750V。

(2) 某变电站 10kV 回路工作电流为 1000A,采用单片规格为 80×8 的铝排进行无镀层接头接触面,请问下列搭接处的电流密度哪一项是经济合理的? (2012)

- (A) 0.078A/mm² (B) 0.147A/mm² (C) 0.165A/mm² (D) 0.226A/mm²

答案: [D]

依据:《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005)表 7.1.10。

$$\begin{aligned} J_{\text{Al}} &= 0.78 J_{\text{Cu}} = 0.78 \times [0.31 - 1.05 \times (I - 200) \times 10^{-4}] \\ &= 0.78 \times [0.31 - 1.05 \times (1000 - 200) \times 10^{-4}] \text{A/mm}^2 \\ &= 0.176 \text{A/mm}^2 \end{aligned}$$

分析:若是铜-铜接头,则刚好为 D 答案,考虑到经济电流密度选出来的导体一般截面偏大,故经济电流密度选大一些。

(3) 在变电站或发电厂的设计中, 作为载流导体的钢母线适合于下列哪种场合? (2012)

- (A) 持续工作电流较大的场合
- (B) 对铝有严重腐蚀的重要场合
- (C) 额定电流小而短路电动力较大的场合
- (D) 大型发电机出线端部

▶ 答案: [C]

▶ 依据:《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 7.1.3 条:“钢母线只在额定电流小而短路电动力大或不重要的场合使用。”

(4) 关于电缆支架选择, 以下哪项是不正确的? (2012)

- (A) 工作电流大于 1500A 的单芯电缆支架不宜选用钢制
- (B) 金属制的电缆支架应有防腐处理
- (C) 电缆支架的强度, 应满足电缆及其附件荷重和安装维护的受力可能短暂上人时, 计入 1000N 的附加集中荷载
- (D) 在户外时, 计入可能有覆冰、雪和大风的附加荷载

▶ 答案: [C]

▶ 依据:《电力工程电缆设计规范》(DL/T 50217—2007) 第 6.2.2 条:“电缆支架除支持工作电流大于 1500A 的交流系统单芯电缆外, 宜选用钢制”, 故 A 答案正确; 第 6.2.3 条:“金属制的电缆支架应有防腐处理”, 故 B 答案正确; 第 6.2.4 条:“电缆支架的强度, 应满足电缆及其附件荷重和安装维护的受力要求, 且应符合下列规定: 1) 有可能短暂上人时, 计入 900N 的附加集中荷载”, 故 C 答案错误; 第 6.2.4 条第 3 款:“在户外时, 计入可能有覆冰、雪和大风的附加荷载”, 故 D 答案正确。

(5) 验算某 110kV 终端变电站管母线短路动稳定时, 若已知母线三相短路电流, 请问冲击系数 K_{ch} 推荐值应选下列哪个数值? (2011)

- (A) 1.9
- (B) 1.8
- (C) 1.85
- (D) 2.55

▶ 答案: [B]

▶ 依据:《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 表 F.4.1: 因终端变远离发电厂, 故取 $K_{ch}=1.8$ 。

(6) 变电所中, 支柱绝缘子的力学安全系数, 在荷载长期作用下和短时作用下, 应是下列哪一项? (2011)

- (A) 45、2.5
- (B) 2.0、1.67
- (C) 1.6、1.4
- (D) 2.5、1.67

▶ 答案: [D]

▶ 依据:《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 第 7.1.8 条及表 7.1.8:“支柱绝缘子在荷载长期作用时和荷载短时作用时的安全系数分别为 2.5 和 1.67”。

(7) 发电厂、变电所中, 选择屋外导体的环境条件, 下列哪一条是不正确的? (2011)

- (A) 发电机引出线的封闭母线可不校验日照的影响

- (B) 发电机引出线的组合导线应校验日照的影响
- (C) 计算导体日照的附加温升时，日照强度取 $0.1\text{W}/\text{cm}^2$
- (D) 计算导体日照的附加温升时，风速取 $0.5\text{m}/\text{s}$

► 答案：[B]

► 依据：《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 6.0.3 条：“选择屋外导体时，应考虑日照影响。对于按经济电流密度选择的屋外导体，如发电机引出线的封闭母线、组合导线等，可不校验日照的影响；计算导体日照的附加温升时，日照强度取 $0.1\text{W}/\text{cm}^2$ ，风速取 $0.5\text{m}/\text{s}$ ”。

(8) 某变电所中， 10kV 户内配电装置的主母线工作电流是 2000A ，主母线选用矩形铝母线、平放。按正常工作电流双片铝排最小应选为（ ）。(海拔为 900m ，最热月平均最高温度为 $+25^\circ\text{C}$) (2011)

- (A) $2 \times (100 \times 6.3\text{mm}^2)$
- (B) $2 \times (100 \times 8\text{mm}^2)$
- (C) $2 \times (100 \times 10\text{mm}^2)$
- (D) $2 \times (125 \times 8\text{mm}^2)$

► 答案：[B]

► 依据：1) 《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 6.0.2 条：“对于安装在屋内的裸导体，环境最高温度应取该处的通风设计温度。当无资料时，可取最热月平均最高温度加 5°C ”。本题中已知最热月平均最高温度为 25°C ，故环境最高温度应取 30°C 。2) 根据《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）表 D.11：“对屋内矩形导体海拔 900m ，环境温度为 30°C 的裸导体载流量在不同海拔及环境温度下的综合校正系数为 0.94 ”。根据表 D.9 选择 $2 \times (100 \times 8\text{mm}^2)$ 的平放矩形导体即可满足要求。

(9) 在电力电缆工程中，以下 10kV 电缆哪一种可采用直埋敷设？(2011)

- (A) 地下单根电缆与市政公路交叉且不允许经常破路的地段
- (B) 地下电缆与铁路交叉地段
- (C) 同一通路少于 6 根电缆，且不经常性开挖的地段
- (D) 有杂散电流腐蚀的土壤地段

► 答案：[C]

► 依据：《电力工程电缆设计规范》（GB 50217—2007）第 5.2.2 条：“同一通路少于 6 根的 35kV 及以下电力电缆，在厂区通往远距离辅助设施或城郊等不易经常性开挖的地段，宜采用直埋”。

(10) 某变电所的 500kV 户外配电装置中选用了 $2 \times \text{LGJT}-1400$ 双分裂软导线，其中一间隔的架空双分裂软导线跨距长 63m ，临界接触区次档距长 16m 。此跨距中架空导线的间隔棒间距不可选（ ）。(2011)

- (A) 16m
- (B) 20m
- (C) 25m
- (D) 30m

► 答案：[A]

► 依据：《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 7.2.2 条：“在确定分裂导线间隔棒的间距时，应考虑短路动态拉力的大小、时间对构架和电器接线端子的影

响，避开动态拉力最大值的临界点。对架空导线间隔棒的间距可取较大的数值”。

(11) 某变电所中有一台交流金属封闭开关柜，其内装母线在环境温度 40℃ 时的允许电流为 1200A，当柜内空气温度为 50℃ 时，母线的允许电流应为下列的哪个值？(2011)

- (A) 958A (B) 983A (C) 1006A (D) 1073A

► 答案：[D]

► 依据：《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 13.0.5 条：“当环境温度高于 40℃ 时，开关柜内的电器应按 5.0.3 条的要求降容使用，” 母线允许电流可按下式计算：

$$I_{50} = I_{40} \sqrt{\frac{40}{t}} = 1200 \times \sqrt{\frac{40}{50}} \text{ A} = 1073 \text{ A}$$

► 分析：本题有陷阱，根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 5.0.3 条有 $I = 1200 \times [1 - (50 - 40) \times 1.8\%] \text{ A} \approx 983 \text{ A}$ ，则答案为 B。但第 13.0.5 条直接给出了母线允许电流计算公式，故应按 13.0.5 条作为答题依据。

2. 多项选择题

(1) 某电影院以 10kV 三芯电缆供电，10kV 配电室位于二楼。请问可以选用下列哪几种电缆外护层？(2012)

- (A) 聚氯乙烯 (B) 聚乙烯 (C) 乙丙橡皮 (D) 交联聚乙烯

► 答案：[B、C]

► 依据：《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 第 3.5.1 条第 3 款：“在人员密集的公共设施，以及有低毒阻燃性防火要求的场所，可选用聚乙烯或乙丙橡皮等不含卤素的外护层。”

(2) 在电力系统中，下列哪些叙述符合电缆敷设要求？(2012)

- (A) 电力电缆采用直埋方式，在地下煤气管道正上方 1m 处
(B) 在电缆沟内，电力电缆与热力管道的最小平行距离为 1m
(C) 35kV 电缆采用水平明敷时，在直线段每隔不少于 100m 处宜有固定措施
(D) 电缆支架除支持工作电流大于 1500A 的交流系统单芯电缆外，宜选用钢制

► 答案：[C、D]

► 依据：《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 第 5.3.5 条：“直埋敷设的电缆，严禁位于地下管道的正上方或正下方”，故 A 答案错误；表 5.3.5，电缆与热力管沟容许最小距离平行敷设时为 2m，特殊情况下，减小值不得大于 50%，故 B 答案错误；第 6.1.3 条：“35kV 及以下电缆明敷时，应设置适当固定的部位，并应符合下列规定：水平敷设，应设置在电缆线路首、末端和转弯处以及接头的两侧，且宜在直线段每隔不少于 100m 处”，故 C 答案正确；第 6.2.2 条：“电缆支架除支持工作电流大于 1500A 的交流系统单芯电缆外，宜选用钢制”，故 D 答案正确。

(3) 电力工程中，常用电缆的绝缘类型选择，下列哪些规定是正确的？(2011)

- (A) 低压电缆宜选用聚氯乙烯或交联聚乙烯型挤塑绝缘类型

- (B) 中压电缆宜选用交联聚乙烯绝缘类型
- (C) 高压交流系统中，宜选用交联聚乙烯绝缘类型
- (D) 直流输电系统宜选用普通交联聚乙烯型电缆

► 答案：[A、B、C]

► 依据：根据《电力工程电缆设计规范》(DL/T 50217—2007) 第 3.4.2 条第 1 款可知 A、B 答案正确；根据第 3.4.2 条第 2 款可知 C 答案正确；根据第 3.4.2 条第 3 款可知直流输电系统不宜选用普通交联聚乙烯型电缆，故 D 答案错误。

(4) 电力工程中，防腐型铝绞线一般应用在以下哪些区域？（2011）

- (A) 在空气中含盐量较大的沿海地区
- (B) 周围气体对铝有明显腐蚀的场所
- (C) 变电所内母线
- (D) 变电所 2km 进线范围内

► 答案：[A、B]

► 依据：《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 7.2.3 条：“在空气含盐量较大的沿海地区或周围气体对铝有明显腐蚀的场所，宜选用防腐型铝绞线或钢绞线。”

(5) 某变电所中，10kV 户内配电装置的通风设计温度为 35℃，主母线的工作电流是 1600A，选用矩形铝母线、平放。按正常工作电流，铝排可选下列哪几种？（2011）

- (A) $100 \times 10 \text{mm}^2$
- (B) $125 \times 6.3 \text{mm}^2$
- (C) $125 \times 8 \text{mm}^2$
- (D) $2 \times (80 \times 8 \text{mm}^2)$

► 答案：[C、D]

► 依据：《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 8-6 查得环境温度和海拔综合校正系数为 0.88。再由表 8-2 查得各铝排的载流量，有

- A 答案： $1728 \times 0.88 \text{A} = 1520.64 \text{A} < 1600 \text{A}$
- B 答案： $1674 \times 0.88 \text{A} = 1473.12 \text{A} < 1600 \text{A}$
- C 答案： $1876 \times 0.88 \text{A} = 1650.88 \text{A} > 1600 \text{A}$
- D 答案： $2 \times 1174 \times 0.88 \text{A} = 2066.24 \text{A} > 1600 \text{A}$

(6) 电力工程中，交流系统 220kV 单芯电缆金属层单点直接接地时，下列哪些情况下，应沿电缆邻近设置平行回流线？（2011）

- (A) 线路较长
- (B) 未设置护层电压限制器
- (C) 需要抑制电缆邻近弱电线路的电气干扰强度
- (D) 系统短路时电缆金属护层产生的工频感应电压超过电缆护层绝缘耐受强度

► 答案：[C、D]

► 依据：《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 第 4.1.15 条。

3. 案例题

题 1：某电网规划建设一座 220kV 变电所，安装两台主变，三侧电压为 220/110/10kV。

220kV、110kV 为双母线接线，10kV 为单母线分段接线。220kV 出线 4 回，10kV 电缆出线 16 回，每回长 2km。110kV 出线无电源。电气主接线如图 5-1 所示，请回答下列问题。（2011）

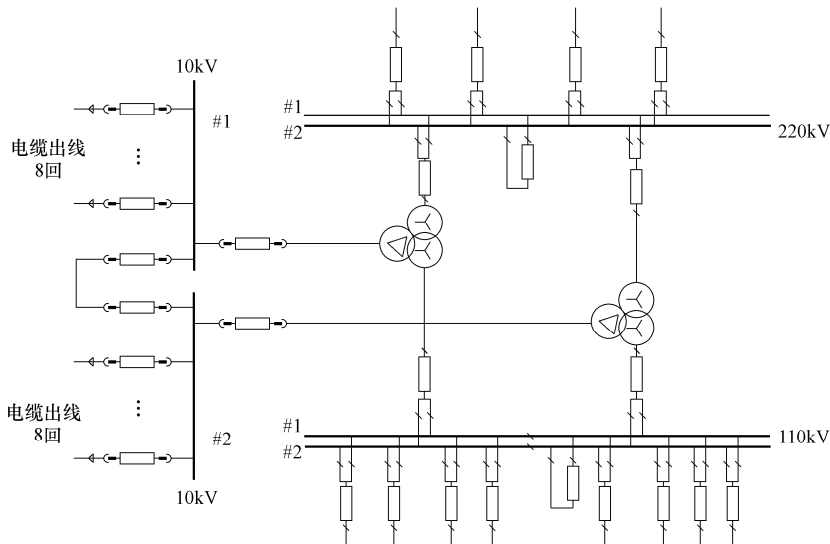


图 5-1 电气主接线

(1) 如该变电所 220kV 屋外配电装置采用 $\phi 120/110$ [铝镁系 (LDRE)] 管形母线，远景 220kV 母线最大穿越功率为 900MVA，在计及日照（环境温度为 35℃、海拔为 1000m 以下）条件下，请计算 220kV 管形母线长期允许载流量最接近下列哪项数值？是否满足要求？并说明理由。

- (A) 2317A，不满足要求 (B) 2503A，满足要求
(C) 2663A，满足要求 (D) 2831A，满足要求

答案：[A]

解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 8-6，裸导体载流量在计及海拔（1000m 以下）和环境温度（35℃）下的综合校正系数 $k=0.87$ ，由《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）表 D.2 得 $\phi 120/110\text{mm}$ 铝镁系 (LDRE) 80℃ 的载流量为 2663A，可得该管形母线的长期允许载流量为 $2663 \times 0.87\text{A} = 2317\text{A}$ 。又根据母线远景最大穿越功率为 900MVA，可得该母线回路的持续工作电流为

$$I_g = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{900 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 220} \text{A} = 2361\text{A} > 2317\text{A}$$

故选 A 为正确答案。

(2) 220kV 线路采用架空钢芯铝绞线，（导线最高允许温度为 +70℃、环境温度为 25℃）导线参数见表 5-1。若单回线路最大输送容量为 550MW（功率因数为 0.95），请计算并合理选择导线为下列哪一种？

表 5-1 导线参数

导线截面/mm ²	长期允许电流/A
400	845
2×300	710×2
2×400	845×2
2×630	1090×2

(A) 2×300mm² (B) 2×400mm² (C) 400mm² (D) 2×630mm²

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 本题考查软导线的选择和校验。

1) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 6-3 可得单回线的回路持续工作电流为线路最大负荷电流, 为

$$I_g = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi} = \frac{550}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.95} \text{ kA} = 1.52 \text{ kA}$$

2) 由于本题没有给出经济电流密度值, 故只能按照回路持续工作电流选择导线截面。根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 8-3 节第 2 款: 相应于某一运行温度、环境条件下长期允许工作电流 $I_{xu} \geq I_g$ 。其中 I_{xu} 为相应于某一运行温度, 某一环境条件下长期允许工作电流。由本题的题干可知, 导体工作的最高允许温度为 +70℃, 环境温度为 25℃, 由表 8-6 可得环境和海拔综合校正系数为 1。

如果选 A 答案, 则有 $1 \times 710 \times 2 \text{ A} = 1420 \text{ A} < I_g = 1520 \text{ A}$, 不满足要求。

如果选 B 答案, 则有 $1 \times 845 \times 2 \text{ A} = 1690 \text{ A} > I_g = 1520 \text{ A}$, 满足要求, 且为合理截面面积。

如果选 C 答案, 则有 $1 \times 845 \text{ A} = 845 \text{ A} < I_g = 1520 \text{ A}$, 不满足要求。

如果选 D 答案, 则有 $1 \times 1090 \times 2 \text{ A} = 2180 \text{ A} > I_g = 1520 \text{ A}$, 满足要求, 但截面面积过大。

(3) 若主变高压侧并列运行, 为限制该变电所 10kV 母线短路电流, 需采取相应措施。以下哪种措施不能有效限制 10kV 母线短路电流? 为什么?

(A) 提高主变阻抗

(B) 10kV 母线分列运行

(C) 在主变低压侧加装串联电抗器

(D) 110kV 母线分列运行, 10kV 母线并列运行

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 4-1 节第 3 条规定: “发电厂和变电所中可以采取的限流措施有:

- 1) 发电厂中, 在发电机电压母线分段回路中安装电抗器。
- 2) 变压器分列运行。
- 3) 变电所中, 在变压器回路中装设分裂电抗器或电抗器。
- 4) 采用低压侧为分裂绕组的变压器。
- 5) 出线上装设电抗器。”

综上所述, 母线并列运行并不能限制短路电流, 可知答案为 D。

(4) 请计算该变电所 10kV 系统电缆线路单相接地电容电流应为下列哪项数值?

- (A) 2A (B) 32A (C) 1.23A (D) 320A

答案: [B]

解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (6-34) 有

$$I_C = 0.1U_e L = 0.1 \times 10 \times 2A = 2A$$

则总电缆线路电容电流值为 $16 \times 2A = 32A$ 。

(5) 该变电所 10kV 侧采用了 YNd 接线的三相接地变压器, 且中性点经电阻接地, 请问下列哪项接地变压器容量选择要求是正确的? 为什么? (注: S_N 为接地变压器额定容量; P_r 为接地电阻额定容量)

- (A) $S_N = U_N I_2 / \sqrt{3} K n_\phi$ (B) $S_N \leq P_r$
(C) $S_N \geq P_r$ (D) $S_N \geq \sqrt{3} P_r / 3$

答案: [C]

解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 式 (18.3.4-3) 可得答案为 C。

题 2: 一座远离发电厂的城市地下变电所, 设有 110/10kV、50MVA 主变压器两台, 110kV 线路 2 回, 内桥接线, 10kV 出线多回, 单母线分段接线。110kV 母线最大三相短路电流 31.5kA, 10kV 母线最大三相短路电流 20kA。110kV 配电装置为户内 GIS, 10kV 户内配电装置为成套开关柜。地下建筑共有三层, 地下一层的布置如图 5-2 所示。请按各小题假设条件回答下列问题。(2011)

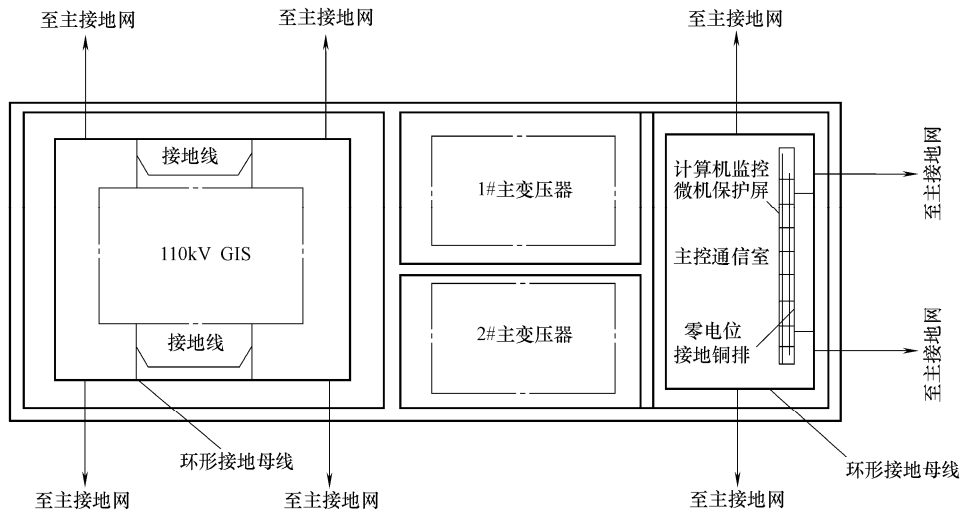


图 5-2 地下一层的布置

(1) 本变电所有两台 50MVA 变压器, 若变压器过负荷能力为 1.3 倍, 请计算最大的设计负荷为下列哪一项值?

- (A) 50MVA (B) 65MVA (C) 71MVA (D) 83MVA

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《35kV~220kV 城市地下变电站设计规定》(DL/T 5216—2005) 第 6.2.2 条: “当装有两台及以上变压器的地下变电站, 当断开一台主变压器时, 其余变压器的容量 (包括过负荷能力) 应满足全部负荷用电要求”。设负荷值为 S , 则 S 应满足

$$S \leq 1.3 \times 50 \text{MVA} = 65 \text{MVA}$$

(2) 如本变电所中 10kV 户内配电装置的通风设计温度为 30℃, 主变压器 10kV 侧母线选用矩形铝母线, 按 1.3 倍过负荷工作电流考虑, 矩形铝母线最小规格及安装方式应选择下列哪一种?

- (A) $3 \times (125 \times 8 \text{mm}^2)$ 竖放 (B) $3 \times (125 \times 10 \text{mm}^2)$ 平放
(C) $3 \times (125 \times 10 \text{mm}^2)$ 竖放 (D) $4 \times (125 \times 10 \text{mm}^2)$ 平放

► 答案: [C]

► 解答过程: 主变按 1.3 倍过负荷工作电流考虑则得主变的工作电流为

$$I_g = 1.3 \frac{S}{\sqrt{3} U_N} = 1.3 \times \frac{50}{\sqrt{3} \times 10} \text{kA} = 3.753 \text{kA} = 3753 \text{A}$$

查《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 8-2 得

$3 \times (125 \times 8 \text{mm}^2)$ 矩形铝母线平放的载流量为 3375A;

$3 \times (125 \times 8 \text{mm}^2)$ 矩形铝母线竖放的载流量为 3813A;

$3 \times (125 \times 10 \text{mm}^2)$ 矩形铝母线平放的载流量为 3725A;

$3 \times (125 \times 10 \text{mm}^2)$ 矩形铝母线竖放的载流量为 4194A;

$4 \times (125 \times 10 \text{mm}^2)$ 矩形铝母线平放的载流量为 4225A;

$4 \times (125 \times 10 \text{mm}^2)$ 矩形铝母线竖放的载流量为 5633A。

又根据表 8-6 得 30℃ 时的温度修正系数为 0.94, 故

如果选 A, 则有 $3813 \times 0.94 \text{A} = 3584 \text{A} < 3753 \text{A}$, 不满足要求;

如果选 B, 则有 $3725 \times 0.94 \text{A} = 3501.5 \text{A} < 3753 \text{A}$, 不满足要求;

如果选 C, 则有 $4194 \times 0.94 \text{A} = 3942.4 \text{A} > 3753 \text{A}$, 满足要求, 且为最合理截面;

如果选 D, 则有 $4225 \times 0.94 \text{A} = 3971.5 \text{A} > 3753 \text{A}$, 满足要求但不是最经济合理的截面。

(3) 本变电所中 10kV 户内配电装置某间隔内的分支母线是 $80 \times 8 \text{mm}^2$ 铝排, 相间距离 30cm, 母线支持绝缘子间跨距 120cm。请计算一跨距母线相间的最大短路电动力最接近下列哪项数值? (振动系数 β 取 1)

- (A) 104.08N (B) 1040.8N (C) 1794.5N (D) 179.45N

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (8-8) 有

$$F = 17.248 \frac{l}{a} i_{\text{ch}}^2 \beta \times 10^{-2}$$

式中, $i_{\text{ch}} = \sqrt{2} K_{\text{ch}} I' = \sqrt{2} \times 1.8 \times 20 \text{kA} = 51 \text{kA}$ (由于短路点远离发电厂, 故取 $K_{\text{ch}} = 1.8$)

把以上变量的值代入公式有

$$F=17.248 \times \frac{120}{30} \times 51^2 \times 1 \times 10^{-2} \text{ N} = 1794.5 \text{ N}$$

(4) 本变电所的 110kV GIS 配电室内接地线的布置如图 5-2 所示。如 110kV 母线最大单相接地故障电流为 5kA。由 GIS 引向室内环形接地母线的接地线截面热稳定校验电流最小可取下列哪项数值？依据是什么？

- (A) 5kA (B) 3.5kA (C) 2.5kA (D) 1.75kA

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 6.2.14 条 B 款规定：“对于只有 2 条或 4 条接地线，其截面热稳定的校验电流分别取全部接地（短路或故障）电流的 70% 和 35%”。本题中有 4 条引向室内环形母线的接地线，故有 $5 \times 35\% \text{ kA} = 1.75 \text{ kA}$ 。

(5) 本变电所的主控通信室内装有计算机监控系统和微机保护装置，主控通信室内的接地布置如图 5-2 所示，图中有错误，请指出图中的错误是哪一条？依据是什么？

- (A) 主控通信室内的环形接地母线与主接地网应一点相连
(B) 主控通信室内的环形接地母线不得与主接地网相连
(C) 零电位接地铜排不得与环形接地母线相连
(D) 零电位接地铜排与环形接地母线两点相连

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》(DL/T 5136—2001) 第 13.2.4 条规定：“零电位母线应仅在一点用绝缘铜绞线或电缆就近连接至接地干线上。零电位母线与主接地网连接处不得靠近有可能产生较大故障电流和较大电气干扰的场所，例如避雷器、高压隔离开关、旋转电机附近及其接地点”。故答案为 D。

题 3：某 220kV 变电所，原有两台 120MVA 主变，主变侧电压为 220/110/35kV，220kV 为户外管形母线中型布置，管形母线规格为 $\phi 100/90$ ；220kV、110kV 为双母线接线，35kV 为单线分段接线，根据负荷增长的要求，计划将现有两台主变更换为 180MVA（远景按 $3 \times 180 \text{ MVA}$ 考虑）。(2010)

(1) 根据系统计算结果，220kV 母线短路电流已达 35kA，在对该管形母线进行短路下机械强度计算时，请判断须按下列哪项考虑，并说明根据。

- (A) 自重、引下线重、最大风速
(B) 自重、引下线重、最大风速和覆冰
(C) 自重、引下线重、短路电动力和 50% 最大风速且不小于 15m/s 风速
(D) 引下线重、自重、相应震级的地震力和 25% 最大风速

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 7.3.5 条及表 7.3.5，可知答案为 C。或根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 8-17，答案也为 C。

► 分析：1) 注意本题中的母线处于短路状态。2) 凡涉及导体和电器选择的题目，

主要参看《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005)以及《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第六章、第八章内容。本题较简单,知道出处在哪里即可。3)有时候一个题的答案可能来自规范规程,也有可能来自设计手册,如果两者有冲突,应该以规范规程为答题依据。

(2) 已知现有 220kV 配电装置为铝镁系(LDRE)管形母线,在计及日照(环境温度为 35℃,海拔为 1000m 以下)条件下,若远景 220kV 母线最大穿越功率为 800MVA,请通过计算判断下列哪个正确?

- (A) 现有母线长期允许载流量 2234A,不需要更换
- (B) 现有母线长期允许载流量 1944A,需要更换
- (C) 现有母线长期允许载流量 1966A,需要更换
- (D) 现有母线长期允许载流量 2360A,不需要更换

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005)第 7.1.5 条、附录 D 表 D.2 及表 D.11,管形母线规格为 $\phi 100/90\text{mm}$,最高允许温度为 80℃(因为计及日照,根据表 D.2 注 2 取 80℃为最高允许温度)时的载流量 $I_{\text{xu}}=2234\text{A}$,海拔为 1000m 以下,实际环境温度为 35℃的综合校正系数为 0.87,修正后 $I_{\text{xu}}=k \times 2234=0.87 \times 2234\text{A}=1944\text{A}$ 。已知母线的最大穿越功率,则母线持续工作电流为

$$I_g = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_N} = \frac{800}{\sqrt{3} \times 220} \text{kA} = 2.1\text{kA} = 2100\text{A} > I_{\text{xu}} = 1944\text{A}$$

所以需要更换。

► 分析: 计及日照选择载流量的时候不要误选,并要考虑海拔和环境温度的综合校正。

(3) 变电所扩建后,35kV 出线规模增加,若该 35kV 系统总的单相接地故障电容电流为 22.2A,且允许短时单相接地运行,计算 35kV 中性点接地应选择下列哪种接线方式?

- (A) 35kV 中性点不接地,不需要装设消弧线圈
- (B) 35kV 中性点经消弧线圈接地,消弧线圈容量: 450kVA
- (C) 35kV 中性点经消弧线圈接地,消弧线圈容量: 800kVA
- (D) 35kV 中性点经消弧线圈接地,消弧线圈容量: 630kVA

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 2-7 节(第 70 页)规定:“当 20~63kV 单相接地故障电流超过 10A 时,中性点应经消弧线圈接地”。又根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005)第 18.1.4 条:消弧线圈的补偿度,可按下式计算:

$$Q = KI_c \frac{U_N}{\sqrt{3}} = 1.35 \times 22.2 \times \frac{35}{\sqrt{3}} \text{kVA} = 605.6\text{kVA}$$

式中, K 为补偿系数,过补偿取 1.35。 K 的取值可根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005)第 18.1.6 条:“装在电网变压器中性点的消弧线圈,以及具有直配线的发电机中性点的消弧线圈应采用过补偿方式”。

(4) 该变电所选择 220kV 母线三相短路电流为 38kA, 若 180MVA 主变阻抗为 $U_{k(1-2)}\% = 14$, $U_{k(2-3)}\% = 8$, $U_{k(3-1)}\% = 23$ 。110kV 侧、35kV 侧均为开环且无电源, 请计算该变电所 110kV 母线最大三相短路电流为 ()。($S_B=100\text{MVA}$, $U_B=230\text{kV}/121\text{kV}$)

(A) 5.65kA (B) 8.96kA (C) 10.49kA (D) 14.67kA

答案: [D]

解答过程: 先做出系统电抗图, 如图 5-3 所示。

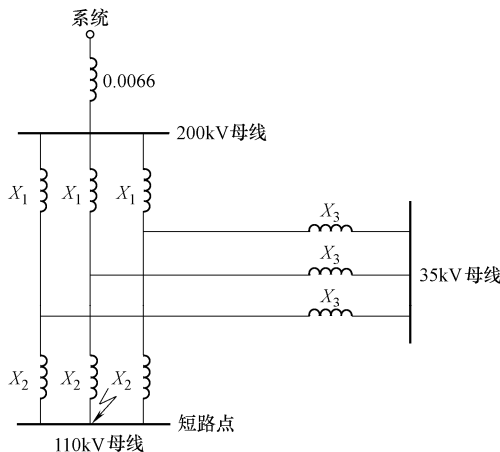


图 5-3 系统电抗图

1) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第四章 短路电流计算式 (4-10): 已知系统短路容量 S_d'' , 可求出系统的组合电抗标么值:

$$X_* = \frac{S_j}{S_d''} = \frac{100}{1.732 \times 230 \times 38} = 0.0066$$

2) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第四章 短路电流计算 表 4-2, 变压器的标么值为

$$\begin{aligned} U_{k1}\% &= \frac{1}{2}(U_{k(1-2)}\% + U_{k(3-1)}\% - U_{k(2-3)}\%) = \frac{1}{2} \times (14 + 23 - 8) = 14.5 \\ U_{k2}\% &= \frac{1}{2}(U_{k(1-2)}\% + U_{k(2-3)}\% - U_{k(3-1)}\%) = \frac{1}{2} \times (14 + 8 - 23) = -0.5 \\ U_{k3}\% &= \frac{1}{2}(U_{k(2-3)}\% + U_{k(3-1)}\% - U_{k(1-2)}\%) = \frac{1}{2} \times (8 + 23 - 14) = 8.5 \\ X_1 &= \frac{U_{k1}\%}{100} \times \frac{S_j}{S_e} = \frac{14.5}{100} \times \frac{100}{180} = 0.0806 \\ X_2 &= \frac{U_{k2}\%}{100} \times \frac{S_j}{S_e} = \frac{-0.5}{100} \times \frac{100}{180} = -0.0028 \\ X_3 &= \frac{U_{k3}\%}{100} \times \frac{S_j}{S_e} = \frac{8.5}{100} \times \frac{100}{180} = 0.0472 \end{aligned}$$

本题中, 短路点在 110kV 母线, 35kV 侧开环且无电源, 故总的电抗标么值为

$$X = X_* + \frac{X_1}{3} + \frac{X_2}{3} = 0.0066 + \frac{0.0806}{3} - \frac{0.0028}{3} = 0.0066 + 0.0269 - 0.00093 = 0.03257$$

显然，本题的系统侧为无穷大电源。根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第四章 短路电流计算 第4.4节式（4-20）：

$$I_j = \frac{S_B}{\sqrt{3}U_B} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 121} \text{kA} = 0.4772 \text{kA}$$

$$I_z = \frac{I_j}{X} = \frac{0.4772}{0.03257} \text{kA} = 14.65 \text{kA}$$

► 分析：

1) 本题中规定了 U_B 为 121kV，而不是传统的 115kV，而且 110kV、35kV 侧开环且无电源。

2) 本题需要考虑系统阻抗，且远景按三台主变考虑。

(5) 该变电所现有 35kV，4 组 7.5Mvar 并联电容器，更换为两台 180MVA 主变后，请根据规程说明下列电容器配置中，哪项是错的？

- (A) 容量不满足要求，增加 2 组 7.5Mvar 电容器
- (B) 可以满足要求
- (C) 容量不满足要求，更换为 6 组 10Mvar 电容器
- (D) 容量不满足要求，更换为 6 组 15Mvar 电容器

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 条文说明第 3.0.2 条，电容器容量按主变容量的 10%~30% 确定，即

$$10\% \times S_T \leq Q \leq 30\% \times S_T$$

$$\Rightarrow 10\% \times 2 \times 180 \leq Q \leq 30\% \times 2 \times 180$$

$$\Rightarrow 36 \text{Mvar} \leq Q \leq 108 \text{Mvar}$$

现有容量 $7.5 \times 4 \text{Mvar} = 30 \text{Mvar}$ ，所以还需要的补偿容量范围为

$$6 \text{Mvar} \leq Q_{\text{需要}} \leq 78 \text{Mvar}$$

题 4：某变电所电压等级为 220/110/10kV，主要容量为两台 180MVA，220kV、110kV 系统为有效接地方式，10kV 系统为消弧线圈接地方式。220kV、110kV 设备为户外布置，母线均采用圆形铝管母线型式，10kV 设备为户内开关柜，10kV 所用电变压器采用两台 400kVA 的油浸式变压器，布置于户外，请回答以下问题。(2010)

(1) 若 220kV 圆形铝管母线的外径为 150mm，假设母线导体固有自振频率为 7.2Hz，请计算下列哪项数值为产生微风共振的计算风速？

- (A) 1m/s
- (B) 5m/s
- (C) 6m/s
- (D) 7m/s

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 7.3.6 条知屋外管形导体的微风振动，可按下式校验：

$$v_{js} = f \frac{D}{A} = 7.2 \times \frac{150 \times 0.001}{0.214} \text{m/s} = 5 \text{m/s}$$

式中， v_{js} 为管形导体产生微风共振的计算风速 (m/s)； f 为导体各阶固有频率 (Hz)； D

为铝管外径 (m); A 为频率系数, 圆管可取 0.214。

(2) 当计算风速小于 6m/s 时, 可以采用下列哪项措施以消除管形母线微风振动? 并简述理由。

- (A) 加大铝管内径 (B) 母线采用防震支撑
(C) 在管内加装阻尼线 (D) 采用短托架

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 7.3.6 条, 当计算风速小于 6m/s 时, 可以采用下列措施消除管形母线微风振动:

- 1) 在管内加装阻尼线;
- 2) 加装动力消振器;
- 3) 采用长托架。

(3) 该变电所从 10kV 开关柜到所用变之间采用电缆连接, 单相接地故障持续时间按 2h 考虑, 请计算该电缆导体与绝缘屏蔽之间额定电压最小不应低于下列哪项数值?

- (A) 5.77kV (B) 7.68kV (C) 10kV (D) 13.3kV

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 根据《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 第 3.3.2 条: “交流系统中电力电缆导体与绝缘屏蔽或金属层之间额定电压的选择, 应符合下列规定:

1) 中性点直接接地或经低电阻接地的系统, 接地保护动作不超过 1min 切除故障时, 不应低于 100% 的使用回路工作相电压。

2) 除上述供电系统外, 其他系统不宜低于 133% 的使用回路工作相电压; 在单相接地故障可能持续 8h 以上, 或发电机回路等安全性要求较高时, 宜采用 173% 的使用回路工作相电压。”

本题中 10kV 开关柜到所用变之间采用电缆连接, 单相接地故障持续时间按 2h 考虑, 按上述第 2 款规定, 该电缆导体与绝缘屏蔽之间额定电压最小不宜低于使用回路工作相电压的 133%, 即 $1.33 \times 10 / \sqrt{3} \text{ kV} = 7.68 \text{ kV}$ 。

(4) 该变电所从 10kV 开关柜到所用变之间采用一根三芯铠装交联聚乙烯电缆, 敷设方式为与另一根 10kV 馈线电缆 (共两根) 并行直埋, 净距为 100mm, 电缆导体最高工作温度按 90℃ 考虑, 土壤环境温度为 30℃, 土壤热阻系数为 $3.0 \text{ K} \cdot \text{m/W}$, 按照 100% 持续工作电流计算, 请问该电缆导体最小载流量计算值应为下列哪项?

- (A) 28A (B) 33.6A (C) 37.3A (D) 46.3A

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 1) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》(1) 第 6-1 节表 6-3: 变压器回路持续工作电流为

$$I_g = \frac{1.05 S_e}{\sqrt{3} U_e} = \frac{1.05 \times 400}{\sqrt{3} \times 10} \text{ A} = 24.24 \text{ A}$$

2) 根据《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 附录 D.0.1 条及表 D.0.1, 土壤

环境温度为 30°C 时的电缆载流量校正系数 $K_1=0.96$ 。

3) 根据《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 附录 D.0.3 条及表 D.0.3, 土壤热阻系数为 $3.0\text{K}\cdot\text{m}/\text{W}$ 时的电缆载流量校正系数 $K_3=0.75$ 。

4) 根据《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 附录 D.0.4 条及表 D.0.4, 在电缆之间净距为 100mm , 土中直埋两根并行敷设时的电缆载流量校正系数 $K_4=0.9$ 。

5) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (17-1) 有

$$KI_{xu} \geq I_g \Rightarrow I_{xu} \geq \frac{I_g}{K} = \frac{24.24}{0.648} \text{A} \approx 37.3\text{A}$$

式中, $K=K_1K_3K_4=0.96 \times 0.75 \times 0.9=0.648$, 故选 C 为正确答案。

(5) 该变电所 10kV 出线电缆沟深度为 1200mm , 沟内采用电缆支架两侧布置方式, 请问该电缆沟内通道的净宽不宜小于下列哪项数值? 并说明根据和理由。

- (A) 500mm (B) 600mm (C) 700mm (D) 800mm

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 第 5.5.1 条第 4 款及表 5.5.1, 电缆支架配置方式为两侧, 沟深 $>1000\text{mm}$ 时, 电缆沟内通道的净宽不宜小于 700mm 。

题 5: 某 300MW 火力发电厂, 厂用电引自发电机, 厂用变主变为 Dyn11yn11, 容量 $40/25-25\text{MVA}$, 厂用电电压为 6.3kV , 主变低压侧与 6kV 开关柜用电缆相连, 电缆放在架空桥架上。校正系数 $K_1=0.8$, 环境温度为 40°C , 6kV 最大三相短路电流为 38kA , 电缆芯热稳定系数 C 为 150 。(2009)

(1) 6kV 中性点经电阻接地, 若单相接地电流为 100A , 此电阻值为 ()。

- (A) 4.64Ω (B) 29.70Ω (C) 36.38Ω (D) 63Ω

► 答案: [C]

► 解答过程: 1) 根据《火力发电厂设计技术规程》(DL 5000—2000) 第 13.3.2 条规定: “高压厂用电系统接地电流为 7A 及以上时, 中性点宜采用低电阻接地, 也可采用不接地方式”, 由题知 $I_c=100\text{A}$, 故选低电阻接地方式。

2) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 18.2.6 条, 当中性点采用低阻接地方式时, 接地电阻选择计算如下:

$$R_N = \frac{U_N}{\sqrt{3}I_d} = \frac{6.3 \times 1000}{1.732 \times 100} \Omega = 36.37\Omega$$

► 分析: 本题考查厂用电, 应首先考虑规范《火力发电厂设计技术规程》(DL 5000—2000), 遇到设备选择, 应首先考虑规范《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005), 这两个规范都是非常重要的规范, 一定要非常熟悉。

(2) 变压器到开关柜的电缆放置在架空桥架中, 允许工作电流为 6kA 的电力电缆, 最合理最经济的为 ()。

- (A) YJV-6/6 7 根 $3 \times 185\text{mm}^2$ (B) YJV-6/6 10 根 $3 \times 120\text{mm}^2$
(C) YJV-6/6 18 根 $1 \times 185\text{mm}^2$ (D) YJV-6/6 24 根 $1 \times 150\text{mm}^2$

► 答案: [B]

► 解答过程: 1) 根据《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 第 3.2.3 条, 3~35kV 三相供电回路的芯数应选用三芯, 故排除 C、D。

2) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 17-1 节(电缆选择)第一条(电缆分类及型号标记), YJV 型电缆, YJ 表示交联聚乙烯, 代表绝缘类型。V 表示内护层为聚氯乙烯, 缆芯为铜芯。因此 YJV 型电缆为交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套(铜芯)电力电缆。

3) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 232 页表 6-3 计算厂用变压器低压侧回路工作电流

$$I_g = \frac{1.05 S_c}{\sqrt{3} U_c} = \frac{1.05 \times 25 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6.3} \text{A} = 2405.7 \text{A}$$

4) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》(第 933 页)按持续允许电流选择电力电缆截面, 计算公式如下:

$$K I_{xu} \geq I_g$$

对于空气中敷设的多根电力电缆取 $K = K_t K_1$, 式中, K_t 为环境温度不同于标准敷设温度时的校正系数, 查《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 附录 D 表 D.0.1 可得 $K_t = 1.0$, 由题目可知 $K_1 = 0.8$, 则 $K = K_t K_1 = 1 \times 0.8 = 0.8$, 查表 C.0.2-1, 可得 6kV 三芯电力电缆空气中敷设时允许载流量如下:

1) 若采用 7 根 3×185 电缆:

$$K I_{xu} = 0.8 \times 7 \times 332 \times 1.29 \text{A} = 2398.4 \text{A} < I_g = 2405.7 \text{A}$$

2) 若采用 10 根 3×120 电缆:

$$K I_{xu} = 0.8 \times 10 \times 246 \times 1.29 \text{A} = 2538.72 \text{A} > I_g = 2405.7 \text{A}$$

故选 B 为正确答案。

(3) 若电动机容量为 1800kW, 电缆长 50m, 短路持续时间为 0.25s, 电动机短路热效应按 $Q = I^2 t$ 计算, 电动机的功率因数和效率乘积 $\eta \cos \varphi$ 为 0.8。则选取电缆的型号为()。

(A) YJV-6/6 3×95mm²

(B) YJV-6/6 3×120mm²

(C) YJV-6/6 3×150mm²

(D) YJV-6/6 3×180mm²

► 答案: [C]

► 解答过程: 1) 根据《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 附录 E 式(E.1.1-1)、式(E.1.3-2):

$$S \geq \frac{\sqrt{Q}}{C} \times 10^3 = \frac{\sqrt{I^2 t}}{C} \times 10^3 = \frac{\sqrt{38^2 \times 0.25}}{150} \times 10^3 \text{mm}^2 = 126.67 \text{mm}^2$$

可选 3×150mm² 的电力电缆。

2) 校验电动机回路电缆的电压损失。根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 940 页(三)按电压损失校验:

$$\Delta U \% = \frac{173}{U} I_g L (r \cos \theta + x \sin \theta) \leq 5\%$$

式中, $U = 6300 \text{V}$, I_g 为计算工作电流, I_g 的计算如下:

$$I_g = \frac{K_{q,D} P_{e,d}}{\sqrt{3} U_{e,d} \eta \cos \theta} = \frac{6 \times 1800}{\sqrt{3} \times 6 \times 0.8} \text{ A} = 1299 \text{ A}$$

$$L = 50 \text{ m}, \cos \theta = 0.8, \sin \theta = 0.6, r = \frac{\rho}{s} = \frac{1.84}{150} \Omega / \text{km} = 1.227 \times 10^{-2} \Omega / \text{km} (\rho = 1.84 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km})$$

$$x = 0.75r = 9.2 \times 10^{-3} \Omega / \text{km}$$

将以上已知条件代入可得电缆电压损失为

$$\begin{aligned} \Delta U \% &= \frac{173}{U} I_g L (r \cos \theta + x \sin \theta) = \frac{173}{6 \times 10^3} \times 1299 \times 0.05 \times (1.227 \times 10^{-2} \times 0.8 + 9.2 \times 10^{-3} \times 0.6) \\ &= 0.0288 = 2.88 \% \leq 5 \% \end{aligned}$$

满足要求，故选 C 为正确答案。

(4) 380V 低压接地保护动作时间为 1min，求电缆导体与绝缘层或金属层之间的额定电压为 ()。

(A) 380V

(B) 379V

(C) 291V

(D) 219V

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 第 3.3.2 条：“电缆导体与绝缘层或金属层之间的额定电压的选择，中性点直接接地或经低电阻接地系统，接地保护动作不超过 1min 切除故障时，不应低于 100% 使用回路工作相电压”，即 $380/1.732\text{V}=219.39\text{V}$ 。

(5) 6kV 断路器额定开断电流为 40kA，短路电流为 38kA，其中直流分量为 60%，求此断路器开断直流分量的能力。

(A) 22.5kA

(B) 24kA

(C) 32kA

(D) 34kA

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 9.2.5 条及条文说明部分规定：“当断路器安装地点的短路电流直流分量不超过断路器短路开断电流幅值的 20% 时，额定短路开断电流仅由交流分量来表征，不必校验断路器的直流分断能力。如果短路电流直流分量超过 20% 时，应与制造厂协商，并在技术协议书中明确所要求的直流分量百分数。”本题已知断路器额定开断电流为 40kA，短路电流为 38kA，根据已知条件：断路器开断的直流分量峰值为

$$38 \times 60 \% \times \sqrt{2} \text{ kA} = 32.24 \text{ kA}$$

以 40kA 核算其直流分量百分数为

$$\frac{32.24}{40\sqrt{2}} \times 100 \% = 57 \%$$

因此应按 57% 向制造厂提出技术要求。

因此本题选 D 为正确答案。

► 分析：重要的规范还需要多看条文说明。

题 6：某县在城网改造中拟将城中的 18km、110kV 架空导线换为单芯交联聚氯乙烯铝芯电缆，采用隧道内敷设。架空线输送容量为 100MVA，短路电流为 31.5kA，短路电流持续时间为 0.2s，单芯交联聚氯乙烯铝芯电缆在空气中一字形敷设时的载流量及电缆的其他

参数见表 5-2（供配电）（2006）

表 5-2 载流量及电缆的其他参数

截面/mm ²	240	300	400	500
载流量/A	570	645	735	830

根据上述条件，回答下列问题。

（1）假设电缆的热稳定系数为 86，按短路热稳定条件，计算本工程电缆允许的最小截面最接近下列哪项数值？

- （A）173mm² （B）164mm² （C）156mm² （D）141mm²

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《电力工程电缆设计规范》（GB 50217—2007）附录 E 式（E.1.1-1）知电缆截面应为

$$S \geq \frac{\sqrt{Q}}{C} \times 10^3 = \frac{\sqrt{I^2 t}}{C} = \frac{\sqrt{31.5^2 \times 0.2}}{86} \times 10^3 \text{ mm}^2 \approx 164 \text{ mm}^2$$

► 分析：短路持续时间 t 的取值分好几种情况，都在附录 E 里。

（2）已知电缆护层的冲击耐压值为 37.5kV，则电缆保护器通过最大电流时的最大残压应取下列哪项数值？并说明理由。

- （A）64kV （B）37.5kV （C）24kV （D）26.8kV

► 答案：[D]

► 解答过程：《电力工程电缆设计规范》（GB 50217—2007）第 4.1.13 条：“最大冲击电流作用下护层电压限制器的残压，不得大于电缆护层的冲击耐压被 1.4 所除数值”，即 $37.5/1.4 \text{ kV} = 26.8 \text{ kV}$ 。

（3）电缆终端的设计取决于所要求的工频和冲击耐受电压值、大气污染程度和电缆终端所处的海拔。假设本工程电缆终端安装处海拔为 2000m，则电缆终端外绝缘雷电冲击试验电压最低应为下列何值？并说明原因。

- （A）325kV （B）450kV （C）480kV （D）495kV

► 答案：[D]

► 解答过程：1) 根据《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 6.0.8 条：“对安装在海拔超过 1000m 地区的电器外绝缘应予校验，当海拔在 4000m 以下时，其实验电压应乘以系数 K ”，系数 K 的计算公式如下：

$$K = \frac{1}{1.1 - \frac{H}{10000}} = \frac{1}{1.1 - \frac{2000}{10000}} = 1.1$$

2) 由《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）表 B.3 查得 110kV 电缆终端外绝缘雷电冲击试验电压为 450kV。

3) 电缆终端外绝缘雷电冲击试验电压为 $450 \times 1.1 \text{ kV} = 495 \text{ kV}$ 。

第六章 电气设备布置及配电装置设计

一、大纲要求 ★★★

- 1) 熟悉电气设备布置的要求;
- 2) 掌握高压配电装置的设计;
- 3) 了解特殊地区的电气设备布置及配电装置设计。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 18 分,其中专业知识占 10 分左右,案例占 8 分左右。考点集中,考试题目难度一般。答题依据主要有《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第十章、《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006)、《3~110kV 高压配电装置设计规范》(GB 50060—2008)、《水利水电工程高压配电装置设计规范》(SL 311—2004)等。重点考查高压配电装置的环境条件、导体和电气设备的选择、配电装置的型式和布置及屋外、屋内配电装置的最小安全净距等。随着 GIS 配电装置越来越广泛地使用,近年来加大了对 GIS 配电装置的考查。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

(1) 在电力系统中,220kV 高压配电装置非出线方向的围墙外侧为居民区时,其静电感应场强水平(离地 1.5m 空间场强)不宜大于下列哪项值?(2012)

- (A) 3kV/m (B) 5kV/m (C) 10kV/m (D) 15kV/m

▶ 答案: [B]

▶ 依据:《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006)第 6.0.9 条:“配电装置围墙外侧(非出线方向,围墙外为居民区时)的静电感应场强水平(离地 1.5m 空间场强)不宜大于 5kV/m。”

(2) 配电装置中,相邻带电导体的额定电压不同时,其之间最小距离应按下列哪个条件确定?(2012)

- (A) 按较高额定电压的 A2 值确定 (B) 按较高额定电压的 D 值确定
(C) 按较低额定电压的 A2 值确定 (D) 按较低额定电压的 B1 值确定

▶ 答案: [B]

▶ 依据:《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006)第 8.1.4 条:“配电装置中,相邻带电部分的额定电压不同时,应按较高的额定电压确定其最小安全净距。”

► 分析：D 值为平行的不同时停电检修的无遮拦带电部分之间的距离。

(3) 对于 GIS 配电装置避雷器的配置，以下哪种表述不正确？（2012）

- (A) 与架空线连接处应装设避雷器
- (B) 避雷器宜采用敞开式
- (C) GIS 母线不需装设避雷器
- (D) 避雷器的接地端应与 GIS 管道金属外壳连接

► 答案：[C]

► 依据：《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）第 5.2.2 条。

► 分析：该条文规定，GIS 母线是否装设避雷器，需经雷电侵入波过电压计算确定。

(4) 某变电所中的 110kV GIS 配电装置由数个单元间隔组成，每单元间隔宽 1.5m 长 4.5m 布置在户内。户内 GIS 配电装置的两侧应设置安装检修和巡视的通道，此 GIS 室的净宽，最小不宜小于（ ）。（2011）

- (A) 4.5m
- (B) 6m
- (C) 7.5m
- (D) 9.0m

► 答案：[A]

► 依据：《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）第 9.3.4 条：“屋内 GIS 配电装置两侧应设置安装检修和巡视通道，主通道宜靠近断路器侧，宽度宜为 2000mm～3500mm，巡视通道不应小于 1000mm”。考虑一种最小情况，此 GIS 室布置在墙边，布置示意图如图 6-1 所示。则此 GIS 的净宽范围为 $[1.5 + (2 \sim 3.5) + 1]m = (4.5 \sim 6)m$ ，最低为 4.5m。

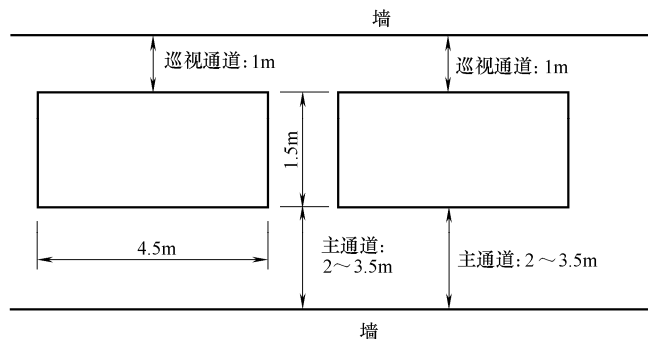


图 6-1 布置示意图

(5) 变电所中，电容器装置内串联电抗器的布置和安装设计要求，以下不正确的是（ ）。（2011）

- (A) 户内油浸铁心串联电抗器，其油量超过 100kg 的应单独设防爆间和储油设施
- (B) 干式空心串联电抗器宜采用三相叠装式，可以缩小安装场地
- (C) 户内干式空心串联电抗器布置时，应避开电气二次弱电设备，以防电磁干扰
- (D) 干式空心串联电抗器支承绝缘子的金属底座接地线，应采用放射形或开口环形

► 答案：[B]

► 依据：《并联电容器装置设计规范》（GB 50227—2008）第 8.3.1 条第 2 款可知 A 答案正确；根据第 8.3.2 条第 2 款可知 C 答案正确；根据第 8.3.2 条第 1 款及条文说明：“干

式空心串联电抗器宜采用分相布置的水平排列或三角形排列”，故 B 答案错误；根据第 8.3.4 条可知 D 答案正确。

（6）在高海拔地区，某变电所中高压配电装置的 A1 值经修正为 1900mm，此时无遮拦导体至地面之间的最小安全净距应为多少？（2011）

- （A）3800mm （B）3900mm （C）4300mm （D）4400mm

► 答案：[D]

► 依据：《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）表 8.1.1 条知，A1 应取 1800mm，现修正为 1900mm，增加了 100mm，故 C 值（即无遮拦裸导体至地面之间的最小安全净距）应该相应增加 100mm，为 4300mm+100mm=4400mm。

（7）发电厂、变电所中，对一台 1000kVA 室内布置的油浸变压器，考虑就地检修。设计采用的下列尺寸中，哪一项不是规程允许的最小尺寸？（2011）

- （A）变压器与后壁间 600mm
（B）变压器与侧壁间 1400mm
（C）变压器与门间 1600mm
（D）室内高度按吊芯所需的最小高度加 700mm

► 答案：[A]

► 依据：《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）第 8.4.6 条：“对于就地检修的室内油浸变压器，室内高度可按吊芯所需的最小高度再加 700mm，宽度可按变压器两侧各加 800mm 确定。”查表 8.4.6 可得容量为 1000kVA 及以下的油浸变压器与后壁的最小净距为 600mm，考虑就地检修，应在两侧各加 800mm，因此 A 答案错误，应该为 1400mm。

（8）某 10kV 配电室，采用移开式高压开关柜双列布置，其操作通道最小宽度应为下列何值？（2008）

- （A）单车长+1200mm （B）单车长+1000mm
（C）双车长+1200mm （D）双车长+900mm

► 答案：[D]

► 依据：《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）表 8.4.5。

► 分析：配电装置室内各种通道的最小宽度全在这个表里，一目了然。

（9）GIS 配电装置在正常运行条件下，外壳上的感应电压不应大于下列何值？（2008）

- （A）12V （B）24V （C）50V （D）100V

► 答案：[B]

► 依据：《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）第 5.2.3 条。

► 分析：这一条还规定，GIS 配电装置外壳感应电压在故障条件下不应大于 100V。

（10）屋内 GIS 配电装置两侧应设置安全检修和巡视通道，巡视通道不应小于（ ）。 （2008）

- （A）800mm （B）900mm （C）1000mm （D）1100mm

► 答案: [C]

► 依据:《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006)第 9.3.4 条。

2. 多项选择题

(1) 户外配电装置中, 下列哪几种净距用 C 值校验? (2011)

- (A) 无遮拦裸导体与地面之间的距离
- (B) 无遮拦裸导体与建筑物、构筑物顶部的距离
- (C) 穿墙套管与户外配电装置地面的距离
- (D) 带电部分与建筑物、构筑物边缘的距离

► 答案: [A、B]

► 依据:《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006)表 8.1.1。

(2) 变电所中配电装置的布置应结合电气接线、设备型式、总体布置综合考虑, 下列哪几种 110kV 户外敞开式配电装置宜采用中型布置? (2011)

- (A) 双母线接线, 软母配双柱隔离开关
- (B) 双母线接线, 管母配双柱隔离开关
- (C) 单母线接线, 软母配双柱隔离开关
- (D) 双母线接线, 软母配单柱隔离开关

► 答案: [A、D]

► 依据: 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006)第 8.3.4 条: “35kV~110kV 电压等级, 双母线接线, 当采用软母线配普通双柱式或单柱式隔离开关时屋外敞开式配电装置宜采用中型布置”, 可知 A、D 答案正确。根据第 8.3.4 条: “110kV 电压等级, 双母线接线, 当采用管型母线配双柱式隔离开关时, 屋外敞开式配电装置宜采用半高型布置”, 故 B 答案错误。根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006)第 8.3.5 条: “35~110kV 电压等级, 单母线接线, 当采用软母线配普通双柱式隔离开关时屋外敞开式配电装置应采用中型布置”, 故 C 答案错误。

(3) 对 GIS 配电装置设备配置的规定, 下列哪些是正确的? (2011)

- (A) 出线的线路侧采用快速接地开关
- (B) 母线侧采用快速接地开关
- (C) 110~220kV GIS 配电装置母线避雷器和电压互感器应装设隔离开关
- (D) GIS 配电装置应在与架空线路连接处装设避雷器

► 答案: [A、B、D]

► 依据: 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006)第 5.2.1 条, 可知 A、B 答案正确, C 答案错误; 根据第 5.2.2 条, 可知 D 答案正确。

(4) 安装于户内的所用变压器的高低电压瓷套管底部距地面高度小于下列哪些值时, 必需装设固定遮拦? (2011)

- (A) 2500mm
- (B) 2300mm
- (C) 1900mm
- (D) 1200mm

► 答案: [B、C、D]

依据：《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）第 8.1.3 条：“电气设备外绝缘体最低部位距地小于 2300mm 时，应装设固定遮栏。”

（5）电力工程中，选择 330kV 高压配电装置内导线截面及导线型式的控制条件是下列哪些因素？（2011）

- （A）负荷电流 （B）电晕
（C）无线电干扰 （D）导线表面的电场强度

答案：[B、C]

依据：《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 8-3 节软导线一、一般要求 第（5）条：“对于 330kV 及以上的配电装置，电晕和无线电干扰则是选择导线结构型式和控制条件。”

（6）110kV 配电装置中管型母线采用支持式安装时，下列哪些措施是正确的？（2008）

- （A）应采取防止端部效应的措施 （B）应采取防止微风振动的措施
（C）应采取防止母线热胀冷缩的措施 （D）应采取防止母线发热的措施

答案：[A、B、C]

依据：《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）第 8.3.8 条。

3. 案例题

题 1：某发电厂装有两台 300MW 机组，经主变升压至 220kV 配电装置，屋外配电装置母线采用支持式管型母线，为双母线接线分相中型布置，母线采用 $\phi 120/110$ 铝锰合金管，母联间隔跨线采用架空软导线。（2012）

（1）母联间隔有一跨跳线，请计算跳线的最大摇摆弧垂的推荐值为下列哪项值？

（导线悬挂点至梁底 b 为 20cm，最大风偏时耐张线夹至绝缘子串悬挂点的垂直距离 f 为 65cm，最大风偏时的跳线与垂直线之间的夹角为 45° ，跳线在无风时的垂直弧垂 F 为 180cm），详见图 6-2。

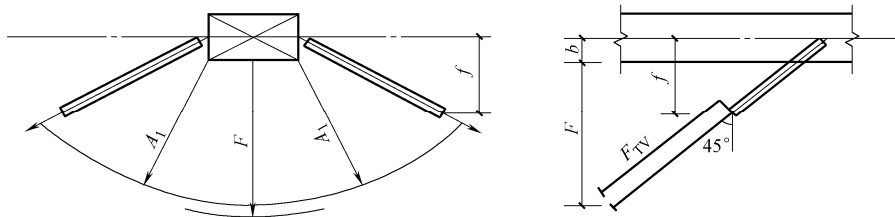


图 6-2 跳线的摆动弧垂

- （A）135cm （B）148.5cm （C）190.9cm （D）210cm

答案：[D]

解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式（附 10-20）、式（附 10-24）有：

$$f'_{TV} = 1.1 f_{TV} = 1.1 \times \frac{f'_T + b - f_j}{\cos \alpha_0} = 1.1 \times \frac{180 + 20 - 65}{\cos 45^\circ} \text{cm} \approx 210 \text{cm}$$

(2) 母线选用管型母线支持式结构, 相间距离为 3m, 母线支持绝缘子间距为 14m, 支持金具长为 1m (一侧), 母线三相短路电流为 36kA, 冲击短路电流为 90kA, 二相短路电流冲击值为 78kA, 请计算当短路时对母线产生的最大电动力是下列哪项值?

- (A) 209.1kg (B) 248.4kg (C) 330.7kg (D) 358.3kg

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (8-8) 有:

$$\therefore F = 17.248 \frac{I}{a} i_{ch}^2 \beta \times 10^{-2} = 17.248 \times \frac{1400 - 100}{300} \times 90^2 \times 0.58 \times 10^{-2} \text{ N} = 3511.35 \text{ N}$$

$$\therefore m = \frac{F}{g} = \frac{3511.35}{9.8} \text{ kg} = 358.3 \text{ kg}$$

► 分析: 根据第 343 页的内容, 为了安全, 工程计算一般取 $\beta = 0.58$ 。

(3) 配电装置的直击雷保护采用独立避雷针, 避雷针高为 35m, 被保护物高为 15m, 当要求其中两支避雷针的联合保护范围的宽度为 30m 时, 请计算这两支避雷针之间允许的最大距离和单支避雷针对被保护物的保护半径是下列哪组数值?

- (A) $r=20.9\text{m}$, $D=60.45\text{m}$ (B) $r=20.9\text{m}$, $D=72\text{m}$
(C) $r=22.5\text{m}$, $D=60.45\text{m}$ (D) $r=22.5\text{m}$, $D=72\text{m}$

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 5.2.1 条相关计算公式计算如下:

1) 已知:

$$h = 35\text{m}, P = \frac{5.5}{\sqrt{h}} = \frac{5.5}{\sqrt{35}} \approx 0.93, h_x = 15\text{m}$$

2) 根据式 (6), 在被保护物高度为 h_x 的水平面上的保护半径为

$$r_x = (1.5h - 2h_x)P = (1.5 \times 35 - 2 \times 15) \times 0.93 \text{ m} \approx 20.9 \text{ m}$$

3) 根据图 4, 两避雷针间的距离 D 计算如下:

$$b_x = 15\text{m}, h_a = h - h_x = (35 - 15)\text{m} = 20\text{m}, P = 0.93, \frac{h_x}{h} = \frac{15}{35} = 0.43$$

$$\Rightarrow \frac{b_x}{h_a P} = \frac{15}{20 \times 0.93} \approx 0.8$$

$$\Rightarrow \frac{D}{h_a P} = 3.25$$

$$\Rightarrow D = 3.25 \times h_a P = 3.25 \times 20 \times 0.93 \text{ m} \approx 60.45 \text{ m}$$

► 分析: b_x 为两等高避雷针间保护范围一侧的最小宽度, 应该取两支避雷针的联合保护范围的宽度 30m 的一半。本题是求两等高避雷针间联合保护范围一侧的最小宽度 b_x 的逆过程, 有一定难度。

(4) 母线支持绝缘子间距为 14m, 支持金具长为 1m (一侧), 母线自重为 4.96kg/m, 母线上的隔离开关静触头重为 15kg, 请计算母线挠度是下列哪项值? ($E = 7.1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$,

$$J = 299\text{cm}^4)$$

- (A) 2.75cm (B) 3.16cm (C) 3.63cm (D) 4.89cm

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 347 页有关公式计算如下:

1) 母线自重产生的挠度为

$$y_1 = 0.521 \frac{q_l L_{js}^4}{100EJ} = 0.521 \times \frac{4.96 \times 13^4 \times 10^6}{100 \times 7.1 \times 10^5 \times 299} \text{cm} = 3.48\text{cm}$$

2) 集中荷载(母线隔离开关静触头重)产生的挠度为

$$y_2 = 0.911 \frac{PL_{js}^3}{100EJ} = 0.911 \times \frac{15 \times 13^3 \times 10^6}{100 \times 7.1 \times 10^5 \times 299} \text{cm} = 1.41\text{cm}$$

3) 合成挠度为

$$y = y_1 + y_2 = (3.48 + 1.41)\text{cm} = 4.89\text{cm}。$$

► 分析: 本题只能按照例题的思路来做, 否则得不到正确结果。

(5) 出线隔离开关采用双柱型, 母线隔离开关为剪刀型, 下面列出的配电装置的最小安全净距中, 哪一条是错误的? 并说明理由。

- (A) 无遮拦架空线对被穿越的房屋屋面间 4300mm
(B) 出线隔离开关断口间 2000mm
(C) 母线隔离开关动、静触头间 2000mm
(D) 围墙与带电体间 3800mm

► 答案: [C]

► 解答过程: 本题的隔离开关采用双柱式剪刀型, 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 表 8.1.1: 无遮拦裸导体至建筑物、构筑物顶部之间的距离为 C 值, 对 220J 取 4300mm, A 答案对; 对普通隔离开关, 断路器和隔离开关的断口两侧引线带电部分之间的距离为 A_2 值, 对 220J 为 2000mm, B 答案对; 对双柱式剪刀型隔离开关, 根据条文说明 11.0.7 条, C 答案错误; 带电部分与建筑物、构筑物的边沿部分之间的距离为 D , 对 220J 系统为 3800mm, D 答案对。

► 分析: 若隔离开关为单柱垂直开启式, 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 11.0.7 条: 单柱垂直开启式隔离开关在分闸状态下, 动静触头间的最小电气距离不应小于配电装置的最小安全净距 B_1 值。

题 2: 某风电场升压站的 110kV 主接线采用变压器线路组接线, 一台变压器容量为 100MVA, 主变压器短路阻抗为 10.5%, 110kV 配电装置采用屋外敞开式, 升压变压器地处海拔 1000m 以下, 站区属多雷区。(2012)

(1) 图 6-3 为风电场升压站的断面图, 该站的土壤电阻率 $\rho = 500\Omega \cdot \text{m}$, 请问图 6-3 中布置上有几处设计错误? 并简要说明原因。

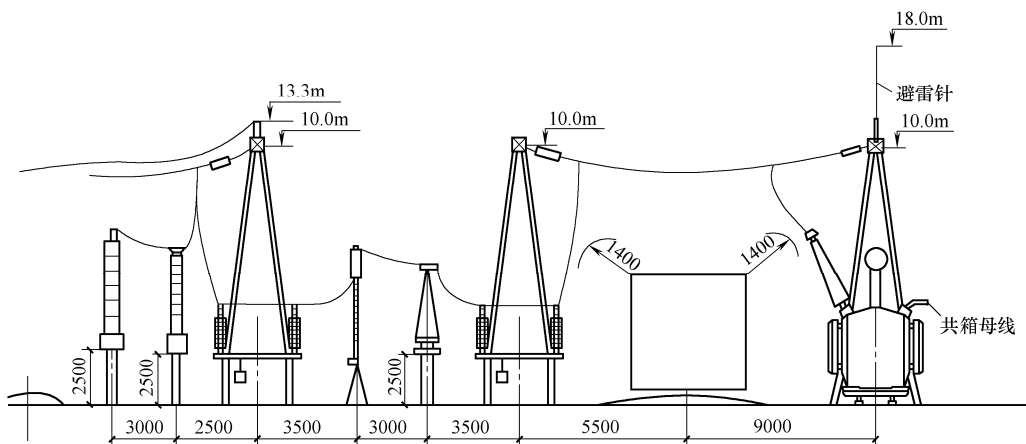


图 6-3 风电场升压站的断面图

- (A) 1 处 (B) 2 处 (C) 3 处 (D) 4 处

► 答案: [D]

► 解答过程: 《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 表 8.1.1 和图 8.1.1-3: 设备运输时, 其设备外廓至无遮拦带电部分之间的距离为 B_1 , 对 110kV 为 1750mm, 而图 6-3 中为 1400mm。根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 7.1.8 条: 当土壤电阻率大于 $350\Omega \cdot m$ 时, 变压器门型架构上不允许装设避雷针、避雷线, 而图 6-3 中装设了避雷针; 图 6-3 中电流互感器和断路器的位置反了, 算 1 个错误; 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 条文说明 7.5.3 条: 共箱封闭母线主要用于单机容量为 200MW 及以上的发电厂的厂用回路, 故本处不应采用共箱母线。

(2) 假设该站属 II 级污秽区, 请计算变压器门型架构上的绝缘子串应为多少片? (悬式绝缘子为 XWP-7 型, 单片泄漏距离为 40cm)

- (A) 7 片 (B) 8 片 (C) 9 片 (D) 10 片

► 答案: [B]

► 解答过程: 1) 根据《高压架空线路和发电厂、变电所环境污区分级及外绝缘选择标准》(GB/T 16434—1996) 表 2 可知 II 级污秽区 110kV 配电装置泄漏比距 $\lambda = 2.0\text{cm/kV}$ 。

2) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.2.1 条或《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 6-7 节第四部分悬式绝缘子片数选择, 按照工频电压和泄漏比距选择绝缘子片数, 故有

$$m \geq \frac{\lambda U_m}{K_c L_0} = \frac{2.0 \times 126}{1 \times 40} = 6.3$$

3) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 21.0.9 条: 选择悬式绝缘子应考虑绝缘子的老化, 每串绝缘子要预留的零值绝缘子对 35~220kV 悬垂绝缘子串预留 1 片零值绝缘子, 故总的绝缘子片数应为 7.3 片, 故本题选 B。

(3) 若进行该风电场升压站 110kV 母线侧单相短路电流计算, 取 $S_j = 100\text{MVA}$, 经过计

算网络的化简，各序计算总阻抗如下：

$X_{1\Sigma} = 0.1623, X_{2\Sigma} = 0.1623, X_{3\Sigma} = 0.12$ 请按照《电力工程电气设计手册 电气一次部分》，计算单相短路电流的周期分量起始有效值最接近下列哪项数值？

- (A) 3.387kA (B) 1.129kA (C) 1.956kA (D) 1.694kA

▶ 答案：[A]

▶ 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式(4-38)～式(4-42)：

$$I_d^I = mI_{dl}^I = 3I_{*dl}^I I_e = \frac{3}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} I_e = \frac{3}{0.1623 + 0.1623 + 0.12} \times 0.502\text{kA} \approx 3.387\text{kA}$$

▶ 分析： I_e 可以通过表 4-1 查得，也可以通过计算得到。

(4) 该风电场升压站 35kV 侧设置两组 9Mvar 并联电容器装置，拟各用一回三芯交联聚乙烯绝缘铝芯电缆连接，电缆的额定电压 $U_0/U=26/35$ ，电缆路径长度约 80m，同电缆沟内并排敷设，两电缆敷设中心距等于电缆外径。试按持续允许电流、短路热稳定条件计算后，选择出下列哪一种电缆截面是正确的？

附下列计算条件，地区气象温度多年平均值为 25℃，35kV 侧计算用短路热效应 Q 为 $76.8\text{kA}^2 \cdot \text{s}$ ，热稳定系数 C 为 86。

三芯交联聚乙烯绝缘铝芯高压电缆在空气中(25℃)长期允许载流量表

电缆导体截面/ mm^2	95	120	150	185
长期允许载流量/A	165	180	200	230

注：本表引自《电力电缆运行规程》。缆芯工作温度为 80℃，周围环境温度为 25℃。

- (A) 95mm^2 (B) 120mm^2 (C) 150mm^2 (D) 185mm^2

▶ 答案：[D]

▶ 解答过程：1) 按持续允许电流选择电缆截面。根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 5.1.3 条：并联电容器装置的总回路和分组回路的电器导体选择时，回路工作电流应按稳态过电流最大值确定，过电流倍数应为回路额定电流的 1.3 倍。据此可得回路工作电流为

$$I_g = 1.3 \times \frac{Q}{\sqrt{3}U} = 1.3 \times \frac{9 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 35} \text{A} \approx 193\text{A}$$

又根据《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 表 D.0.5，在 $s=d$ 的情况下，两根电缆并排敷设的电缆载流量校正系数为 0.9。如选择导线截面为 185mm^2 ，则实际电缆允许载流量为 $230 \times 0.9\text{A} = 207\text{A} > 193\text{A}$ ，满足要求。

2) 按热稳定条件选择电缆截面。根据《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 式(E.1.1-1)：

$$S \geq \frac{\sqrt{Q}}{C} = \frac{\sqrt{76.8 \times 10^6}}{86} \text{mm}^2 = 101.9\text{mm}^2$$

3) 综上所述，满足两种条件的只有 D 答案。

(5) 若该风电场的 110kV 配电装置接地均压网采用镀锌钢材，试求其最小截面为下列哪项数值？(计算假定条件如下，通过接地线的短路电流稳定值， $I_g=3.85\text{kA}$ ，短路的等效

持续时间为 0.5s)

- (A) 38.89mm^2 (B) 30.25mm^2 (C) 44.63mm^2 (D) 22.69mm^2

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 式 (C1):

$$S_g \geq \frac{I_g}{C} \sqrt{t_c} = \frac{3.85 \times 10^3}{70} \sqrt{0.5} \text{mm}^2 = 38.89 \text{mm}^2$$

▶ 分析: 本题的 C 值可以通过表 C1 得到, 不应该用上一题的 86。

题 3: 某水电厂采用 220kV 电压送出, 厂区设有一座 220kV 开关站, 请解答下列问题。(2008)

(1) 若该开关站地处海拔 2000m, 请计算 A_2 应取下列哪项数值?

- (A) 2000mm (B) 1900mm (C) 2200mm (D) 2100mm

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 表 8.1.1, 220J 系统 A_1 的值为 1800mm, A_2 的值为 2000mm, 再根据该规程的附录 B, 2000m 处 A_1 值修正约为 2000mm, 故 A_2 的值修正为 $[2000 + (2000 - 1800)] \text{mm} = 2200 \text{mm}$ 。故选 C。

(2) 若该 220kV 开关站场区总平面为 70m×60m 的矩形面积, 在四个顶角各安装高为 30m 的避雷针, 被保护物高度 14.5m, 为出线门架挂线高度, 请计算对角线的两针间保护范围的一侧最小宽度 b_x 应为下列哪项数值? (按《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》DL/T 620—1997 的计算方法)

- (A) 3.75m (B) 4.96m (C) 2.95m (D) 8.95m

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 多只避雷针的联合保护范围示意图如图 6-4 所示。

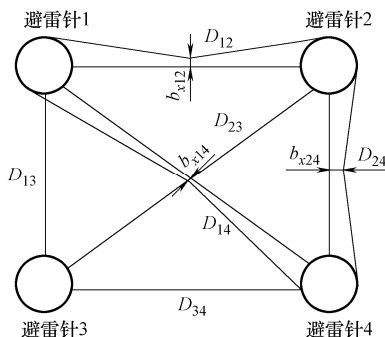


图 6-4 多只避雷针的联合保护范围示意图

1) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 5.2.1 条及第 5.2.2 条各符号定义知

$$h = 30\text{m}; h_x = 14.5\text{m}; h_a = h - h_x = (30 - 14.5)\text{m} = 15.5\text{m}; P = 1$$

2) 由于题目要求计算的是对角线的两针间保护范围的一侧最小宽度 b_x , 即计算的应

该是避雷针 1、4 保护范围一侧的最小宽度 b_{x14} 。

$$D_{14} = \sqrt{70^2 + 60^2} \text{ m} = 92.2 \text{ m}, h_0 = h - \frac{D_{14}}{7P} = 30 \text{ m} - \frac{92.2}{7} \text{ m} = 16.8 \text{ m}$$

$$\frac{D_{14}}{h_a P} = \frac{92.2}{15.5 \times 1} = 5.95, \frac{h_x}{h} = \frac{14.5}{30} = 0.48$$

查《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 图 4 得

$$\frac{b_{x14}}{h_a P} = 0.32 \Rightarrow b_{x14} = 0.32 \times 15.5 \times 1 \text{ m} = 4.96 \text{ m}$$

故本题选 B 为正确答案。

(3) 若该水电厂设置两台 90MVA 主变, 每台变压器的油量为 50t, 变压器油密度是 0.84 t/m^3 , 设计有油水分离措施的总事故储油池时, 其容量应为下列哪项数值? (按《高压配电装置设计技术规程》DL/T 5352—2006 的规定计算)

- (A) 59.52 m^3 (B) 11.91 m^3 (C) 35.71 m^3 (D) 119.09 m^3

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 第 8.5.3 条及条文说明: “当设置有油水分离的总事故储油池时, 其容量宜按最大一个油箱容量的 60% 确定”, 可得储油池的容量为

$$\frac{50}{0.84} \times 60\% \text{ m}^3 = 35.71 \text{ m}^3$$

故本题选 C。

► 分析: 本题的题眼在于设有油水分离的总事故储油室。如果没有油水分离措施, 按规程规定, 则应按一台变压器容量的 100% 确定。

(4) 若该开关站所处地区的地震烈度为 9 度, 说明下列关于 220kV 屋外配电装置的论述中哪一项不符合设计规程的要求?

- (A) 220kV 配电装置型式不应采用高型、半高型。
(B) 220kV 配电装置的管型母线宜采用悬挂式结构。
(C) 220kV 配电装置主要设备之间与其他设备及设施间的距离宜适当加大。
(D) 220kV 配电装置的构架和设备支架设计荷载, 不计入风荷载作用效应。

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力设施抗震设计规范》(GB 50260—1996) 第 5.5.2 条规定知, 当地震烈度为 9 度时, 电气设施的布置应符合下列原则的要求:

1) 电压为 110kV 及以上的配电装置型式, 不宜采用高型、半高型和双层屋内配电装置。

2) 电压为 110kV 及以上的管型母线配电装置的管型母线, 宜采用悬挂式结构。

3) 主要设备之间以及主要设备与其他设备及设施间的距离宜适当增大。

由此可知答案 A、B、C 正确。

4) 根据《电力设施抗震设计规范》(GB 50260—1996) 第 6.5.4 条第 4 款规定: 地震

作用效应与其他荷载效应组合时，应按 GB 50011《建筑抗震设计规范》的规定同时计入风荷载作用效应。故 D 答案错误。

► 分析：本题也可根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 10 章第 680 页～683 页相关内容作答。

题 4：请回答 500kV 超高压配电装置型式选择、导线选择、安全净距。（2005）

（1）采用一台半断路器接线的 500kV 户外配电装置型式，按断路器布置方式，通常划分哪一组？

- （A）三列式、平环式、单列式 （B）三列式、平环式、双列式
（C）三列式、单列式、双列式 （D）平环式、单列式、双列式

► 答案：[A]

► 解答过程：解法 1：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 673 页表 10-31 可知 500kV 一台半断路器布置分为三列布置、平环布置以及单列布置三种；解法 2：根据《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）第 8.3.2 条规定：220kV～500kV 电压等级，一台半断路器接线，当采用软母线或管型母线配双柱式、三柱式、双柱伸缩式或单柱隔离开关时，屋外敞开式配电装置应采用中型布置。断路器宜采用三列式、单列式或“品”字形布置。

（2）在 500kV 配电装置中各回路载流量大，又要满足电晕及无线电干扰的要求，工程中普遍采用下列哪一组导线？

- （A）普通 LGJ、扩径空心导线、多分裂导线
（B）普通 LGJ、扩径空心导线、大直径或组合铝管
（C）普通 LGJ、多分裂导线、大直径或组合铝管
（D）扩径空心导线、多分裂导线、大直径或组合铝管

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 8-3 节第 1 条第（6）款：“500kV 配电装置宜采用由空心扩径导线或铝合金绞线组成的分裂导线”；又根据《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 7.3.2 条可知，500kV 硬导体可采用单根大直径圆管或多根小直径圆管组成的分裂结构。

（3）500kV 户外配电装置的安全净距 C 值，由下列哪一组确定？说明理由。

- （A）由 A_1 值+人体举手高+20cm （B）由静电感应场强水平定
（C）由电晕确定 （D）由无线电干扰水平确定

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）第 8.0.1 条及条文说明及表 8.1.1：“C 值是保证人举手时，手与带电裸导体之间的净距不小于 A_1 的值， $C = A_1 + 2300\text{mm} + 200\text{mm}$ ，式中 2300mm 是运行人员举手后总高度不超过 2300mm；200mm 指的是屋外配电装置的施工误差”。

题 5: 在某矿区内拟建设一座 66/10kV 变电所，两回 66kV 架空进线，设两台主变压器，型号 S9-6300/66，采用屋内双层布置，主变压器室、10kV 配电室、电容器室、维修间、备件库等均布置在一层，66kV 配电室、控制室布置在二层。请回答下列问题。（供配电 2007）

（1）该变电所所址的选择，下列表述中哪一项是不符合要求的？并说明理由和正确的做法。

- （A）靠近负荷中心
- （B）交通运输方便
- （C）周围环境宜无明显污秽，如空气污秽时，所址应设在污染源影响最小处
- （D）所址标高宜在 100 年一遇高水位之上

► 答案：[D]

► 解答过程：《35~110kV 变电所设计规范》（GB 50059—1992）第 2.0.1 条。

► 分析：变电所所址选择的依据一共有 9 条。《35~110kV 变电所设计规范》（GB 50059—1992）已被《35kV~110kV 变电站设计规范》（GB 50059—2011）替代，2013 年考试将以新规范作为答题依据。

（2）若两台主变压器布置在高压配电装置室外的进线一侧（每台主变压器油重为 5.9t），请判断下列关于主变压器布置的表述哪一项是不正确的？并说明理由。

- （A）每台主变压器应设置能容纳 100%油量的储油池或 20%油量的储油池和挡油墙，并应有将油排到安全处所的设施
- （B）两台主变压器之间无防火墙时，其最小防火净距应为 6m
- （C）当屋外油浸变压器之间需要设置防火墙时，防火墙的高度不宜低于变压器储油柜的顶端高度
- （D）当高压配电装置室外墙距主变压器外廓 5m 以内时，在变压器高度上 3m 的水平线以下及外廓两侧各 3m 的外墙范围内，不应有门、窗或通风孔

► 答案：[A]

► 解答过程：《3~110kV 高压配电装置设计规范》（GB 50060—2008）第 5.4.5、5.4.6、5.4.7、5.4.8 条。

► 分析：设置能容纳 100%油量的储油池时不需要有将油排到安全处所的设施。

（3）该变电所 66kV 配电室内布置有 11 台开关柜，采用单列布置，其中有 4 台柜为柜后架空进出线。请说明栅状遮栏至带电部分之间最小安全净距，下列哪项数据是正确的？

- （A）900mm
- （B）1050mm
- （C）1300mm
- （D）1600mm

► 答案：[C]

► 解答过程：《3~110kV 高压配电装置设计规范》（GB 50060—2008）表 5.1.3：“屋内配电装置的安全净距 66kV 时栅状遮栏至带电部分之间最小安全净距为 1300mm”。

题 6: 图 6-5 所示为 110kV 配电装置变压器间隔断面图(局部), 已知 110kV 系统为中性点有效接地系统, 变压器为油浸式, 请回答下列问题。(供配电 2008)

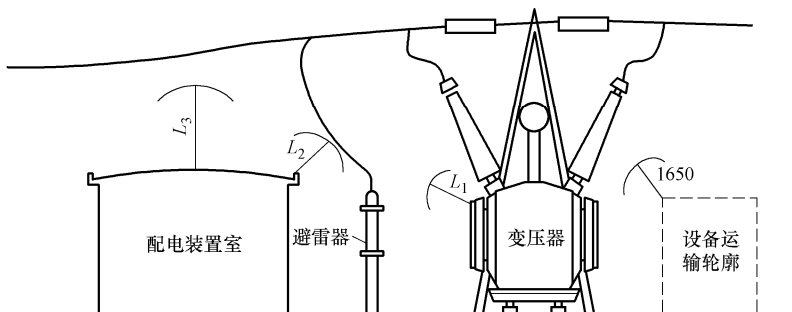


图 6-5 110kV 配电装置变压器间隔断面图

(1) 分析说明变压器散热器的外轮廓与避雷器之间的安全净距: L_1 不应小于下列哪项数值?

- (A) 900mm (B) 1000mm (C) 1650mm (D) 1750mm

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《3~110kV 高压配电装置设计规范》(GB 50060—2008) 表 5.1.1。

▶ 分析: 本题应该把变压器看做设备运输, L_1 应为其外廓至无遮拦带电部分之间的距离。

(2) 分析说明避雷器引线上与配电装置室挑檐之间的安全净距 L_2 不应小于下列哪项数值?

- (A) 1000mm (B) 1650mm (C) 2900mm (D) 3400mm

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 《3~110kV 高压配电装置设计规范》(GB 50060—2008) 表 5.1.1。

(3) 分析说明配电装置室顶部与跨越配电室装置室的导线的安全净距 L_3 不应小于下列哪个数值?

- (A) 1000mm (B) 1650mm (C) 2900mm (D) 3400mm

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 《3~110kV 高压配电装置设计规范》(GB 50060—2008) 表 5.1.1。

(4) 在配电装置室不采取防火措施的情况下, 变压器与配电装置室之间的防火间距应为下列哪个数值?

- (A) 5m (B) 10m (C) 15m (D) 20m

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 《35~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—2008) 附录九、十。

(5) 若变电所有两台变压器, 单台变压器的油量均超过 1000kg, 当同时设置贮油坑及

总事故油池（设置油水分离），它们的容量应是下列哪些数据？

- (A) 贮油坑的容量不小于单台变压器油量的 10%，总事故油池的容量不小于最大单台变压器油量的 60%
- (B) 贮油坑的容量不小于单台变压器油量的 20%，总事故油池的容量不小于最大单台变压器油量的 50%
- (C) 贮油坑的容量不小于单台变压器油量的 15%，总事故油池的容量不小于最大单台变压器油量的 50%
- (D) 贮油坑的容量不小于单台变压器油量的 20%，总事故油池的容量不小于最大单台变压器油量的 60%

► 答案：[D]

► 解答过程：《35~110kV 变电所设计规范》（GB 50059—1992）第 4.6.5 条：“主变压器等充油电气设备，当单个油箱的油量在 1000kg 以上时，应同时设置贮油坑及总事故油池，其容量分别不小于单台设备油量的 20% 及最大单台设备油量的 60%。”

► 分析：《35~110kV 变电所设计规范》（GB 50059—1992）已经废止。2013 年考试将以新规范《35kV~110kV 变电站设计规范》（GB 50059—2011）作为答题依据。

题 7：图 6-6 所示为中性点不接地的 110kV 屋外配电装置，装在海拔高度不超过 1000m 处，请按下列要求，分别回答下列问题。

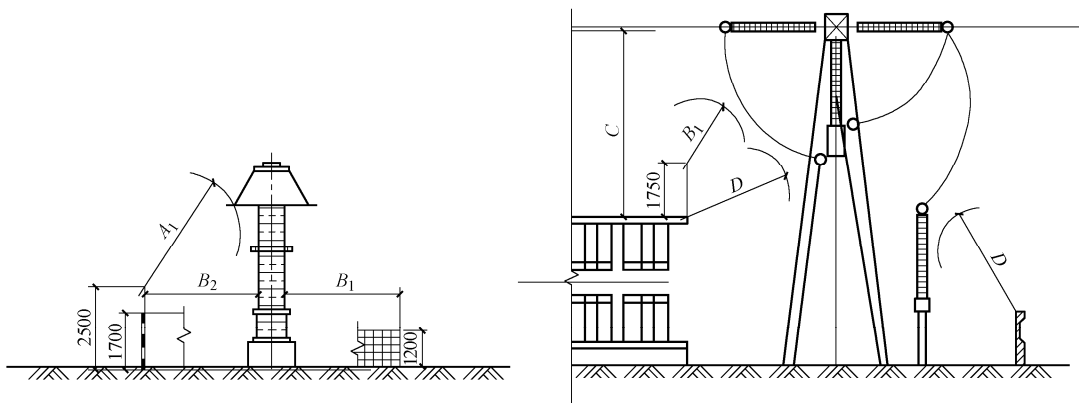


图 6-6 中性点不接地的 110kV 屋外配电装置

(1) 图中 B_2 的下列数值，符合规范要求的是 ()。

- (A) 1000mm (B) 1100mm (C) 750mm (D) 780mm

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）表 8.1.1：“ B_2 为网状遮拦至带电部分之间的距离，对 110kV 不接地系统取 1100mm。”

(2) 110kV 不接地系统屋外配电装置的安全净距的各项值 (A_1, B_1, B_2, C, D) 较 110kV 中性点有效接地系统屋外配电装置安全净距各相应值 ()。

- (A) 大于 (B) 等于 (C) 小于 (D) 大 100mm

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 表 8.1.1。

(3) 由于布置上的原因, 变电所独立避雷针的接地装置与变电所主接地网之间地中实际距离为 2m, 避雷针的冲击接地电阻为 10Ω , 采用沥青混凝土作为绝缘隔离层, 则该隔离层的厚度为 ()。

- (A) 0.5m (B) 0.4m (C) 0.3m (D) 0.25m

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (16-44) 有

$$b = 0.15R_{ch} - 0.5S = (0.15 \times 10 - 0.5 \times 2)m = 0.5m$$

► 分析: 独立避雷针及其接地装置与道路或建筑物的出、入口等距离应大于 3m。在高土壤电阻率地区或布置上有困难, 而地中距离不能满足至少大于 3m 的要求时, 可以采用沥青或沥青混凝土作为绝缘隔离层。隔离层的厚度 b 由式 (16-44) 确定。

(4) 如图 6-7 所示, 由于布置上的原因, 变电所独立避雷针接地装置与其主接地网之间的距离不能满足要求, 拟采用沥青混凝土作绝缘隔离层, 其厚度为 0.2m (图 6-7 中的 b)。隔离层边缘至主接地网接地体的最小距离 $S_1=1.8m$, 则隔离层至避雷针接地体的最小距离应不小于 ()。

- (A) 0.5m (B) 1.0m (C) 0.7m (D) 0.8m

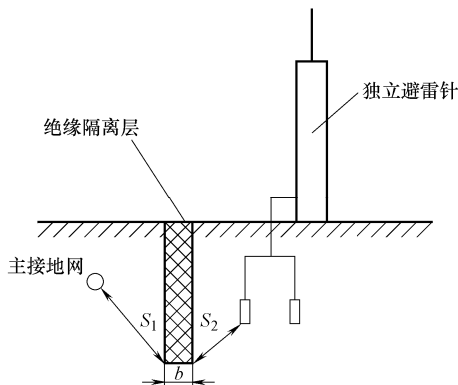


图 6-7 布置图

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (16-45) 有

$$S_1 + S_2 + b \geq S_d \Rightarrow S_2 \geq S_d - S_1 - b = 3m - 1.8m - 0.2m = 1m$$

► 分析: 独立避雷针的接地装置与接地网的地中距离不应小于 3m。

(5) 已知安装在海拔高度超过 1000m 的 63kV 配电装置, 修正后的 A_1 值为 800mm, 则安全净距 B_1 为 ()。

- (A) 2800mm (B) 900mm (C) 3300mm (D) 1550mm

► 答案: [D]

► **解答过程：**根据《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）表 8.1.1 及附录 B，修正前 A_1 值为 650mm，修正后的 A_1 值为 800mm，增加 150mm， B_1 修正前为 1400mm，则修正后为 $(1400+150)\text{mm}=1550\text{mm}$ 。

题 8：图 6-8 所示为 110kV 屋内配电装置，装在海拔高度为 800m 处，110kV 供电系统中性点有效接地。请按电气安全净距的要求，分别回答下面的问题。（以 mm 为单位）

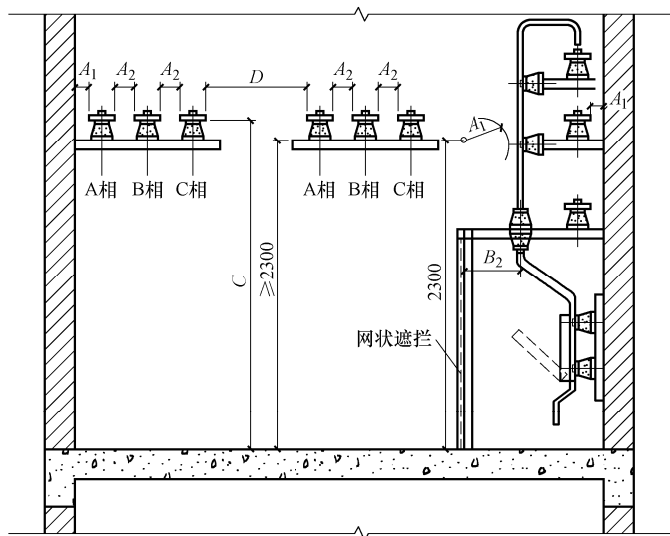


图 6-8 110kV 屋内配电装置

（1）图中标示的 A_1 下列哪个数值是符合规范要求的？

- （A）300mm （B）500mm （C）850mm （D）750mm

► **答案：**[C]

► **解答过程：**根据《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）图 8.1.3-1 和表 8.1.3， A_1 为带电部分至接地部分之间的距离，取 850mm。

（2）图中标示的 A_2 下列哪项数值是符合规范要求的？

- （A）800mm （B）500mm （C）900mm （D）300mm

► **答案：**[C]

► **解答过程：**根据《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）图 8.1.3-1 和表 8.1.3， A_2 为不同相带电部分之间的距离，取 900mm。

（3）图中标示的 B_2 下列哪项数值是符合规范要求的？

- （A）950mm （B）650mm （C）1050mm （D）400mm

► **答案：**[A]

► **解答过程：**根据《高压配电装置设计技术规程》（DL/T 5352—2006）图 8.1.3-1 和表 8.1.3， B_2 为网状遮拦至带电部分之间的距离，取 950mm。

(4) 当将图中的网状遮栏改为板状遮栏时, B_2 值应为 ()。

(A) 580mm (B) 330mm (C) 210mm (D) 880mm

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 图 8.1.3-1 和表 8.1.3 注, 当为板状遮栏时, 其 B_2 的值可取 (A_1+30) , 即 $(850+30)$ mm=880mm。

(5) 当将 110kV 供电系统中性点有效接地改为不接地时, 则 A_1 值应为 ()。

(A) 750mm (B) 950mm (C) 850mm (D) 800mm

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 10-4。

▶ 分析: 《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 表 8.1.3 并没有 110kV 不接地系统的安全净距的规定。

第七章 过电压保护和绝缘配合

一、大纲要求 ★★★

- 1) 熟悉电力系统过电压种类和过电压水平;
- 2) 掌握雷电过电压的特点及相应的限制和保护设计;
- 3) 掌握暂时过电压的特点及相应的限制和保护设计;
- 4) 掌握操作过电压的特点及相应的限制和保护设计;
- 5) 了解输电线路、配电装置及电气设备的绝缘配合方法及绝缘水平的确定。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 30 分,其中专业知识占 10 分左右,案例占 20 分左右。考点集中,考试题目有一定难度。答题依据主要有《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第十五章、《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997)、《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》(DL/T 5090—1999)等。重点考查电力系统过电压的种类和过电压水平、各种过电压的限制措施、避雷针(线)的保护范围、输电线路、配电装置及电气设备的绝缘配合方法等。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

(1) 在超高压线路的并联电抗器上装设中性点小电抗的作用是下列哪条? (2012)

- (A) 限制合闸过电压 (B) 限制操作过电压
(C) 限制工频谐振过电压和潜供电流 (D) 限制雷电过电压

▶ 答案: [C]

▶ 依据:《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 536 页。

▶ 分析: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 14.4.1 条:“应根据电力系统的情况按加速潜供电弧熄灭或抑制谐振过电压的要求选择小电抗器”。本题还需要理解潜供电流产生的原因和抑制措施。

(2) 变电所内,用于 110kV 有效接地系统的母线型无间隙金属氧化物避雷器的持续运行电压和额定电压应不低于下列哪组数据? (2012)

- (A) 57.6kV, 71.8kV (B) 69.6kV, 90.8kV
(C) 72.7kV, 94.5kV (D) 63.5kV, 82.5kV

► 答案: [C]

► 依据:《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997)表 3,即 110kV 有效接地系统的无间隙金属氧化物避雷器持续运行电压相地为 $\frac{U_m}{\sqrt{3}} = \frac{126}{\sqrt{3}} \text{ kV} = 72.7 \text{ kV}$ 。额定电压为 $0.75U_m = 0.75 \times 126 \text{ kV} = 94.5 \text{ kV}$ 。

► 分析: 母线型无间隙避雷器显然不是变压器中性点避雷器。

(3) 在 220kV 和 35kV 电力系统中,工频过电压水平一般分别不超过下列哪组数值?(2011)

- (A) 252kV、40.5kV (B) 189kV、40.5kV
(C) 328kV、23.38kV (D) 189kV、23.38kV

► 答案: [B]

► 依据:《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997)第 4.1.1 条 b) 款:“对范围 I 中的 110kV 及 220kV 系统,工频过电压一般不超过 1.3p.u.。对 35kV~66kV 系统,工频过电压不超过 $\sqrt{3}$ p.u.”。又根据第 3.2.3 条:“工频过电压的标幺值取 $1.0\text{p.u.} = U_m / \sqrt{3}$ ”。故有 220kV 和 35kV 系统的工频过电压分别为

$$1.3\text{p.u.} = \frac{1.3U_m}{\sqrt{3}} = \frac{1.3 \times 252}{\sqrt{3}} \text{ kV} = 189 \text{ kV}$$

$$\sqrt{3}\text{p.u.} = \sqrt{3} \times \frac{U_m}{\sqrt{3}} = U_m = 40.5 \text{ kV}$$

(4) 某 220kV 电压等级的大跨越档线路,档距为 1000m,根据雷击档距中央避雷线防止反击的条件,档距中央导线与避雷线间的距离应大于下列何值?(2011)

- (A) 7.5m (B) 9.5m (C) 10.0m (D) 11.0m

► 答案: [D]

► 依据:《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997)式(14)有 $S_1 = 0.012l + 1 = (0.012 \times 1000 + 1)\text{m} = 13\text{m}$

显然按式(14)算出来的档距较大,大于表 10 的数值。根据第 6.1.6 条规定:“当档距长度较大,按式(14)计算出的 S_1 大于表 10 的数值时,可按后者要求。”根据表 10,防止反击要求的大跨越档导线与避雷线间的距离对 220kV 系统取 11m。

(5) 某 10kV 变电所,10kV 母线上接有一台变压器,3 回架空出线,出线侧均装设避雷器,请问母线上是否需要装设避雷器,避雷器距变压器的距离不宜大于何值?(2011)

- (A) 需要装设避雷器,且避雷器距变压器的电气距离不宜大于 20m
(B) 需要装设避雷器,且避雷器距变压器的电气距离不宜大于 25m
(C) 需要装设避雷器,且避雷器距变压器的电气距离不宜大于 30m
(D) 不需装设避雷器,出线侧的避雷器可以保护母线设备及变压器

► 答案: [B]

► 依据:《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997)第 7.3.9 条及表 13。

(6) 在发电厂、变电所中, 对 220kV 有效接地系统, 当选择带串联间隙金属氧化物避雷器时, 其额定电压应选为 ()。(2008)

- (A) 181.5kV (B) 189.0kV (C) 193.6kV (D) 201.6kV

► 答案: [D]

► 依据:《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 5.3.3 条, 对有串联间隙金属氧化物避雷器和碳化硅阀式避雷器的额定电压, 在一般情况下应符合下列要求: 110kV 及 220kV 有效接地系统不低于 $0.8U_m = 0.8 \times 252kV = 201.6kV$ 。

► 分析: 系统最高电压 U_m 可以通过《标准电压》(GB/T 156—2007) 表 4 查得。

(7) 在发电厂、变电站中, 单支避雷针高度为 20m, 被保护物的高度为 12m, 则保护的半径为 ()。(2008)

- (A) 6m (B) 7.38m (C) 8m (D) 9.84m

► 答案: [C]

► 依据:《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 5.2.1 条 b) 款式 (5):

$$r_x = (h - h_x)P = (20 - 12) \times 1m = 8m。$$

► 分析: 1) 考查的是避雷针在被保护物高度上的保护半径。2) P 为高度影响系数, 取 1。

(8) 35kV 中性点不接地系统中, 为防止电压互感器过饱和而产生铁磁谐振过电压, 下列哪项措施是不当的? (2008)

- (A) 选用铁磁特性饱和点较高的电磁式电压互感器
(B) 减少同一系统中电压互感器中性点的接地数量
(C) 装设消谐装置
(D) 装设氧化锌避雷器

► 答案: [D]

► 依据:《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 4.1.5 条第 d 款。

(9) 对于非自动恢复绝缘介质, 在绝缘配合时, 采用下列哪种方法? (2008)

- (A) 惯用法 (B) 统计法 (C) 简化统计法 (D) 滚球法

► 答案: [A]

► 依据:《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 895 页绝缘配合方法。

► 分析: 1) 惯用法是一种传统的方法, 适用于非自恢复绝缘, 是我国目前确定电气设备绝缘水平的主要方法。它是按作用在绝缘上的最大过电压和最小绝缘强度的概念进行绝缘配合。2) 统计法把过电压和绝缘强度都看做随机变量, 并试图对其故障进行定量。目前仅在确定超高压输电线路的绝缘水平时采用统计法。半统计法仅把绝缘强度作为随机变量, 确认绝缘放电电压的效应曲线为正态分布。目前, 对超高压配电装置的自恢复绝缘采用半统计法。3) 简化统计法假设①过电压遵从正态分布; ②单个间隙上所加电压与其他并

联间隙上所加电压之间不相关，是 IEC 推荐的用于自恢复绝缘的计算方法。4) 滚球法是一种计算接闪器保护范围的方法。它的计算原理为以某一规定半径的球体，在装有接闪器的建筑物上滚过，滚球体由于受建筑物上所安装的接闪器的阻挡而无法触及某些范围，把这些范围认为是接闪器的保护范围。由此可知滚球法与绝缘配合无关。

2. 多项选择题

(1) 在电力系统运行中，下列哪几种电压属于设备绝缘的电压？(2012)

(A) 工频电压 (B) 跨步电压 (C) 操作过电压 (D) 暂时过电压

▶ 答案：[A、C、D]

▶ 依据：《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 3.2.1 条，即“系统运行时出现在设备绝缘上的电压有：

- 1) 正常运行时的工频电压；
- 2) 暂时过电压（工频过电压、谐振过电压）；
- 3) 操作过电压；
- 4) 雷电过电压。”

▶ 分析：跨步电压数值不大，不属于设备绝缘上的电压。

(2) 变电所中电气设备与工频电压的绝缘配合原则是哪些？(2012)

- (A) 工频运行电压下瓷外绝缘的爬电距离应符合相应环境污秽等级的爬电比距要求
(B) 电气设备应能承受一定幅值和时间的工频过电压
(C) 电气设备与工频过电压的绝缘配合系数取 1.15
(D) 电气设备应能承受一定幅值和时间的谐振过电压

▶ 答案：[A、B、D]

▶ 依据：《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.1.2 条。

(3) 某变电所中有一照明灯塔上装有避雷针，照明灯电源线采用直接埋入地下带金属外皮的电缆。电缆外皮埋地长度为下列哪几种时，不允许与 35kV 电压配电装置的接地网及低压配电装置相连？(2011)

(A) 15m (B) 12m (C) 10m (D) 8m

▶ 答案：[C、D]

▶ 依据：《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 7.1.10 条。

(4) 一般情况下，发电厂和变电所中下列哪些设施应装设直击雷保护装置？(2011)

- (A) 屋外配电装置 (B) 火力发电厂的烟囱、冷却塔
(C) 发电厂的主厂房 (D) 发电厂和变电所的控制室

▶ 答案：[A、B]

▶ 依据：根据《交流电气装置的过电压保护与绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 7.1.1 条可知 A、B 答案正确；根据第 7.1.2 条：“发电厂的主厂房、主控制室和配电装置室一般不装设直击雷保护装置”，可知 C、D 答案错误。

(5) 发电厂、变电所中的 220kV 配电装置, 采用无间隙氧化锌避雷器作为雷电过电压保护, 其避雷器应符合下列哪些要求? (2011)

- (A) 避雷器的持续运行电压 $220/\sqrt{3}$ kV, 额定电压 0.75×220 kV
- (B) 避雷器的持续运行电压 $242/\sqrt{3}$ kV, 额定电压 0.8×242 kV
- (C) 避雷器的持续运行电压 $252/\sqrt{3}$ kV, 额定电压 0.75×252 kV
- (D) 避雷器能承受所在系统作用的暂时过电压和操作过电压能量

▶ 答案: [C、D]

▶ 依据: 《交流电气装置的过电压保护与绝缘配合》(DL/T 620—1997) 表 3 及 5.3.4 条。

(6) 在发电厂和变电所中, 独立避雷针不应设在人经常通行的地方, 当避雷针及其接地装置与道路的距离小于 3m 时, 应采取下列哪些措施? (2008)

- (A) 加强分流
- (B) 采取均压措施
- (C) 铺沥青路面
- (D) 设计中接地装置

▶ 答案: [B、C]

▶ 依据: 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 7.1.6 条。

(7) 电力系统中的工频过电压一般是由下列哪些因素引起的? (2008)

- (A) 重合闸
- (B) 线路空载
- (C) 接地故障
- (D) 甩负荷

▶ 答案: [B、C、D]

▶ 依据: 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 4.1.1 条。

(8) 下列哪些操作可能引起操作过电压? (2008)

- (A) 切除空载变压器
- (B) 切除空载线路
- (C) 隔离开关操作空载母线
- (D) 变压器有载开关操作

▶ 答案: [A、B、C]

▶ 依据: 《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 4.2 条。

3. 案例题

题 1: 某 110kV 变电所装有两台三卷变压器, 额定容量为 120/120/60MVA, 额定电压为 110/35/10kV, 阻抗为 $U_{k(1-2)}\% = 9.5$ 、 $U_{k(3-1)}\% = 28$ 、 $U_{k(2-3)}\% = 19$ 。主变 110kV、35kV 侧均为架空进线, 110kV 架空出线至 2km 之外的变电所 (全线有避雷线), 35kV 和 10kV 为负荷线, 10kV 母线上装设有并联电容器组, 其电气主接线如图 7-1 所示。图中 10kV 配电装置距主变压器 1km, 主变 10kV 侧采用 3×185 铜芯电缆接至 10kV 母线, 电缆单位长度电阻为 $0.103 \Omega/\text{km}$, 电抗为 $0.069 \Omega/\text{km}$, 功率因数 $\cos \varphi = 0.85$ 。请回答下列问题。(计算题按最接近数值选项) (2011)

(1) 请计算图中 110kV 母线氧化锌避雷器最大保护的电气距离为下列哪项数值? (除变压器之外)

- (A) 165m
- (B) 223m
- (C) 230m
- (D) 310m

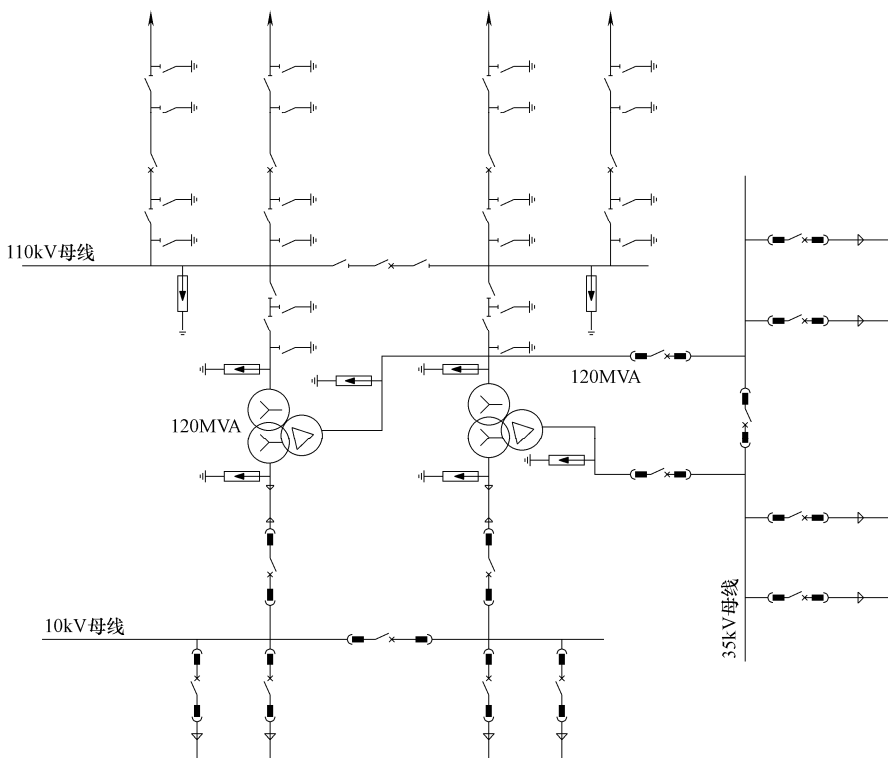


图 7-1 电气主接线

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 7.3.4 条第 b) 款及表 12 可知, 110kV 金属氧化物避雷器对保护电器 (除主变外) 的最大距离在 110kV 金属氧化物避雷器对主变的最大距离上相应增加 35%, 即 $170 \times (1+35\%) \text{m} = 230 \text{m}$, 故选 C 为正确答案。

► 分析: 本题中 110kV 采用的是单母分段接线, 每段母线都安装有金属氧化物避雷器, 进线路数应该算两回, 进线长度是 2km。

(2) 假设图中主变压器最大年利用小时数为 4000h, 成本按 0.27 元/kW·h, 经济电流密度取 0.455A/mm^2 , 主变 110kV 侧架空导线采用铝绞线, 按经济电流密度选择的导线截面应为 ()。

- (A) $2 \times 400 \text{mm}^2$ (B) $2 \times 500 \text{mm}^2$ (C) $2 \times 630 \text{mm}^2$ (D) $2 \times 800 \text{mm}^2$

► 答案: [C]

► 解答过程: 已知最大负荷利用小时数 $T=4000 \text{h}$, 成本电价为 0.27 元/kW·h, 主变 110kV 架空线采用铝绞线, 查《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 图 E.7, 得经济电流密度为 0.455A/mm^2 。根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 6-3, 主变回路持续工作电流为变压器额定电流的 1.05 倍, 可得

$$I_g = 1.05 \frac{S}{\sqrt{3} \times U_N} = 1.05 \times \frac{120}{\sqrt{3} \times 110} \text{ kA} = 0.66 \text{ kA} = 660 \text{ A}$$

再根据式 (8-2) 得

$$S_j = \frac{660}{0.455} \text{ mm}^2 = 1450.5 \text{ mm}^2$$

又根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 336 页 (三) 规定: 当无合适规格的导体时, 导线面积可小于经济电流密度的计算截面。或根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 7.1.6 条的规定, 当无合适规格导体时, 导体面积可按经济电流密度计算截面的相邻下一档选取。故本题选 C。

► 分析: 本题经济密度已知, 无须查表。

(3) 请校验 10kV 配电装置至主变压器电缆末端的电压损失最接近下列哪项数值?

(A) 5.25% (B) 7.8% (C) 9.09% (D) 12.77%

► 答案: [B]

► 解答过程: 电力电缆按持续允许电流选择后, 还要进行热稳定和电压损失校验。根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (17-6) 可得

$$\begin{aligned} \Delta U\% &= \frac{173}{U} I_g L (r \cos \varphi + x \sin \varphi) \\ &= \frac{173}{U} \times \frac{1.05 S}{\sqrt{3} U_N} \times L (r \cos \varphi + x \sin \varphi) \\ &= \frac{173}{10000} \times \frac{1.05 \times 60000}{\sqrt{3} \times 10} \times 1 \times (0.103 \times 0.85 + 0.069 \times 0.527) \\ &= 7.8 \end{aligned}$$

(4) 假设 10kV 母线上电压损失为 5%, 为保证母线电压正常为 10kV, 请计算需补偿的最大容性无功容量最接近下列哪项数值?

(A) 38.6Mvar (B) 46.1Mvar (C) 68.8Mvar (D) 72.1Mvar

► 答案: [C]

► 解答过程: 本题考察无功补偿容量的计算问题。根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第九章式 (9-4) 可得

$$Q_{\text{cum}} = \frac{\Delta U_m U_m}{X_1} = \frac{0.5 \times 9.5}{0.069 \times 1} \text{ Mvar} = 68.8 \text{ Mvar}$$

(5) 图 7-1 中, 取基准容量 $S_j = 1000 \text{ MVA}$, 其 110kV 系统正序阻抗标么值为 0.012, 当 35kV 母线发生三相短路时, 其归算至短路点的阻抗标么值最接近下列哪项?

(A) 1.964 (B) 0.798
(C) 0.408 (D) 0.399

► 答案: [C]

► 解答过程: 先做出系统电抗图, 如图 7-2 所示。

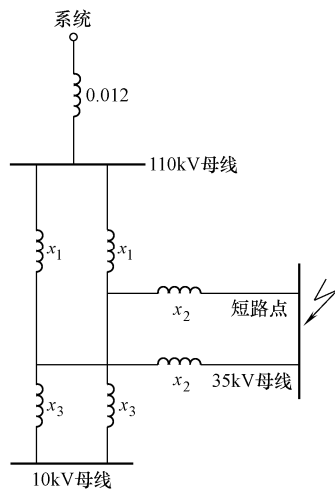


图 7-2 系统电抗图

变压器并列运行, 可得

$$U_{k1}\% = \frac{1}{2}(U_{k(1-2)}\% + U_{k(3-1)}\% - U_{k(2-3)}\%) = \frac{1}{2} \times (9.5 + 28 - 19) = 9.25$$

$$U_{k2}\% = \frac{1}{2}(U_{k(1-2)}\% + U_{k(2-3)}\% - U_{k(3-1)}\%) = \frac{1}{2} \times (9.5 + 19 - 28) = 0.25$$

$$U_{k3}\% = \frac{1}{2}(U_{k(3-1)}\% + U_{k(2-3)}\% - U_{k(1-2)}\%) = \frac{1}{2} \times (28 + 19 - 9.5) = 18.75$$

$$\Rightarrow x_1 = \frac{U_{k1}\%}{100} \times \frac{S_j}{S_e} = \frac{9.25}{100} \times \frac{1000}{120} = 0.77$$

$$\Rightarrow x_2 = \frac{U_{k2}\%}{100} \times \frac{S_j}{S_e} = \frac{0.25}{100} \times \frac{1000}{120} = 0.02$$

$$x_{js} = 0.012 + \frac{x_1 + x_2}{2} = 0.012 + \frac{0.77 + 0.02}{2} = 0.407$$

题 2: 某发电厂(或变电所)的 220kV 配电装置地处海拔高度 3000m, 盐密为 $0.18\text{mg}/\text{cm}^2$, 采用户外敞开式中型布置, 构架高度为 20m, 220kV 采用无间隙金属氧化物避雷器和避雷针作为雷电过电压保护。请回答下列各题。(计算保留两位小数)(2011)

(1) 请计算该 220kV 配电装置无遮栏裸导体至地面之间的距离应为下列哪项数值?

- (A) 4300mm (B) 4680mm (C) 5125mm (D) 5375mm

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 表 8.1.1 可得, 220kV 配电装置无遮栏裸导体至地面之间的距离为 4300mm, 考虑到海拔大于 1000m, 应对 A_1 值进行修正, 查该规程附录 B 图 B.1 得 A_1 值修正后为 2.18m, 增加了 (2180-1800)mm=380mm。 A_1 值修正后, 其他距离应作相应的增加, 故答案为 (4300+380)mm=4680mm。

► 分析: 本题内容上属于配电装置, 考虑题目连贯和完整性, 把它列入这一章。

(2) 该配电装置母线避雷器的额定电压和持续运行电压应选择下列哪组数据? 依据是什么?

- (A) 165kV、127.02kV (B) 172.5kV、132.79kV
(C) 181.5kV、139.72kV (D) 189kV、145.49kV

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 表 3 知, 无间隙金属氧化物避雷器额定电压和持续运行电压对 220kV 有效接地系统分别为

$$0.75U_m = 0.75 \times 252\text{kV} = 189\text{kV}$$

以及

$$\frac{U_m}{\sqrt{3}} = \frac{252}{\sqrt{3}}\text{kV} = 145.49\text{kV}。$$

(3) 该 220kV 系统工频过电压一般不应超过下列哪一数值? 依据是什么?

- (A) 189.14kV (B) 203.69kV (C) 327.6kV (D) 352.8kV

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 4.1.1 条 b) 款知, 对范围 1 中的 110kV 及 220kV 系统, 工频过电压一般不超过

$$1.3p.u = 1.3 \times \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 1.3 \times \frac{252}{\sqrt{3}} \text{ kV} = 189.1 \text{ kV}。$$

(4) 该配电装置防直击雷保护采用在构架上装设避雷针的方式, 当需要保护的设备高度为 10m, 要求保护半径不小于 18m 时, 计算需要增设的避雷针最低高度应为下列哪项数值?

(A) 5m (B) 6m (C) 25m (D) 26m

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 式 (4)、式 (5)、式 (6)。已知保护半径 $r=18\text{m}$, 被保护物高度 $h_x=10\text{m}$ 。本题中, 已知架构高度为 20m, 设架构高度加上避雷针高度为 h , 则有

$$h_x < 0.5h$$

根据式 (6) 有

$$\begin{aligned} r_x &= (1.5h - 2h_x)P = (1.5 \times h - 2 \times 10) \times 1 \\ \Rightarrow 18 &= 1.5h - 20 \\ \Rightarrow h &= 25.3\text{m} \end{aligned}$$

减去架构的高度可得避雷针高度应该大于 5.3m, 可得本题答案为 B。

(5) 计算该 220kV 配电装置中的设备外绝缘爬电距离应为下列哪项数值?

(A) 5000mm (B) 5750mm (C) 6050mm (D) 6300mm

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《高压配电装置设计技术规程》(DL/T 5352—2006) 表 A.1, 根据盐密为 $0.18\text{mg}/\text{cm}^2$, 可知该配电装置所处区域为Ⅲ级污秽区。再根据表 A.2 得 220kV 发电厂、变电站Ⅲ级污秽区的爬电距离为 $\lambda=2.5\text{cm}/\text{kV}$, 则设备外绝缘爬电距离为

$$L = \lambda U_m = 2.5 \times 252\text{cm} = 630\text{cm} = 6300\text{mm}$$

题 3: 建设在海拔为 2000m、污秽等级为Ⅲ级的 220kV 屋外配电装置, 采用双母线接线, 有 2 回进线, 2 回出线, 均为架空线路, 220kV 为有效接地系统, 其主接线如图 7-3 所示。(2011)

(1) 请计算母线氧化锌避雷器保护电气设备的最大距离 (除主变外)。

(A) 165m (B) 195m (C) 223m (D) 263m

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 7.3.4 条第 b) 款: 金属氧化物避雷器与主变压器的最大电器距离可参照表 12 确定, 对其他电器的最大距离可相应增加 35%。查表 12 得 220kV 金属氧化物避雷器至主变压器间的最大距离对两回进线的距离为 195m, 增加 35% 得 $195 \times (1+35\%) \text{ m} = 263\text{m}$, 故选 D。

► 分析: 本题若未看清楚题目中的“除主变外”, 就很容易选成 195m。

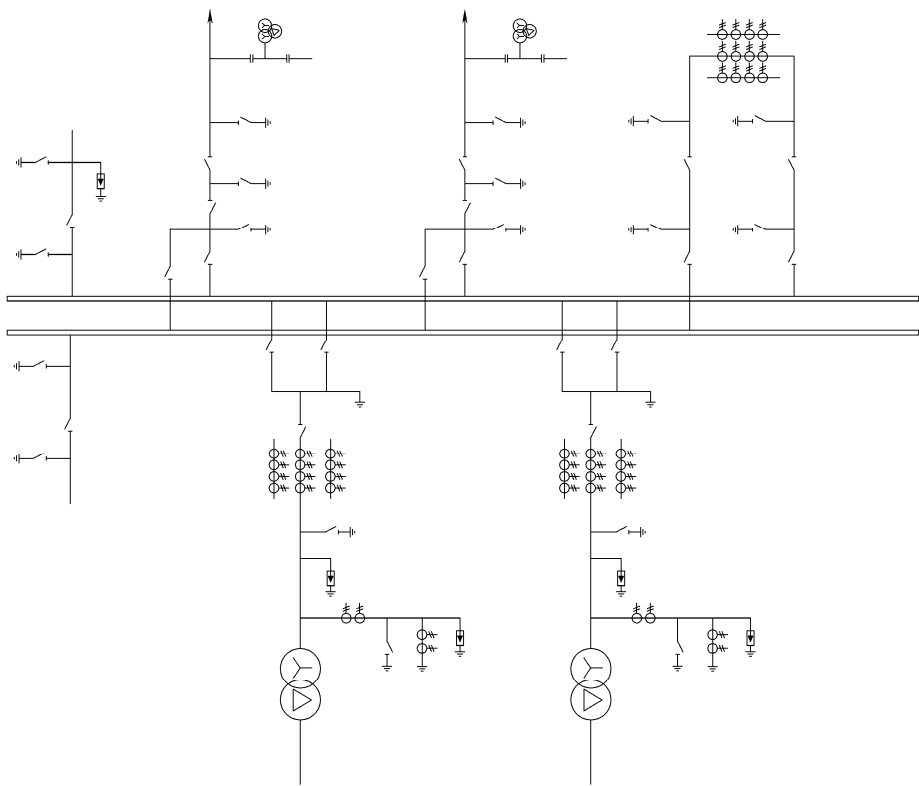


图 7-3 主接线图

(2) 图中电气设备的外绝缘当在海拔 1000m 下试验时, 其耐受电压为 ()。

- (A) 相对地雷电冲击电压耐压 950kV, 相对地工频耐受电压 395kV
- (B) 相对地雷电冲击电压耐压 1055kV, 相对地工频耐受电压 438.5kV
- (C) 相对地雷电冲击电压耐压 1050kV, 相对地工频耐受电压 460kV
- (D) 相对地雷电冲击电压耐压 1175kV, 相对地工频耐受电压 510kV

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 6.0.8 条规定: “对安装在海拔高度超过 1000m 地区的电器外绝缘应予校验, 当海拔高度在 4000m 以下时, 其实验电压应乘以系数 K ”, 系数 K 的计算公式如下:

$$K = \frac{1}{1.1 - \frac{H}{10000}} = \frac{1}{1.1 - \frac{2000}{10000}} = 1.11$$

又根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 附录 B 表 B.1 或《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 表 19 得 220kV 系统相对地雷电冲击电压耐压为 950kV, 相对地工频耐受电压为 395kV, 再乘以 K 值得

$$1.11 \times 950\text{kV} \approx 1055\text{kV}$$

$$1.11 \times 395\text{kV} \approx 438.5\text{kV}$$

(3) 假设图中变压器容量为 240MVA, 最大负荷利用小时数 $T=5000\text{h}$, 成本电价为 0.2 元/kWh, 主变 220kV 侧架空线采用铝绞线, 按经济电流密度选择截面为 ()。

- (A) $2\times 400\text{mm}^2$ (B) $2\times 500\text{mm}^2$ (C) $2\times 630\text{mm}^2$ (D) $2\times 800\text{mm}^2$

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 图 E.6, 及最大负荷利用小时数 $T=5000\text{h}$, 成本电价为 0.2 元/kWh, 主变 220kV 架空线采用铝绞线等信息, 得经济电流密度为 $0.46\text{A}/\text{mm}^2$, 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 6-3: “主变回路持续工作电流为 1.05 倍变压器额定电流”, 可得

$$I_g = 1.05 \times \frac{240}{\sqrt{3} \times 220} \text{kA} = 0.66\text{kA} = 660\text{A}$$

再根据式 (8-2) 得

$$S_j = \frac{660}{0.46} \text{mm}^2 = 1434.8\text{mm}^2$$

又根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 336 页 (三) 规定: 当无合适规格的导体时, 导线面积可小于经济电流密度的计算截面。或根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 7.1.6 条的规定: 当无合适规格导体时, 导体面积可按经济电流密度计算截面的相邻下一档选取。故本题选 C。

(4) 配电装置内母线耐张绝缘子采用 XPW-160 (每片的几何爬电距离为 450mm), 爬电距离有效系数为 1, 请计算按工频电压的爬电距离选择每串的片数为 ()。

- (A) 14 (B) 15 (C) 16 (D) 18

► 答案: [D]

► 解答过程: 1) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 附录 C 表 C.2 可知, III 级污秽区 220kV 配电装置泄漏比距 $\lambda = 2.5\text{cm}/\text{kV}$ 。

2) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.2.1 条或《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 6-7 节第四部分悬式绝缘子片数选择, 按照工频电压和泄漏比距选择绝缘子片数, 故有

$$m \geq \frac{\lambda U_m}{K_e L_0} = \frac{2.5 \times 252}{1 \times 45} = 14$$

3) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 21.0.12 条: 在海拔高度为 1000~4000m 地区, 当需要增加绝缘子数量来加强绝缘时, 耐张绝缘子串的片数应按下式修正:

$$N_{\text{H}} = N[1 + 0.1(H - 1)] = 14 \times [1 + 0.1 \times (2 - 1)] = 15.4$$

又根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 21.0.9 条: 选择悬式绝缘子应考虑绝缘子的老化, 每串绝缘子要预留的零值绝缘子对 35~220kV 耐张绝缘子串预留两片零值绝缘子, 故总的绝缘子片数应为 17.4 片, 故本题选 D。

► 分析: 线路和发电厂、变电站污秽分级标准也可以从以下两个规程规范中得到, 即

1) 《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 附录 C。

2) 《110~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999) 附录 B。

(5) 图中变压器中性点氧化锌避雷器持续运行电压和额定电压为哪个?

- (A) 持续运行电压为 $0.13U_m$, 额定电压为 $0.17U_m$
- (B) 持续运行电压为 $0.45U_m$, 额定电压为 $0.57U_m$
- (C) 持续运行电压为 $0.64U_m$, 额定电压为 $0.8U_m$
- (D) 持续运行电压为 $0.58U_m$, 额定电压为 $0.72U_m$

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 图中变压器中性点不接地, 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 5.3.4 条和表 3 知, 氧化锌避雷器持续运行电压和额定电压为 $0.45U_m$ 和 $0.57U_m$, 所以选 B。

题 4: 某新建变电站位于海拔 3600m 地区, 装有 $2 \times 240MVA$, 330kV 主变, 所内 330kV 配电装置采用双母线接线, 330kV 有 2 回出线。(2010)

(1) 若仅有两条母线上各装设一组无间隙金属氧化物避雷器, 计算其与主变间的距离和对最远电气设备间的电气距离, 分别应不大于 ()。

- (A) 90m, 112.5m
- (B) 90m, 121.5m
- (C) 145m, 175m
- (D) 140m, 189m

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 7.2.2 条知, 具有架空进线电气设备采用标准绝缘水平的 330kV 变电所敞开式高压配电装置中, 金属氧化物避雷器至主变压器的距离, 对于单回进线, 为 90m。”对其他电器的电气距离可相应增加 35%, 即 $90 \times (1+35\%) m = 121.5 m$ 。故选 D 为正确答案。

(2) 本变电站 330kV 电气设备 (包括主变) 的额定雷电冲击耐受电压为 1175kV, 若在线路 CB 线路侧选择一种无间隙金属氧化物避雷器, 应选用什么规格?

- (A) Y10W-288/698
- (B) Y10W-300/698
- (C) Y10W-312/842
- (D) Y10W-312/868

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 1) 根据《交流电气装置的过电压保护与绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 4.1.1 条: 对工频过电压应采取措施加以降低, 一般主要采用在线路上安装并联电抗器的措施限制工频过电压。系统的工频过电压水平一般不宜超过下列数值:

线路断路器的线路侧 1.4p.u.

线路断路器的变电所侧 1.3p.u.

依题意, 避雷器安装在线路 CB 线路侧, 故取 1.4p.u.。

2) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 表 20.1.7, 无间隙金属氧化物避雷器额定电压相对地为

$$0.8U_m = 0.8 \times 363kV = 290.4kV \quad (\text{根据表 20.1.7 注, } 1.4p.u. \text{ 应取 } 0.8)$$

故可首先排除答案 A。

3) 根据《交流电气装置的过电压保护与绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.4.4 条, 变压器内、外绝缘的全波额定雷电冲击耐压与避雷器标称放电电流下的残压配合系数取 1.4。根据该规范的式 (28) 有

$$\bar{u}_1 \geq K_5 U_R$$

式中, U_R 为额定残压值, $K_5 = 1.4$

$$\Rightarrow U_R \leq \frac{\bar{u}_1}{K_5} = \frac{1175}{1.4} \text{ kV} = 839.28 \text{ kV}$$

据此, 可以排除答案 C 和 D。

综上所述, 本题的答案应该为 B。

► 分析: 本题相对来说比较难。首先得弄清楚氧化锌避雷器的型号, 以 Y10W-288/698 为例说明: Y 表示氧化锌避雷器; 10 表示标称放电电流; W 表示无间隙; 288 表示氧化锌避雷器额定电压; 698 表示雷电冲击残压。

(3) 配电装置电气设备的直击雷保护采用在架构上设避雷针的方式, 其中两支相距 60m, 高度为 30m, 当被保护设备的高度为 10m 时, 请计算两支避雷针对被保护设备联合保护范围的最小宽度是下列哪个?

- (A) 13.5m (B) 15.6m (C) 17.8m (D) 19.3m

► 答案: [C]

► 解答过程: 1) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 5.1.2 条、第 5.2.2 条:

$$\begin{aligned} h &= 30\text{m}, P=1, h_a = h - h_x = (30 - 10)\text{m} = 20\text{m} \\ D &= 60\text{m}, h_0 = h - \frac{D}{7P} = \left(30 - \frac{60}{7 \times 1} \right) \text{m} = 21.43\text{m} \\ \frac{D}{h_a P} &= \frac{60}{20 \times 1} = 3 \\ h_x / h &= 10/30 = 0.333 \end{aligned}$$

2) 取 $h_x / h = 0.3$, 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 的图 4, 查得 $b_x / h_a P = 0.9$, 故 $b_x = 0.9 h_a P = 0.9 \times 20 \times 1\text{m} = 18\text{m}$ 。从图 4 趋势上看, $h_x / h = 0.3$ 下的 b_x 比 $h_x / h = 0.333$ 下的 b_x 要大。故 $h_x / h = 0.333$ 的 b_x 应该小于 18m, 故本题的答案为 C。

(4) 对该变电站绝缘配合, 下列说法正确的是 ()。

- (A) 断路器同极断口间灭弧室瓷套的爬电距离不应小于对地爬电距离要求的 1.15 倍
(B) 变压器内绝缘应进行长时间工频耐压试验, 其耐压值应为 1.5 倍系统最高相电压
(C) 电气设备内绝缘相对地额定操作冲击耐压与避雷器操作过电压保护水平的配合系数不应小于 1.5
(D) 变压器外绝缘相间稳态额定操作冲击耐压高于其内绝缘相间额定操作冲击耐压

► 答案: [B]

► 解答过程: 1) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.4.1 条 a) 款知, 断路器同极断口间灭弧室瓷套的爬电比距不应小于对地爬电比距要

求的 1.2 倍, 故 A 答案错。

2) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.4.1 条 b) 款可知, 变压器内绝缘应进行长时间工频耐压试验, 其耐压值应为 1.5 倍系统最高相电压, 故 B 答案对。

3) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.4.3 条 a) 款第 1) 点可知, 范围 II 变电所电气设备内绝缘相对地额定操作冲击耐压与避雷器操作过电压保护水平的配合系数不应小于 1.15, 故 C 答案错。

4) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.4.3 条 b) 款第 2) 点可知, 变压器外绝缘相间干态额定操作冲击耐压与其内绝缘相间额定操作冲击耐压相同, 故 D 答案错。

(5) 升压站海拔为 3600m, 变压器外绝缘的额定雷电耐受电压为 1050kV, 当海拔不高于 1000m 时, 试验电压是 ()。

- (A) 1221.5kV (B) 1307.6kV (C) 1418.6kV (D) 1529kV

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 6.0.8 条规定知, 对安装在海拔高度超过 1000m 地区的电器外绝缘应予校验, 当海拔高度在 4000m 以下时, 其实验电压应乘以系数 K , 系数 K 的计算公式如下:

$$K = \frac{1}{1.1 - \frac{H}{10000}} = \frac{1}{1.1 - \frac{3600}{10000}} = 1.35$$

依题意, 实验电压为

$$U_{sy} = 1.35 \times 1050 \text{ kV} = 1417.5 \text{ kV}$$

故本题选 C。

题 5: 某水电站装有 4 台机组 4 台主变, 采用发电机—变压器之间单元接线, 发电机额定电压为 15.75kV, 1 号和 3 号发电机端装有厂用电源分支引线, 无直馈线路, 主变压器高压侧所连接的 220 kV 屋外配电装置是双母线带旁路接线, 电站出线 4 回, 初期 2 回出线, 电站属于停机频繁的调峰水电厂。(2008)

(1) 水电站的坝区供电采用 10kV, 配电网络为电缆线路, 因此 10kV 系统电容电流超过 30A, 当发生单相接地故障时, 接地电弧不易自行熄灭, 常形成熄灭和重燃交替的间歇性电弧, 往往导致电磁能的强烈振荡, 使故障相、非故障相和中性点都产生过电压, 请问: 这种过电压属于下列哪种类型? 并说明理由。

- (A) 工频过电压 (B) 操作过电压 (C) 谐振过电压 (D) 雷电过电压

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 4.2.8 条可知, 66kV 及以下系统发生单相间隙性电弧接地故障时, 可产生过电压, 而这种过电压为操作过电压的其中一种。

(2) 若坝区供电的 10kV 配电系统中性点采用低电阻接地方式, 请计算 10kV 母线上的避雷器的额定电压和持续运行电压应取下列哪些数值, 并简要说明理由。

- (A) 12kV 9.6kV (B) 16.56kV 13.2kV
(C) 15kV 12kV (D) 10kV 8kV

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 5.3.4 及表 3 得到, 在低电阻的接地方式下, 避雷器的相地持续运行电压和相地额定电压分别不低于 $0.8U_m$ 、 U_m , 又由表 19 (或者由《标准电压》(GB/T 156—2007) 表 3) 得到 10kV 母线上的避雷器的相地额定电压不低于 12kV, 相地持续运行电压不低于 $12 \times 0.8 = 9.6\text{kV}$ 。故本题选 A。

(3) 水电站的变压器场地布置在坝后式厂房的尾水平台上, 220kV 敞开式开关站位于右岸, 其 220kV 主母线上有无间隙金属氧化物避雷器, 电站出线 4 回, 初期 2 回出线, 采用同塔双回路型式, 变压器雷电冲击全波耐受电压为 950kV, 主变压器距离 220kV 开关站避雷器电气距离为 180m, 请说明当校核是否在主变附近增设一组避雷器时, 应按下列几回线路来校核?

- (A) 1 回 (B) 2 回 (C) 3 回 (D) 4 回

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 7.3.4 条 C 款规定: “架空线路采用双回路杆塔, 有同时遭雷击的可能, 确定避雷器与变压器最大电气距离时, 应按一路考虑, 且在雷季中宜避免将其中一路断开。” 题中电站最终出线 4 回, 采用同塔双回路, 故按 2 回路考虑。

(4) 若水电站每台发电机端均装避雷器, 1 号和 3 号厂有电源分支采用带金属外皮的电缆段引接, 电缆段长 40m, 请说明主变低压侧避雷器应按下列哪项配置?

- (A) 需装设避雷器 (B) 需装设二组避雷器
(C) 需装设一组避雷器 (D) 无须装设避雷器

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则》(DL/T 5090—1999) 第 8.3.8 条可知, 为防止高压绕组的雷电波的静电感应电压危及低压绕组绝缘, 应在变压器的低压绕组装设一组避雷器, 但如该绕组连有 25m 及以上金属外皮电缆段, 可不必装设。本题电缆长度为 40m, 故无须装设主变低压侧避雷器。

(5) 若该电厂的污秽等线为 II 级, 海拔为 2800m, 请计算 220kV 配电装置外绝缘的爬电比距应选下列哪组, 通过计算并简要说明。

- (A) 1.6cm/kV (B) 2.0cm/kV (C) 2.5cm/kV (D) 3.1cm/kV

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 1) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 附录 C 表 C2 可得, II 级污秽区 220kV 变电站的爬电距离为 $\lambda = 2\text{cm/kV}$ 。

2) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.2.1 条及式 (23) (或《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 6-7 节第四部分悬式绝缘子片数选择, 按照工频电压和泄漏比距选择绝缘子片数) 有

$$N \geq \frac{\lambda U_m}{K_c L_0} = \frac{2 \times 252}{K_c L_0} = \frac{504}{K_c L_0}$$

3) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 21.0.12 条及式 (21.0.12) 有

$$N_H \geq N[1 + 0.1(H - 1)] = N[1 + 0.1 \times (2.8 - 1)] = 1.18N$$

4) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.2.1 条及式 (23) 有

$$\begin{aligned} N_H &\geq \frac{\lambda_1 U_m}{K_c L_0} = \frac{252 \lambda_1}{K_c L_0} \geq 1.18N = 1.18 \times \frac{504}{K_c L_0} \\ \Rightarrow \lambda_1 &\geq 2.36 \text{ cm/kV} \end{aligned}$$

故本题选 C 为正确答案。

题 6: 某 500kV 变电站处于 III 级污秽区 (2.5cm/kV), 请对变电站内电气设备的绝缘水平进行选择 and 计算。(2005)

(1) 若 500kV 电流互感器直径为 520mm, 计算互感器的电瓷外绝缘爬电距离不应小于下列何值?

- (A) 1237.5cm (B) 1375cm (C) 1512.5cm (D) 1650cm

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.4.1 条知, 500kV 电气设备户外电瓷绝缘的几何爬电距离为

$$L \geq K_d \lambda U_m = 1.2 \times 2.5 \times 550 \text{ cm} = 1650 \text{ cm}$$

(2) 按国家标准规定选取该变电站 500kV 断路器瓷套对地最小爬电距离和按电力行业标准规定选取的断路器同极断口间的爬电距离不应小于下列 ()。

- (A) 1375cm、1650cm (B) 1250cm、1500cm
(C) 1375cm、1375cm (D) 1250cm、1250cm

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程: 1) 500kV 断路器瓷套对地最小爬电距离为

$$L \geq \lambda U_m = 2.5 \times 550 \text{ cm} = 1375 \text{ cm}$$

2) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.4.1 条可知, 断路器同极断口间的爬电比距不应小于对地爬电比距的 1.2 倍 (550kV), 故有:

$$L \geq 1.2 L_1 = 1.2 \times 1375 \text{ cm} = 1650 \text{ cm}$$

(3) 若主变内、外绝缘的全波额定雷电冲击耐压水平为 1425kV, 计算此主变的避雷器标称放电电流下的残压不得高于下列何值?

- (A) 1295kV (B) 1187.5kV (C) 1096kV (D) 1018kV

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》（DL/T 620—1997）第 10.4.4 条 a）款可知，变压器内、外绝缘的全波额定雷电冲击耐压与变电所避雷器标称放电电流下的残压间的配合系数取 1.4。可得主变的避雷器标称放电电流下的残压为

$$U_{bc} \leq \frac{BIL}{1.4} = \frac{1425}{1.4} \text{ kV} = 1017.86 \text{ kV}$$

题 7：某企业的 110kV 变电所，地处海拔高度 900m，110kV 采用半高型户外配电装置，110kV 配电装置母线高 10m，35kV 及 10kV 配电装置选用移开式交流金属封闭开关柜，室内单层布置，主变压器布置在室外，请回答下列问题：

（1）计算变电所的 110kV 系统工频过电压一般不超过下列哪一项数值？并说明依据和理由。

- （A）94.6kV （B）101.8kV （C）125kV （D）138.6kV

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》（DL/T 620—1997）第 4.1.1 条第 b 款可知，对范围 I 中的 110kV 及 220kV 系统，工频过电压一般不超过 1.3p.u.，即

$$1.3 \text{ p.u.} = 1.3 \frac{U_m}{\sqrt{3}} = 1.3 \times \frac{126}{\sqrt{3}} \text{ kV} = 94.6 \text{ kV}$$

（2）该变电所的 110kV 配电装置的防直击雷采用单支独立避雷针保护，如果避雷针的高度为 30m，计算该避雷针在地面上和离地面 10m 的平面上的保护半径分别为下列哪一项？

- （A）45m、20m （B）45m、25m （C）45.2m、20.1m （D）45.2m、25.1m

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》（DL/T 620—1997）第 5.2.1 条 a）款有

$$r = 1.5hP = 1.5 \times 30 \times 1\text{m} = 45\text{m}$$

又 $h_x = 10 < 0.5h = 15$ ，故有避雷针在 10m 高度的保护范围为

$$r_x = (1.5h - 2h_x)P = (1.5 \times 30 - 2 \times 10) \times 1\text{m} = 25\text{m}$$

（3）该变电所 10kV 出线带有一台高压感应电动机，其容量为 600kW，确定开断空载高压感应电动机的操作电压一般不超过下列哪项数值？并说明依据和理由。

- （A）19.6kV （B）24.5kV （C）39.2kV （D）49kV

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》（DL/T 620—1997）第 4.2.7 条知，开断空载电动机的过电压一般不超过 2.5p.u.，即

$$2.5p.u. = 2.5 \times \frac{\sqrt{2}U_m}{\sqrt{3}} = 2.5 \times \frac{\sqrt{2} \times 12}{\sqrt{3}} \text{ kV} = 24.5 \text{ kV}$$

► 分析：根据第 3.2.2 条规定知，谐振过电压和操作过电压的 $1p.u. = \sqrt{2}U_m / \sqrt{3}$ 。而 U_m 可以通过《标准电压》(GB/T 156—2007) 表 3 查得。

(4) 该变电所的 10kV 系统为中性点不接地系统，当连接有中性点接地的电磁式电压互感器的空载母线，因合闸充电或在运行时接地故障消除等原因的激发，会使电压互感器饱和而产生铁磁谐振过电压，请判断下列为限制此过电压的措施哪项是错误的？并说明依据和理由。

- (A) 选用励磁特性饱和点较高的电磁式电压互感器
- (B) 用架空线路代替电缆以减少 X_{co} ，使 $X_{co} \leq 0.01X_m$ (X_m 为电压互感器在线电压作用下单相绕组的励磁电抗)
- (C) 装设专门的消谐装置
- (D) 10kV 电压互感器高压绕组中性点经 $R_{pn} \geq 0.06X_m$ (容量大于 600W) 的电阻接地

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 4.1.5 条 d 款：

- 1) 选用励磁特性饱和点较高的电磁式电压互感器，故 A 答案对；
- 2) 用电缆代替架空线路以减少 X_{co} ，使 $X_{co} \leq 0.01X_m$ ，故 B 答案错；
- 3) 装设其他专门消除此类铁磁谐振装置，故 C 答案对；
- 4) 10kV 电压互感器高压绕组中性点经 $R_{pn} \geq 0.06X_m$ (容量大于 600W) 的电阻接地，故 D 答案对。

(5) 确定在选择 110kV 变压器时，变压器的内绝缘相对地和相间的雷电冲击耐受电压应为下列哪项？请说明依据和理由。

- (A) 200kV、200kV
- (B) 395kV、395kV
- (C) 450kV、450kV
- (D) 480kV、480kV

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620—1997) 表 19。

第八章 接 地

一、大纲要求 ★★★

- 1) 熟悉电气接地的设计;
- 2) 了解直流输电系统接地的基本要求;
- 3) 熟悉高土壤电阻率地区接地设计;
- 4) 掌握接地电阻、接触电位差、跨步电位差的计算。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 25 分,其中专业知识占 15 分左右,案例占 10 分左右。考点集中,考试题目难度一般。答题依据主要有《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第十六章、《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997)、《水力发电厂接地设计技术导则》(DL/T 5091—1999)等。重点考查接地相关概念、接地电阻计算、接触电位差和跨步电位差的计算、接地装置热稳定校验、人工接地及工频接地电阻的计算、最大接触电位差的概念和最大接触电位差的计算等。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

(1) 110kV 有效接地系统的配电装置,如地表面的土壤电阻率为 $500\Omega \cdot \text{m}$,单项接地短路电流持续时间为 4s,则配电装置允许的接触电位差和跨步电位差最接近以下哪组数据?(2012)

- (A) 259V、524V (B) 75V、150V
(C) 129.5V、262V (D) 100V、200V

► 答案: [C]

► 依据:《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997)第 3.4 条式 1 和式 2。

$$U_t = \frac{174 + 0.17\rho_f}{\sqrt{t}} = \frac{174 + 0.17 \times 500}{\sqrt{4}} \text{ kV} = 129.5 \text{ kV}$$
$$U_s = \frac{174 + 0.7\rho_f}{\sqrt{t}} = \frac{174 + 0.7 \times 500}{\sqrt{4}} \text{ kV} = 262 \text{ kV}$$

► 分析: 接触电位差和跨步电位差经常考,要注意区分电压等级。110kV 及以上电压等级的计算公式和 3~66kV 电压等级的计算公式不同。

(2) 关于接地装置, 以下哪项不正确? (2012)

- (A) 通过水田的铁塔接地装置应敷设为环形
- (B) 中性点非直接接地系统在居民区的无地线钢筋混凝土杆和铁塔应接地
- (C) 电杆的金属横担与接地引线间应有可靠连接
- (D) 土壤电阻率为 $300\Omega \cdot \text{m}$ 有地线的杆塔工频接地电阻不应大于 200Ω

▶ 答案: [D]

▶ 依据: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 6.3 条可知 A 答案对, 根据第 4.1 条第 k 款可知 B 答案对。根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 6.1.8 条可知 C 答案对, 根据 6.4.1 条及表 8 可知 D 答案错。

(3) 风电场的测风塔顶部应装设有避雷装置, 接地电阻不应大于 ()。(2011)

- (A) 5Ω
- (B) 10Ω
- (C) 4Ω
- (D) 20Ω

▶ 答案: [C]

▶ 依据: 《风电场风能资源测量方法》(GB/T 18709—2002) 第 6.1.4 条: “测风塔顶部应有避雷装置, 接地电阻不应大于 4Ω ”。

(4) 架空线路杆塔的接地装置由较多水平接地极或垂直接地极组成时, 垂直接地极的间距及水平接地极的间距应符合下列哪一规定? (2011)

- (A) 垂直接地极的间距不应大于其长度的两倍; 水平接地极的间距不宜大于 5m
- (B) 垂直接地极的间距不应小于其长度的两倍; 水平接地极的间距不宜大于 5m
- (C) 垂直接地极的间距不应大于其长度的两倍; 水平接地极的间距不宜小于 5m
- (D) 垂直接地极的间距不应小于其长度的两倍; 水平接地极的间距不宜小于 5m

▶ 答案: [D]

▶ 依据: 《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 6.3.4 条: “当接地装置由较多水平接地极或垂直接地极组成时, 垂直接地极的间距不应小于其长度的两倍; 水平接地极间距不宜小于 5m 。”

(5) 变电所中, GIS 配电装置的接地线设计原则, 以下哪项是不正确的? (2011)

- (A) 在 GIS 配电装置间隔内, 设置一条贯穿 GIS 设备所有间隔的接地母线或环形接地母线, 将 GIS 配电装置的接地线接至接地母线, 再由接地母线与变电所接地网相连
- (B) GIS 配电装置宜采用多点接地方式, 当采用分相设备时, 应设置外壳三相短接线, 并在短接线上引出接地线至接地母线
- (C) 接地线的截面应满足热稳定要求, 对于只有两或四条时其截面热稳定校验电流分别取全部接地电流的 35% 和 70%
- (D) 当 GIS 为铝外壳时, 短接线宜用铝排, 钢外壳时, 短接线宜用铜排

▶ 答案: [C]

▶ 依据: 《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 6.2.14 条。C 答案应该改为对于只有两或四条时其截面热稳定校验电流分别取全部接地电流的 70% 和 35%。

(6) 某变电所中接地装置的接地电阻为 0.12Ω ，计算用的入地短路电流为 12kA ，最大跨步电位差系数、最大接触电位差系数计算值分别为 0.1 和 0.22 ，请计算，最大跨步电位差、最大接触电位差分别为下列何值？（2011）

(A) 10V 、 22V

(B) 14.4V 、 6.55V

(C) 144V 、 316.8V

(D) 1000V 、 454.5V

► 答案：[C]

► 依据：《交流电气装置的接地》（DL/T 621—1997）式 B3、式 B4、式 B7：

$$U_{\text{tmax}} = K_{\text{tmax}} U_{\text{g}} = 0.22 \times 0.12 \times 12\text{kV} = 316.8\text{V}$$

$$U_{\text{smax}} = K_{\text{smax}} U_{\text{g}} = 0.1 \times 0.12 \times 12\text{kV} = 144\text{V}$$

(7) 架空送电线路每基杆塔都应良好接地，降低接地电阻的主要目的是（ ）。（2011）

(A) 减小入地电流引起的跨步电压

(B) 改善导线绝缘子串上的电压分布（类似于均压环的作用）

(C) 提高线路的反击耐雷水平

(D) 良好的工作接地，确保带电作业的安全

► 答案：[C]

► 依据：《交流电气装置的接地》（DL/T 621—1997）第 5.1.2 条：“宜适当选取杆塔的接地电阻，以减少雷电反击过电压的危害。”

(8) 某电力工程中的 220kV 户外配电装置出线门型架构 14m ，出线门型架构旁有一冲击电阻为 20Ω 的独立避雷针，独立避雷针与出线门型架构间的空气距离最小应大于等于（ ）。（2011）

(A) 6m

(B) 5.4m

(C) 5m

(D) 3m

► 答案：[B]

► 依据：《交流电气装置的接地》（DL/T 621—1997）式 15：

$$S_{\text{a}} \geq 0.2R_{\text{i}} + 0.1h = (0.2 \times 20 + 0.1 \times 14)\text{m} = 5.4\text{m}$$

(9) 在低阻接地系统中，流过接地线的单相接地电流为 20kA ，短路电流持续时间为 0.2s ，接地线材料为钢质，按热稳定条件（不考虑腐蚀，接地线初始温度为 40°C ）应选择接地线的最小截面为（ ）。（2008）

(A) 96mm^2

(B) 17mm^2

(C) 130mm^2

(D) 190mm^2

► 答案：[C]

► 依据：根据《交流电气装置的接地》（DL/T 621—1997）式（C1）及表 C1 可得

$$S_{\text{g}} \geq \frac{I_{\text{g}}}{C} \sqrt{t_{\text{e}}} = \frac{20 \times 10^3}{70} \times \sqrt{0.2} \text{mm}^2 \approx 127.7 \text{mm}^2$$

► 分析：C 为接地线材的热稳定系数，可由表 C1 查得。考虑低电阻接地对钢质材料 C 取为 70。

2. 多项选择题

(1) 水电站接地电阻当难以满足运行要求时, 因地制宜采用下列哪几条措施是正确的? (2012)

- (A) 水下接地
- (B) 引外接地
- (C) 深井接地
- (D) 将钢接地极更换为铜质接地极

► 答案: [A、B、C]

► 依据: 《水力发电厂接地设计技术导则》(DL/T 5091—1999) 6.1、6.2、6.3 标题。

► 分析: 有关水电厂接地、过电压保护与绝缘配合在 2012 年的题目里多次出现, 应引起重视。

(2) 下列电力设备的金属部件, 哪几项均应接地? (2012)

- (A) SF6 全封闭组合电器 (GIS) 与大电流封闭母线外壳
- (B) 电力设备传动装置
- (C) 互感器的二次绕组
- (D) 标称电压 220kV 及以下的蓄电池室内的支架

► 答案: [A、B、C]

► 依据: 《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 4.1 条。

► 分析: 根据第 4.2 条规定标称电压 220kV 及以下的蓄电池室内的支架可不接地。

(3) 变电所内, 下列哪些电气设备和电力生产设施的金属部分可不接地? (2011)

- (A) 安装在已接地的金属架构上的电气设备的金属部分可不接地
- (B) 标称电压 220V 及以下的蓄电池室内的支架可不接地
- (C) 配电、控制、保护用的屏及操作台等的金属框架可不接地
- (D) 箱式变电站的金属箱体可不接地

► 答案: [A、B]

► 依据: 《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 4.1 条、第 4.2 条。

(4) 一般情况下当三相短路电流大于单相短路电流时, 单相短路电流的计算成果常用于下列哪几种计算中? (2011)

- (A) 接地跨步电压计算
- (B) 有效接地和低电阻接地系统中, 发电厂和变电所电气装置保护接地的接地电阻计算
- (C) 电气设备热稳定计算
- (D) 电气设备动稳定计算

► 答案: [A、B]

► 依据: 《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 有关跨步电位差计算公式、接地电阻计算相关公式以及《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 短路电流计算相关内容。

(5) 下列变电所中接地设计的原则中, 哪些表述是正确的? (2011)

- (A) 配电装置构架上的避雷针(含挂避雷线的构架)的集中接地装置应与主接地网连接, 由连接点至主变压器接地点沿接地体的长度不应小于 15m
- (B) 变电所的接地装置应与线路的避雷线相连, 且有便于分开的连接点。当不允许避雷线直接和配电装置构架相连时, 避雷线接地装置应在地下与变电所的接地装置相连, 连接线埋在地中的长度不应小于 15m
- (C) 独立避雷针(线)宜设独立接地装置, 当有困难时, 该接地装置可与主接地网连接, 但避雷针与主接地网的地下连接点至 35kV 及以下设备与主接地网的地下连接点之间, 沿接地体的长度不得小于 10m
- (D) 当照明灯塔上装有避雷针时, 照明灯电源线必须采用直接埋入地下带金属外皮的电缆或穿入金属管的导线。电缆外皮或金属管埋地长度在 10m 以上, 才允许与 35kV 电压配电装置的接地网及低压配电装置相连

► 答案: [A、B]

► 依据: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 6.2.15 条可知 A 答案正确; 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 6.2.4 条可知 B 答案正确; 根据《交流电气装置的过电压保护与绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 7.1.6 条可知 C 答案错误, 应该改为不得小于 15m; 根据《交流电气装置的过电压保护与绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 7.1.10 条可知 D 答案错误。

(6) 高压直流输电大地返回运行系统的接地极址宜选在()。(2011)

- (A) 远离城市和人口稠密的乡镇
- (B) 交通方便, 没有洪水冲刷和淹没
- (C) 有条件时, 优先考虑采用海洋接地极
- (D) 当用陆地接地极时, 土壤电阻率宜在 $1000\Omega \cdot \text{m}$ 以下

► 答案: [A、B、C]

► 依据: 根据《高压直流输电大地返回运行系统设计技术规定》(DL/T 5224—2005) 第 5.1.4 条, 可知 A、B、C 答案正确; 根据第 5.1.5 条可知, 当采用陆地接地极时, 要求接地极址具有宽阔而又导电性能良好的散流区, 特别是在极址附近的土壤电阻率宜在 $100\Omega \cdot \text{m}$ 以下, 可知 D 答案错误。

(7) 下列哪些是属于 A 类电气装置的接地? (2008)

- (A) 电动机外壳接地
- (B) 铠装控制电缆的外皮
- (C) 发电机的中性点
- (D) 避雷针引下线

► 答案: [A、B]

► 依据: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 4.1 条规定。

(8) 对 B 类电气装置, 下类哪些可用作保护线? (2008)

- (A) 多芯电缆的缆芯
- (B) 固定的裸导线
- (C) 煤气管道
- (D) 导线的金属导管

何值？

(A) 56.7kV 71.82kV

(B) 72.75kV 90.72kV

(C) 74.34kV 94.5kV

(D) 80.64kV 90.72kV

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 表 3, 对 110kV 有效接地方式, 中性点持续运行电压和额定电压分别为 $0.45U_m = 0.45 \times 126\text{kV} = 56.7\text{kV}$ 和 $0.57U_m = 0.57 \times 126\text{kV} = 71.82\text{kV}$ 。

(3) 已知变压器中性点雷电冲击全波耐受电压为 250kV, 中性点避雷器标准放电电压下的残压取下列何值更为合理？

(A) 175kV

(B) 180kV

(C) 185kV

(D) 187.5kV

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《导体和电器设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 21.1.5 条：阀式避雷器标称放电电流下的残压, 不应大于被保护电器设备（旋转电机除外）标准雷电冲击全波耐受电压 (BIL) 的 71%, 即不大于: $250 \times 71\% \text{kV} = 177.5\text{kV}$ 。

(4) 已知风电场 110kV 变电站 110kV 母线最大短路电流 $I'' = I_{z/2} = I_{zt} = 30\text{kA}$, 热稳定时间 $t = 2\text{s}$, 导线热稳定系数为 87, 请短路热稳定条件校验 110kV 母线截面应选择下列何种规格？

(A) LGJ 300/30

(B) LGJ 400/35

(C) LGJ 500/35

(D) LGJ 600/35

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (4-46)、式 (8-3) 可得

$$\therefore Q_d = \frac{I''^2 + 10I_{z/2}^2 + I_{zt}^2}{12} t = I''^2 t = 30^2 \times 2 \times 10^6 \text{A}^2\text{s} = 1800 \times 10^6 \text{A}^2\text{s}$$

$$\therefore S \geq \frac{\sqrt{Q_d}}{C} = \frac{\sqrt{1800 \times 10^6}}{87} \text{mm}^2 = 487.7 \text{mm}^2$$

(5) 已知每一回 35kV 集电线路上接有 9 台 2000kV 的箱式变压器, 其集电线路短路时的热效应为 $1067\text{kA}^2\text{s}$, 铜芯电缆的热稳定系数为 115, 电缆在土壤中敷设时的综合校正系数为 1, 请判断下列哪种规格的电缆既满足载流量又满足热稳定要求？

三芯交联聚乙烯绝缘铜芯电缆在空气中 (25℃) 长期允许载流量

电缆导体截面/mm ²	3×95	3×120	3×100	3×185
长期允许载流量/A	215	234	260	320

注：缆芯工作温度在 80℃, 周围环境温度为 25℃。

(A) 3×95

(B) 3×120

(C) 3×100

(D) 3×185

► 答案：[D]

► 解答过程: 1) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式(8-3), 满足热稳定要求的截面:

$$S \geq \frac{\sqrt{Q_d}}{C} = \frac{\sqrt{1067 \times 10^6}}{115} \text{mm}^2 = 284 \text{mm}^2$$

2) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 6-3 可得变压器回路的工作电流为变压器额定电流的 1.05 倍, 故 9 台 2000kV 的箱式变压器的额定电流为

$$I_g = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{9 \times 1.05 \times 2000}{\sqrt{3} \times 35} \text{A} = 311.77 \text{A}$$

再乘以电缆在土壤中敷设时的综合校正系数为 1, 可得电缆允许电流为

$$311.77 \times 1 \text{A} = 311.77 \text{A}。$$

3) 既满足载流量又满足热稳定要求为 D 答案。

题 2: 某 220kV 变电所, 总占地面积为 12000m^2 (其中接地网的面积为 10000m^2), 220kV 系统为有效接地系统, 土壤电阻率为 $100 \Omega \cdot \text{m}$, 接地短路电流为 10kA, 接地故障电流持续时间为 2s, 工程中采用钢接地线作为全所主接地网及电气设备的接地 (钢材的热稳定系数取 70)。试根据上述条件计算下列各题。(2010)

(1) 220kV 系统发生单相接地时, 其接地装置的接触电位差和跨步电位差不应超过下列哪组数据?

(A) 55V、70V

(B) 110V、140V

(C) 135V、173V

(D) 191V、244V

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 3.4 条 a) 款的规定可知, 110kV 及以上有效接地系统发生单相接地或同点两相接地时, 发电厂、变电所接地装置的接触电位差和跨步电位差不应超过下列数值:

$$U_t = \frac{174 + 0.17 \rho_f}{\sqrt{t}} = \frac{174 + 0.17 \times 100}{\sqrt{2}} \text{V} = 135 \text{V}$$

$$U_s = \frac{174 + 0.7 \rho_f}{\sqrt{t}} = \frac{174 + 0.7 \times 100}{\sqrt{2}} \text{V} = 173 \text{V}$$

(2) 在不考虑腐蚀的情况下, 按热稳定计算电气设备的接地线选择下列哪种规格是较合适的? (短路的等效持续时间为 1.2s)

(A) $40 \times 4 \text{mm}^2$

(B) $40 \times 6 \text{mm}^2$

(C) $50 \times 4 \text{mm}^2$

(D) $50 \times 6 \text{mm}^2$

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 C 式 (C1)。根据热稳定条件, 未考虑腐蚀时, 接地线的最小截面应符合下式要求:

$$S_g \geq \frac{I_g}{C} \sqrt{t_e} = \frac{10000}{70} \times \sqrt{1.2} \text{mm}^2 = 156.5 \text{mm}^2$$

故选 A 为正确答案。

(3) 计算一般情况下, 变电所电气装置保护接地的接地电阻不大于下列哪项数值?

- (A) 0.2Ω (B) 0.5Ω (C) 1Ω (D) 2Ω

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 5.1.1 条 a 款可知, 有效接地和低电阻接地系统中发电厂、变电所电气装置保护接地的接地电阻应符合下列要求, 根据式 (5) 有

$$R \leq \frac{2000}{I} = \frac{2000}{10000} \Omega = 0.2\Omega$$

故选 A 为正确答案。

(4) 采用简易计算方法, 计算该变电所采用复合式接地网, 其接地电阻为 ()。

- (A) 0.2Ω (B) 0.5Ω (C) 1Ω (D) 4Ω

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 A 表 A2 规定可知, 复合式接地网接地电阻的简易计算式为

$$R \approx 0.5 \frac{\rho}{\sqrt{S}} = 0.5 \times \frac{100}{\sqrt{10000}} \Omega = 0.5\Omega$$

故选 B 为正确答案。

(5) 如变电所采用独立避雷针, 作为直接防雷保护装置其接地电阻值不大于 ()。

- (A) 10Ω (B) 15Ω (C) 20Ω (D) 25Ω

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 5.1.2 条可知, 独立避雷针 (含悬挂独立避雷线的架构) 的接地电阻, 在土壤电阻率不大于 $500\Omega \cdot \text{m}$ 的地区不应大于 10Ω 。

题 3: 220kV 屋外变, 海拔 1000m 以下, 土壤电阻率 $\rho = 200\Omega \cdot \text{m}$, 设水平接地极为主人工接地网, 扁钢, 均压带等距布置。(2009)

(1) 最大运行方式下接地最大短路电流为 10kA, 站内接地短路入地电流为 4.5kA, 站外接地短路入地电流为 0.9kA, 则该站接地电阻应不大于 ()。

- (A) 0.2Ω (B) 0.44Ω (C) 0.5Ω (D) 2.2Ω

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 5.1.1 条知, 一般情况下, 接地装置的接地电阻应符合下式要求:

$$R \leq \frac{2000}{I} = \frac{2000}{4600} \Omega = 0.44\Omega$$

式中, I 为计算用流经接地装置的入地短路电流, 采用在接地装置内外短路时, 经接地装置流入地中的最大短路电流对称分量最大值。

本题中, 站内接地短路入地电流为 4.5kA, 站外接地短路入地电流为 0.9kA, 则经接

地装置流入地中的短路电流最大值为 $(10 - 4.5 - 0.9) \text{ kA} = 4.6 \text{ kA}$ 。故本题应该选 B 为正确答案。

► 分析：接地部分的接地电阻、接触电位差、跨步电位差等内容，为常考内容。此题的关键在于 I 为流经接地装置的短路电流。

(2) 若该站接地短路电流持续时间取 0.4 s ，接触电位差允许值为 ()。

(A) 60V (B) 329V (C) 496.5V (D) 520V

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 3.4 条 a 款以及式 (1) 可得

$$U_t = \frac{174 + 0.17 \rho_f}{\sqrt{t}} = \frac{174 + 0.17 \times 200}{\sqrt{0.4}} \text{ V} \approx 329 \text{ V}$$

(3) 站内单相接地入地电流为 4 kA ，网最大接触电位差系数取 0.15 ，接地电阻为 0.35Ω ，则网最大接触电位差为 ()。

(A) 210V (B) 300V (C) 600V (D) 1400V

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 B 式 (B3)、式 (B4) 可得

$$U_g = IR = 4000 \times 0.35 \text{ V} = 1400 \text{ V}$$

$$U_{\max} = K_{t\max} U_g = 0.15 \times 1400 \text{ V} = 210 \text{ V}$$

(4) 若该站接地短路电流持续时间取 0.4 s ，跨步电压允许值为 ()。

(A) 90V (B) 329V (C) 496.5V (D) 785V

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 3.4 条及式 (1) 可得

$$U_s = \frac{174 + 0.7 \rho_f}{\sqrt{t}} = \frac{174 + 0.7 \times 200}{\sqrt{0.4}} \text{ V} = 496.5 \text{ V}$$

(5) 站内单相接地入地电流为 4 kA ，最大跨步电位差系数取 0.24 ，接地电阻 0.35Ω ，则最大跨步电位差为 ()。

(A) 336V (B) 480V (C) 960V (D) 1400V

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 B 式 (B3)、式 (B7) 有

$$U_g = IR = 4000 \times 0.35 \text{ V} = 1400 \text{ V}$$

$$U_{s\max} = K_{s\max} U_g = 0.24 \times 1400 \text{ V} = 336 \text{ V}$$

题 4：某发电厂，处 IV 级污染区， 220 kV 升压站，GIS。(2009)

(1) 耐张绝缘子串选 XPW-160 (几何爬电 460 mm)，有效率为 1，求片数。

- (A) 16 片 (B) 17 片 (C) 18 片 (D) 19 片

► 答案: [D]

► 解答过程: 1) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 附录 C 表 C2 可得, IV 级污秽区变电所的爬电距离为 $\lambda = 3.10\text{cm/kV}$ 。

2) 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 10.2.1 条或《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 6-7 节第四部分悬式绝缘子片数选择, 按照工频电压和泄漏比距选择绝缘子片数, 故有

$$m \geq \frac{\lambda U_m}{K_e L_0} = \frac{3.1 \times 252}{1 \times 46} = 16.98$$

3) 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 21.0.9 条可知, 选择悬式绝缘子应考虑绝缘子的老化、每串绝缘子要预留的零值绝缘子。对 35~220kV 耐张绝缘子串预留两片零值绝缘子, 故总的绝缘子片数应为 18.98 片, 故本题选 D。

(2) 220kV GIS 的接地短路电流为 20kA, GIS 基座下有两条地引下线与主接地连接, 在热稳定校验时, 应该取热稳定电流为 ()。

- (A) 20kA (B) 14kA (C) 10kA (D) 7kA

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 6.2.14 条 b 款规定可知, 对于只有两条或四条接地线, 其截面热稳定的校验电流分别取全部接地 (短路或故障) 电流的 70% 和 35%。本题中有两条引向室内环形母线的接地线, 故有 $20\text{kA} \times 70\% = 14\text{kA}$, 故选 B 为正确答案。

(3) 某一接地引下线短路电流为 15kA, 时间为 2s, 扁钢, 热稳定截面应大于 ()。

- (A) 101mm^2 (B) 176.8mm^2 (C) 212.1mm^2 (D) 301.3mm^2

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 C 接地装置的热稳定校验有

$$S_g \geq I_g \times \frac{\sqrt{t_c}}{C} = 15000 \times \frac{\sqrt{2}}{70} \text{mm}^2 = 303.04\text{mm}^2$$

式中, 热稳定系数 $C=70$ 可查表 C1 得到。故选 D 为正确答案。

(4) 主变套管、GIS 套管对地爬电距离应大于 ()。

- (A) 7812mm (B) 6820mm (C) 6300mm (D) 5500mm

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 附录 C 表 C2 可得, IV 级污秽区变电所的爬电距离为 $\lambda = 3.10\text{cm/kV}$ 。按系统最高工作电压计算爬电距离:

$$L = \lambda U_m = 3.10 \times 252\text{cm} = 781.2\text{cm} = 7812\text{mm}$$

题 5: 某 220kV 配电装置内的接地网, 是以水平接地极为主, 垂直接地极为辅, 且边缘闭合的复合接地网, 已知接地网的总面积为 7600mm^2 , 测得平均土壤电阻率为 $68\Omega \cdot \text{m}$, 系统最大运行方式下的单相接地短路电流为 25kA , 接地短路电流持续时间为 2s , 据以上条件解答下列问题。(2008)

(1) 计算 220kV 配电装置内的接触电位差不应超过下列何值?

- (A) 131.2V (B) 110.8V (C) 95V (D) 92.78V

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 3.4 条 a 款规定可知, 110kV 及以上有效接地系统和 $6\sim 35\text{kV}$ 低电阻接地系统, 发生单相接地或同点两相接地时, 发电厂、变电所接地装置的接触电位差不超过下列数值:

$$U_t = \frac{174 + 0.17\rho_f}{\sqrt{t}} = \frac{174 + 0.17 \times 68}{\sqrt{2}} \text{V} = 131.2\text{V}$$

(2) 计算 220kV 配电装置内的跨步电位差不应超过下列何值?

- (A) 113.4V (B) 115V (C) 131.2V (D) 156.7V

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 3.4 条 a 款规定可知, 110kV 及以上有效接地系统和 $6\sim 35\text{kV}$ 低电阻接地系统, 发生单相接地或同点两相接地时, 发电厂、变电所接地装置的跨步电位差不超过下列数值:

$$U_s = \frac{174 + 0.7\rho_f}{\sqrt{t}} = \frac{174 + 0.7 \times 68}{\sqrt{2}} \text{V} = 156.7\text{V}$$

(3) 假设 220kV 配电装置内的复合接地网采用镀锌扁钢, 其热稳定系数为 70, 保护动作时间和断路器开断时间之和为 1s , 计算热稳定选择的主接地网规格不应小于下列哪种?

- (A) 50×6 (B) 50×8 (C) 40×6 (D) 40×8

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 C 第 C1 条可知, 根据热稳定条件, 未考虑腐蚀时, 接地线的最小截面应符合下式要求:

$$S_g \geq \frac{I_g}{C} \sqrt{t_c} = \frac{25000}{70} \times \sqrt{1} \text{mm}^2 = 357.14 \text{mm}^2$$

(4) 计算 220kV 配电装置内复合接地网接地电阻为下列何值 (按简易计算式算)?

- (A) 10Ω (B) 5Ω (C) 0.39Ω (D) 0.5Ω

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 A 表 A2 可知, 复合式接地网工频接地电阻简易计算式为

$$R \approx 0.5 \frac{\rho}{\sqrt{S}} = 0.5 \times \frac{68}{\sqrt{7600}} \Omega = 0.39\Omega$$

(5) 假设 220kV 变压器中性点直接接地运行, 流经主变压器中性点的最大接地短路电

流值为 1kA，厂内短路时避雷线的工频分流系数为 0.5，厂外短路时避雷线的工频分流系数为 0.1，计算 220kV 配电装置保护接地的接地电阻应为下列何值？

- (A) 5Ω (B) 0.5Ω (C) 0.39Ω (D) 0.167Ω

► 答案：[D]

► 解答过程：1) 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 B 第 B1 条可知，厂或所内和厂或所外发生接地短路时，流经接地装置的电流可分别按下式计算，且计算用入地短路电流取两式中较大的 I 值：

$$I = (I_{\max} - I_n)(1 - K_{e1}) = (25 - 1) \times (1 - 0.5) \text{ kA} = 12 \text{ kA}$$

$$I = I_n(1 - K_{e2}) = 1 \times (1 - 0.1) \text{ kA} = 0.9 \text{ kA}$$

2) 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 5.1.1 条及式 (5) 可知，一般情况下，接地装置的接地电阻应符合下式要求：

$$R \leq \frac{2000}{I} = \frac{2000}{12000} \Omega = 0.167 \Omega$$

题 6：某 110kV 变电站接地网范围为 120×150m，由 15×15m 正方形网络组成，接地体为 60×8mm² 截面的镀锌扁铁，埋深 0.8m。已知土壤电阻率为 $\rho=300\Omega \cdot \text{m}$ ，请回答下列问题。（供配电 2008）

(1) 计算该接地网的工频电阻最接近下列哪项数值？

- (A) 1.044Ω (B) 1.057Ω (C) 1.515Ω (D) 0.367Ω

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 A 的式 (A3) 有

$$a_1 = \left(3 \frac{L_0}{\sqrt{S}} - 0.2 \right) \frac{\sqrt{S}}{L_0} = \left(3 \times \frac{540}{\sqrt{120 \times 150}} - 0.2 \right) \frac{\sqrt{120 \times 150}}{540} = 0.988222$$

$$B = \frac{1}{1 + 4.6 \frac{h}{\sqrt{S}}} = \frac{1}{1 + 4.6 \times \frac{0.8}{\sqrt{18000}}} = 0.9733$$

$$\begin{aligned} R_e &= 0.213 \frac{\rho}{\sqrt{S}} (1 + B) + \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{S}{9hd} - 5B \right) \\ &= \left[0.213 \times \frac{300}{\sqrt{18000}} (1 + 0.9733) + \frac{300}{2\pi \times 2670} \left(\ln \frac{18000}{9 \times 0.8 \times 0.03} - 5 \times 0.9733 \right) \right] \Omega \\ &= (0.93985 + 0.11565) \Omega = 1.0555 \Omega \end{aligned}$$

$$R_n = a_1 R_e = 0.988222 \times 1.0555 \Omega = 1.043 \Omega$$

► 分析：本题答案要求精确到小数点后三位，不能用表 A2 中的简化公式进行计算。

(2) 若接地装置的接地电阻为 1Ω，110kV 有效接地系统计算入地短路电流为 10kV，接地短路电流持续时间为 0.5s，最大接触电位差系数 $K_{t\max} = 0.206$ ，计算最大接触电位差数值并判断下列哪项是正确的？

- (A) 7940V，不满足要求 (B) 2060V，满足要求
(C) 2060V，不满足要求 (D) 318.2V，满足要求

答案: [C]

解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997)和附录 B 式 (B3)、式 (B4) 有

$$U_g = IR = 10000 \times 1V = 10000V$$

$$U_{\max} = K_{t\max} U_g = 0.206 \times 10000V = 2060V$$

根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 110kV 及以上有效接地系统最大接触电位差不应超过下列数值:

$$U_t = \frac{174 + 0.17\rho}{\sqrt{t}} = \frac{174 + 0.17 \times 300}{\sqrt{0.5}} V = 318.15V$$

故不满足要求。

(3) 若接地装置的接地电阻为 1Ω , 110kV 有效接地系统计算入地短路电流为 10kA, 接地短路电流持续时间为 0.5s, 最大跨步电位差系数 $K_{s\max}=0.126$, 计算最大跨步电位差数值并判断下列哪项是正确的?

- (A) 8740V, 不满足要求 (B) 1260V, 满足要求
(C) 1260V, 不满足要求 (D) 543.1V, 满足要求

答案: [C]

解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 B 的式 (B3)、式 (B7) 有

$$U_g = IR = 10000 \times 1V = 10000V$$

$$U_{\max} = K_{t\max} U_g = 0.126 \times 10000V = 1260V$$

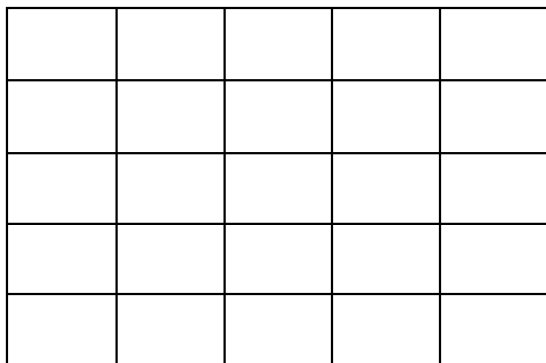
根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 式 (2), 110kV 及以上有效接地系统最大跨步电位差不应超过下列数值:

$$U_t = \frac{174 + 0.7\rho}{\sqrt{t}} = \frac{174 + 0.7 \times 300}{\sqrt{0.5}} V = 399.4V$$

故不满足要求。

题 7: 某厂根据负荷发展需要, 拟新建一座 110/10kV 变电站, 用于厂区内 10kV 负荷的供电, 变电站基本情况如下: (供配电 2009)

- 1) 电源取自地区 110kV 电网 (无限大容量);
- 2) 主变采用两台容量为 31.5MVA 三相双绕组自冷有载调压变压器, 户外布置, 变压器高低压侧均采用架空套管进线;
- 3) 每台变压器低压侧配置两组 10kV 并联电容器, 每组容量 2400kvar; 采用单星形接线, 配 12%干式空心电抗器, 选用无重燃的真空断路器进行投切;
- 4) 110kV 设备采用 GIS 户外布置, 10kV 设备采用中置柜户内双列布置;
- 5) 变电站接地网水平接地极采用 F20 热镀锌圆钢, 垂直接地极采用 L50×50×5 热镀锌角钢, 接地网埋深 0.8m, 按图 8-3 敷设。



5m×8m

图 8-3 敷设图

请回答下列问题：

(1) 在本站过电压保护中，下列哪一项无须采取限制措施？

- (A) 工频过电压 (B) 谐振过电压
(C) 线路合闸和重合闸过电压 (D) 雷电过电压

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 4.2.1 条第 D 款可知，范围 I 的线路合闸和重合闸过电压一般不超过 3.0p.u.，通常无须采取限制措施。

(2) 当需要限制电容器极间和电源侧对地过电压时，10kV 并联电容器组过电压可采用图 8-4～图 8-7 中哪一个图的接线方式？

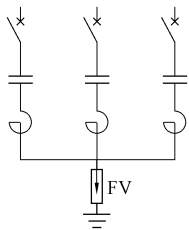


图 8-4

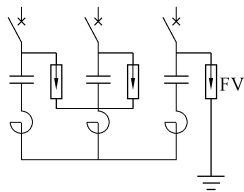


图 8-5

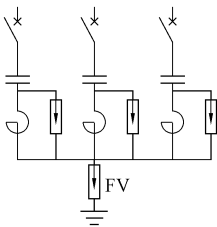


图 8-6

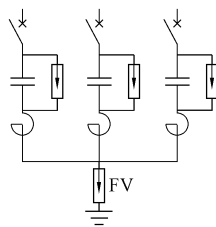


图 8-7

- (A) 图 8-4 (B) 图 8-5 (C) 图 8-6 (D) 图 8-7

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—1995)第 4.2.10.3 条知，当需要限制电容器极间和电源侧对地过电压时，在电抗率为 12%及以上时，可采用避雷器与电抗器并联连接和中性点避雷器接线的方式。图 8-4 和图 8-5 电容器组中性点避雷器接线方式，图 8-7 采用的是避雷器与电容器组并联的方式。

► 分析：《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008)第 4.2.8 条说的也是抑制操作过电压的避雷器接线方式。

(3) 变电站采用独立避雷针进行直击雷保护，下列有关独立避雷针设计的表述哪一项是不正确的？

- (A) 独立避雷针宜设独立的接地装置。在非高土壤电阻率地区，其接地电阻不应超过 10Ω
- (B) 独立避雷针宜设独立的接地装置，接地电阻难以满足要求时，该接地装置可与主接地网连接，但避雷针与主接地网的地下连接点至 35kV 及以下设备与主接地网的地下连接点之间，沿接地体的长度不得小于 10m
- (C) 独立避雷针不应设在人经常通行的地方，避雷针及其接地装置与道路或出入口等的距离不宜小于 3m，否则应采取均压措施，或铺设砾石或沥青地面，也可铺设混凝土地面
- (D) 110kV 及以上的配电装置，一般将避雷针装在配电装置的架构或房顶上，但在土壤电阻率大于 1000Ω·m 的地区，宜装设独立避雷针。否则，应通过验算，采取降低接地电阻或加强绝缘等措施

► 答案：[B]

► 解答过程：《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997)第 7.1.6 条：“独立避雷针宜设独立的接地装置，接地电阻难以满足要求时，该接地装置可与主接地网连接，但避雷针与主接地网的地下连接点至 35kV 及以下设备与主接地网的地下连接点之间，沿接地体的长度不得小于 15m。”

(4) 变电站场地均匀土壤电阻率为 50Ω·m，则本站复合接地网的接地电阻为哪项？(要求精确计算，小数点保留 4 位)

- (A) 0.5886Ω (B) 0.5826Ω (C) 0.4741Ω (D) 0.4692Ω

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997)附录 A 的式 (A3) 有

$$L_0 = 5 \times 8 \times 4 \text{m} = 160 \text{m}$$

$$L = 40 \times 12 \text{m} = 480 \text{m}$$

$$S = 40 \times 40 \text{m}^2 = 1600 \text{m}^2$$

$$B = \frac{1}{1 + 4.6 \frac{h}{\sqrt{S}}} = \frac{1}{1 + 4.6 \times \frac{0.8}{\sqrt{1600}}} = 0.9158$$

$$\begin{aligned}
 R_e &= 0.213 \frac{\rho}{\sqrt{S}} (1+B) + \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{S}{9hd} - 5B \right) \\
 &= \left[0.213 \frac{50}{\sqrt{1600}} (1+0.9158) + \frac{50}{2\pi \times 480} \left(\ln \frac{1600}{9 \times 0.8 \times 0.02} - 5 \times 0.9158 \right) \right] \Omega = 0.58864 \Omega \\
 a_1 &= \left(3 \ln \frac{L_0}{\sqrt{S}} - 0.2 \right) \frac{\sqrt{S}}{L_0} = \left(3 \ln \frac{160}{40} - 0.2 \right) \times \frac{40}{160} = 0.9897 \\
 R_n &= a_1 R_e = 0.9897 \times 0.58864 \Omega = 0.5826 \Omega
 \end{aligned}$$

► 分析：该类题在供配电专业考试上曾多次出现，发输变电还没考过，应引起重视。 L_0 为接地网外缘边线总长度， L 为水平接地极总长度，先要把这两个量求出。接着依次计算 B 、 R_e 和 a_1 ，最后求出 R_n 。

题 8：某 110kV 变电站采用全户内布置，站内有两台主变压器，110kV 采用中性点直接接地方式。变电站内仅设一座综合建筑物，建筑物长 54m、宽 20m、高 18m，全站围墙长 73m、宽 40m。变电站平面布置如图 8-8 所示，请回答下列问题。（供配电 2010）



图 8-8 变电站平面布置

(1) 该变电站 110kV 配电装置保护接地的接地电阻 R 应满足下列哪一项？并说明依据和理由。（式中， I 为计算用的流经接地装置的入地短路电流）

- (A) $R \leq 2000/I$ (B) $R \leq 250/I$ (C) $R \leq 120/I$ (D) $R \leq 50/I$

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 第 5.1.1 条式 (5)。

(2) 该变电站接地网拟采用以水平接地极为主 73×40 (长 $\times$ 宽) 边缘闭合的复合接地网，水平接地极采用 $\phi 20$ 的热镀锌圆钢。垂直接地极采用 $L50 \times 50 \times 5$ 的热镀锌角钢，敷设深度为 0.8m，站区内土壤电阻率约为 $100 \Omega \cdot m$ 。请采用《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录中式 (A3) 的方法计算变电站接地网的接地电阻为下列哪项数值。

- (A) 0.93Ω (B) 0.90Ω (C) 0.81Ω (D) 0.73Ω

► 答案：[C]

► 解答过程：《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 A 的式 (A3)：

$$L_0 = (73 + 40 + 73 + 40)\text{m} = 226\text{m}$$

$$L = (73 \times 9 + 40 \times 16)\text{m} = 1297\text{m}$$

$$S = 73 \times 40\text{m}^2 = 2920\text{m}^2$$

$$B = \frac{1}{1 + 4.6 \frac{h}{\sqrt{S}}} = \frac{1}{1 + 4.6 \times \frac{0.8}{\sqrt{2920}}} = 0.936$$

$$\begin{aligned} R_{\text{e}} &= 0.213 \frac{\rho}{\sqrt{S}} (1 + B) + \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{S}{9hd} - 5B \right) \\ &= \left[0.213 \times \frac{100}{\sqrt{2920}} \times (1 + 0.936) + \frac{100}{2\pi \times 1297} \times \left(\ln \frac{2920}{9 \times 0.8 \times 0.02} - 5 \times 0.936 \right) \right] \Omega \\ &= (0.76364 + 0.064) \Omega \\ &= 0.82764 \Omega \end{aligned}$$

$$a_1 = \left(3 \ln \frac{L_0}{\sqrt{S}} - 0.2 \right) \frac{\sqrt{S}}{L_0} = \left(3 \ln \frac{226}{54} - 0.2 \right) \times \frac{54}{226} = 0.9784$$

$$R_{\text{n}} = a_1 R_{\text{e}} = 0.9784 \times 0.82764 \Omega = 0.8097 \Omega \approx 0.81 \Omega$$

► 分析：本题和题 6 中的第 (4) 小题的计算方法完全一样。

(3) 假定该变电站 110kV 单相接地短路电流为 15kA，主保护动作时间为 30ms，断路器开断时间为 60ms，第一级后备保护的动作为 0.5s。问根据热稳定条件，不考虑腐蚀时，变电站接地线的最小截面应不小于下列哪项？（变电站按配有 1 套速动保护、近后备等保护计算）

- (A) 160.4mm² (B) 93.5mm² (C) 64.3mm² (D) 37.5mm²

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 C 的式 (C3)：

$$t_{\text{e}} \geq t_0 + t_{\text{r}} = (0.06 + 0.5)\text{s} = 0.56\text{s}$$

式中， t_0 为断路器开断时间； t_{r} 为第一级后备保护动作时间。

将以上结果带入式 (C1) 有

$$S_{\text{g}} \geq \frac{I_{\text{g}}}{C} \sqrt{t_{\text{e}}} = \frac{15 \times 10^3}{70} \sqrt{0.56} \text{mm}^2 = 160.4 \text{mm}^2$$

► 分析：C 值的选择是根据表 C1，接地线考虑的是钢材材质。 t_{e} 的选择应按照发电厂、变电所继电保护装置的配置情况而定，本题中配有一套主保护和一级后备保护， t_{e} 为第一级后备保护动作时间和断路器开断时间之和。

题 9：某 110kV 变电所，采用图 8-9 所示的方孔接地网，其占地面积为 60m×60m，材料为 40mm×40mm 扁钢，埋入深度为 0.8m，其接地电阻 $R=0.1\Omega$ ，计算用入地短路电流为 20kA。(2005)

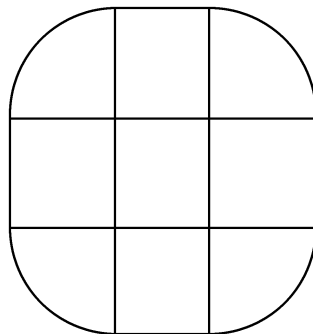


图 8-9 方孔接地网

(1) 该变电所接地网外地地表面最大跨步电压最接近的数值是 ()。

- (A) 140V (B) 160V (C) 200V (D) 300V

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的接地》(DL/T 621—1997) 附录 B 的式 (B8) 有

$$U_g = IR = 20 \times 0.1 \text{ kV} = 2 \text{ kV}$$

$$\beta = 0.1\sqrt{n} = 0.1 \times \sqrt{4} = 0.2$$

$$\alpha_2 = 0.35 \left(\frac{n-2}{n} \right)^{1.14} \left(\frac{\sqrt{S}}{30} \right)^\beta = 0.35 \times \left(\frac{4-2}{4} \right)^{1.14} \left(\frac{\sqrt{3600}}{30} \right)^{0.2} = 0.1824$$

$$K_{s\max} = (1.5 - \alpha_2) \ln \frac{h^2 + (h+T/2)^2}{h^2 + (h-T/2)^2} \bigg/ \ln \frac{20.4S}{dh}$$

$$= (1.5 - 0.1824) \times \ln \frac{0.8^2 + (0.8+0.8/2)^2}{0.8^2 + (0.8-0.8/2)^2} \bigg/ \ln \frac{20.4 \times 3600}{0.02 \times 0.8}$$

$$= 1.3176 \times 0.955 / 15.34 = 0.082$$

$$U_{s\max} = K_{s\max} U_g = 0.082 \times 2000 \text{ V} = 164 \text{ V}$$

► 分析: 本题先要搞清楚下列这些量的物理含义及其计算公式, S 为接地网的总面积 (m^2); D 为水平接地极的直径或等效直径 (m); H 为水平接地极的埋设深度 (m); L_0 为接地网的外缘边线总长度 (m); L 为水平接地极的总长度 (m)。

$$\text{对于矩形接地网, } n \text{ 值由下式计算 } n = 2 \left(\frac{L}{L_0} \right) \left(\frac{L_0}{4\sqrt{S}} \right)^{1/2}$$

T 为跨步距离, 取 0.8 m 。

(2) 35 kV 的单芯电缆金属护层非接地时, 若无保护措施, 则允许感应电压为 100 V 还是 120 V ? 若有保护措施, 则允许感应电压为多少? 30 V 还是 50 V ?

- (A) 30 V , 120 V (B) 30 V , 100 V
(C) 50 V , 120 V (D) 50 V , 100 V

► 答案: [D]

► 解答过程: 《电力工程电缆设计规范》(GB 50217—2007) 第 4.1.10 条: “交流单芯电力电缆线路的金属护层上任一点非直接接地处的正常感应电势最大值应满足下列规定: 1) 未采取能有效防止人员任意接触金属层的安全措施时, 不得大于 50 V 。2) 除 1) 项情况外, 不得大于 100 V ”。

第九章 仪表和控制

一、大纲要求 ★★★

- 1) 熟悉控制方式的设计选择;
- 2) 熟悉二次设备的布置设计;
- 3) 掌握二次回路的设计要求;
- 4) 熟悉电气系统采用计算机监控的设计;
- 5) 了解二次设备及控制电缆抗干扰的要求;
- 6) 了解电测量及计量的设置要求。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 15 分,基本都在专业知识中考试。考点集中,考试题目难度一般。答题依据主要有《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第二十章、第二十一章、第二十二章,以及《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》(DL/T 5136—2001)、《电力装置的电测量仪表装置设计规范》(GB/T 50063—2008)、《220~500kV 变电所计算机监控系统设计技术规程》(DL/T 5149—2001)。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

(1) 火力发电厂升压站监控系统中测控装置机柜的接地采用绝缘电缆等电位母线总接地铜排,接地电缆最小截面为下列哪项值?(2012)

- (A) 35mm^2 (B) 25mm^2 (C) 16mm^2 (D) 10mm^2

▶ 答案: [A]

▶ 依据:《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》(DL/T 5136—2001) 第 13.2.5 条第 2) 款或者表 13.3.7。

(2) 电力工程设计中,下列哪项缩写的解释是错误的?(2011)

- (A) AVR——自动励磁装置 (B) ASS——自动同步系统
(C) DEH——数字式电液调节器 (D) SOE——事件顺序

▶ 答案: [A]

▶ 依据:《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》(DL/T 5136—2001) 3.2 缩写和代号,其中 AVR 为自动电压调节器,ASS 为自动同步系统,DEH 为数字式电液调节器,

SOE 为事件顺序。

► 分析：常用的专业术语应该在平时工作时注意总结，不断加深记忆，该节还规定了其他专业术语的缩写和代号。

（3）电力工程中，当采用计算机监控时，监控系统的信号电缆屏蔽层选择，下列哪项是错误的？（2011）

- （A）开关量信号，可选用外部总屏蔽
- （B）脉冲信号，宜采用双层式总屏蔽
- （C）高电平模拟信号，宜采用对绞芯加外部总屏蔽
- （D）低电平模拟信号，宜采用对绞芯分屏蔽

► 答案：[B]

► 依据：《电力工程电缆设计规范》（GB 50217—2007）第 3.6.7 条第 3 款：“控制电缆金属屏蔽类型的选择，对于开关信号可选用总屏蔽；对于高电平模拟信号，宜选用对绞线芯总屏蔽；对低电平模拟信号或脉冲量信号，宜选用对绞线芯分屏蔽。”

（4）在发电厂、变电所的配电装置中，就地操作的断路器，若装设了监视跳闸回路的位置继电器，并用红、绿灯作位置指示灯时，正常运行时的状态是下列哪项？（2011）

- （A）红灯亮
- （B）绿灯亮
- （C）暗灯运行
- （D）绿灯闪光

► 答案：[C]

► 依据：《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》（DL/T 5136—2001）第 7.1.4 条：“配电装置就地操作的断路器，可只装设监视跳闸回路的位置继电器，用红、绿灯作位置指示灯，正常时暗灯运行，事故时绿灯闪光，并向控制室发出声、光信号”。

（5）在发电厂、变电所中，如电压互感器二次侧的保护设备采用自动开关，该自动开关瞬时脱扣器断开短路电流的时间最长应不超过下列哪项数值？（2011）

- （A）10ms
- （B）20ms
- （C）30ms
- （D）50ms

► 答案：[B]

► 依据：《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》（DL/T 5136—2001）第 9.2.11 条第 3 款：“自动开关瞬时脱扣器断开短路电流的时间不应大于 20ms。”

（6）220~500kV 隔离开关、接地刀闸都必须有（ ）。 （2011）

- （A）电动操作机构
- （B）操作闭锁措施
- （C）两组独立的操作电源
- （D）防跳继电器

► 答案：[B]

► 依据：《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》（DL/T 5136—2001）第 7.1.8 条。

（7）一般情况下，发电厂、变电所中的控制、保护和自动装置供电回路熔断器或自动开关的配置应符合下列哪项要求？（2008）

- （A）当一个安装单位含有几台断路器时控制、保护和自动装置供电回路熔断器可共用

一组熔断器

- (B) 当本安装单位含有几台断路器而各断路器之间有程序控制要求时, 控制、保护和自动装置应设置专用的熔断器
- (C) 当本安装单位含有几台断路器而各断路器无单独运行可能时, 控制、保护和自动装置应设置专用的熔断器
- (D) 当本安装单位仅含有一台断路器时, 控制、保护和自动装置可共用一组熔断器或自动开关

▶ 答案: [D]

▶ 依据: 《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》(DL/T 5136—2001) 第 9.2.4 条第 1 款: “当本安装单位仅含一台断路器时, 控制、保护及自动装置可共用一组熔断器或自动开关。” 根据其他条款, 可排除 A、B、C。

(8) 下列哪种报警信号为发电厂、变电所信号系统中的事故报警信号? (2008)

- (A) 设备运行异常时发出的报警信号
- (B) 断路器事故跳闸时发出的报警信号
- (C) 具有闪光程序的报警信号
- (D) 以上三种信号都是事故报警信号

▶ 答案: [B]

▶ 依据: 《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》(DL/T 5136—2001) 第 3.1.13、3.1.14、3.1.15 条: “事故信号指的是断路器事故跳闸时发出的报警信号; 设备运行异常时发出的报警信号指的是预告信号; 具有闪光程序的报警装置是闪光报警器”。

2. 多项选择题

(1) 在电力系统电能量计量表接线的描述中, 哪几项是正确的? (2012)

- (A) 电流互感器的二次绕组接线, 宜先接常用电测量仪表, 后接测控装置
- (B) 电流互感器的二次绕组应采用防止开路的保护措施
- (C) 用于测量的二次绕组应在测量仪表屏处接地
- (D) 和电流的两个二次绕组应并接和一点接地, 接地点应在和电流处

▶ 答案: [A、B、D]

▶ 依据: 《电测量及电能计量装置设计技术规程》(DL/T 5137—2001) 第 11.1.5 条: “电流互感器的二次绕组的中性点应有一个接地点。测量用二次绕组应在配电装置处接地, 和电流的两个二次绕组中性点应并接和一点接地”, 故 C 答案错误, D 答案正确; 根据第 11.1.3 条: “直接接于电流互感器二次绕组的一次测量仪表, 不宜采用开关切换检测三相电流, 必要时应有防止电流互感器二次开路的保护措施”, 故 B 答案正确; 根据《电能量计量系统设计技术规程》(DL/T 5202—2004) 第 8.0.2 条: “电能量计量表计应接入电流互感器绕组最前端”, 故 A 答案正确。

(2) 发电厂、变电所中, 下列有关电流互感器配置和接线的描述, 正确的是哪几项? (2011)

- (A) 当测量仪表和保护装置共用电流互感器同一个二次绕组时，保护装置接在仪表之后
- (B) 500kV 保护用电流互感器的暂态特性应满足继电保护的要求
- (C) 对于中性点直接接地系统，电流互感器按三相配置
- (D) 用于自动调整励磁装置的电流互感器应布置在发电机定子绕组的出线侧

► 答案：[B、C、D]

► 依据：根据《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》（DL/T 5136—2001）第 7.4.1 条可知 B 答案正确；根据 7.4.2 条第 3）款可知 C 答案正确；根据 7.4.5 条第 1）款可知 A 答案错误；根据 7.4.2 条第 5）款可知 D 答案正确。

(3) 在发电厂、变电所中，下列哪些回路应监测交流系统的绝缘？（2011）

- (A) 发电机的定子回路
- (B) 220kV 系统的母线和回路
- (C) 35kV 系统的母线和回路
- (D) 10kV 不接地系统的母线和回路

► 答案：[A、C、D]

► 依据：《电测量及电能计量装置设计技术规程》（DL/T 5137—2001）第 5.3.2 条。

(4) 在发电厂、变电所设计中，电压互感器的配置和中性点接地设计原则，下列哪些是正确的？（2011）

- (A) 对于中性点直接接地系统，电压互感器剩余绕组额定电压应为 $100\text{V}/3$
- (B) 500kV 电压互感器应具有三个二次绕组，其暂态特性和铁磁谐振特性应满足继电保护要求
- (C) 对于中性点直接接地系统，电压互感器星形接线的二次绕组应采用中性点一点接地方式，且中性点接地线中不应串接有可能断开的设备
- (D) 电压互感器开口三角绕组引出端之一应一点接地，接地引出线上不应串接有可能断开的设备

► 答案：[B、C、D]

► 依据：根据《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》（DL/T 5136—2001）第 7.4.10 条第 3）款可知 A 答案错误；根据 7.4.10 条第 4）款可知 B 答案正确；根据 7.4.14 条可知 C、D 答案正确。

(5) 断路器的控制回路应满足下列哪些要求？（2008）

- (A) 合闸或跳闸的完成后应使命令脉冲自动解除
- (B) 有防止断路器“跳跃”的电气闭锁装置
- (C) 接线应简单可靠，使用电缆芯最少
- (D) 断路器自动合闸后，不需要明显显示信号

► 答案：[A、B、C]

► 依据：《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》（DL/T 5136—2001）第 7.1.2 条。

► 分析：根据该条第 2）款规定，自动重合闸或跳闸时应有明显信号。

(6) 常规中央信号装置应具备下列哪些功能? (2008)

- (A) 断路器跳闸时, 能瞬间发出音响信号及相应的灯光信号
- (B) 发生故障时, 能瞬间发出预告音响, 并以光字牌显示故障性质
- (C) 能手动或自动复归音响, 而保留光字牌信号
- (D) 在事故音响信号试验时, 应停事故电钟

▶ 答案: [A、B、C]

▶ 依据: 《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》(DL/T 5136—2001) 第 7.2.2 条。

▶ 分析: 根据该条的第 7) 款规定, 事故音响动作时, 应停事故电钟, 但在事故音响信号试验时, 不应停钟, 故答案 D 错误。

(7) 电流互感器的选择应符合下列哪些要求? (2008)

- (A) 应满足一次回路额定电压的要求
- (B) 容量和准确等级应满足测量仪表、保护装置和自动装置的要求
- (C) 对中性点非直接接地系统, 电流互感器剩余绕组额定电压应为 100V
- (D) 对中性点非直接接地系统, 电流互感器剩余绕组额定电压应为 100/3V

▶ 答案: [A、B]

▶ 依据: 《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程》(DL/T 5136—2001) 第 7.4.1 条。

▶ 分析: 根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 第 16.0.7 条, C、D 两个答案应该是电压互感器应满足的要求。

(8) 变电所中, 计算机监控系统开关量输出信号满足下列哪些要求? (2008)

- (A) 具有严密的返送校核措施
- (B) 用通信接口方式输出
- (C) 输出触点容量应满足受控回路电流和容量要求
- (D) 输出触点数量应满足受控回路数量要求

▶ 答案: [A、C、D]

▶ 依据: 《220~500kV 变电所计算机监控系统设计技术规程》(DL/T 5149—2001) 第 7.4.1 条: “变电所计算机监控系统开关量输出信号应具有严密的返校核措施, 其输出触点容量应满足受控回路电流和容量的要求, 输出触点的数量应满足受控回路数量的要求。”

第十章 继电保护、安全自动装置 及调度自动化

一、大纲要求 ★★★

- 1) 掌握线路、母线和断路器继电保护的配置、整定计算及设备选择;
- 2) 熟悉电气主设备继电保护的配置、整定计算及设备选择;
- 3) 了解安全自动装置的原理及配置;
- 4) 了解电力系统调度自动化的功能及配置。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 20 分,其中专业知识占 10 分左右,案例占 10 分左右。考点相对集中,考试题目有一定难度。答题依据主要有《电力工程电气设计手册 电气二次部分》第二十八章、第二十九章,以及《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006)、《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》(GB/T 50062—2008)。前些年对继电保护的整定计算考查较少,近年来加大了对这方面内容的考查,应该引起足够的重视。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

(1) 电力系统中,下列哪种线路的相间短路保护宜采用近后备方式?(2012)

- (A) 10kV 线路 (B) 35kV 线路 (C) 110kV 线路 (D) 220kV 线路

▶ 答案: [D]

▶ 依据:《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006)第 4.4.1.2 条:“3kV~10kV 相间短路保护应采用远后备方式”,故 A 答案错。根据第 4.5.1.1 条:“35kV~66kV 对相间短路采用远后备方式”,故 B 答案错。根据第 4.6.1.3 条:“110kV 线路的后备保护宜采用远后备方式”,故 C 答案错。根据第 4.6.2.2 条:“220kV 线路的后备保护宜采用近后备方式”,故 D 答案正确。

▶ 分析:本题对 220kV 线路并未明确规定其相间短路采用远后备还是近后备的方式,但其他三个选项均能找到明确的依据。

(2) 变电所中不同接线的并联补偿电容器组,下列哪种保护配置是错误的?(2012)

- (A) 中性点不接地单星形接线的电容器组,装设中性点电流不平衡保护
(B) 中性点接地单星形接线的电容器组,装设中性点电流不平衡保护

- (C) 中性点不接地双星形接地的电容器组, 装设中性点电流不平衡保护
 (D) 中性点接地双星形接线的电容器组, 装设中性点回路电流差的不平衡保护

▶ 答案: [A]

▶ 依据: 《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.11.4 条第 a 款: “中性点不接地单星形接线电容器组, 可装设中性点电压不平衡保护”, 故 A 答案错。根据第 b 款: “中性点接地单星形接线电容器组, 可装设中性点电流不平衡保护”, 故 B 答案对; 根据第 c 款: “中性点不接地双星形接线电容器组, 可装设中性点间电流或电压不平衡保护”, 故 C 答案对; 根据第 d 款: “中性点接地双星形接线的电容器组, 可装设反应中性点回路电流差的不平衡保护”, 故 D 答案对。

(3) 对于 25MW 的水轮发电机, 采用低压起动的过电流作为发电机外部相间短路的后备保护时, 其低压元件接线电压取值应为下列哪项? (2012)

- (A) 相电压的 0.6 倍 (B) 相电压的 0.7 倍
 (C) 线电压的 0.6 倍 (D) 线电压的 0.7 倍

▶ 答案: [D]

▶ 依据: 《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》(GB/T 50062—2008) 第 3.0.6 条。

▶ 分析: 在《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 中并没有相应的依据。另外, 电力系统中, 额定电压一般指线电压。

(4) 发电厂和变电所的 35~110kV 母线, 下列哪种母线形式不需要装设专用母线保护? (2012)

- (A) 110kV 双母线
 (B) 需要快速切除母线故障的 110kV 单母线
 (C) 变电所 66kV 双母线
 (D) 需要快速切除母线故障的重要发电厂的 35kV 单母线

▶ 答案: [C]

▶ 依据: 《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.8.2 条。

(5) 发电厂、变电所中, 对于 10kV 线路相间短路保护装置的要求, 下列错误的是()。(2011)

- (A) 后备保护应采用近后备方式
 (B) 对于单侧电源线路可装设两段电流保护, 第一段为不带时限的电流速断保护, 第二段为带时限的过电流保护
 (C) 当线路短路使发电厂厂用母线或重要用户母线电压低于额定电压的 60%, 以及线路导线截面过小, 不允许带时限切除故障时, 应快速切除故障
 (D) 对于 1~2km 双侧电源的短线路, 当有特殊要求时, 可采用纵差保护作为主保护, 电流保护作为后备

▶ 答案: [A]

► 依据：《继电保护和安全自动装置技术规程》（GB/T 14285—2006）第 4.4.1.2 条：“10kV 线路相间短路保护应该用远后备方式”，故 A 答案错误。根据第 4.4.2.1 条可知，B、C 答案对。根据第 4.4.2.2 条可知，D 答案是对的。

（6）在 110kV 电力系统中，对于容量小于 63MVA 的变压器，由外部相间短路引起的变压器过电流，应装设相应的保护装置。保护装置动作后，应带时限动作于跳闸，且应符合相关规定，下列哪项表述不符合规定？（2011）

- （A）过电流保护宜用于降压变压器
- （B）复合电压起动的过电流保护宜用于升压变压器、系统联络变压器和过电流不符合灵敏性要求的降压变压器
- （C）低电压闭锁的过电流保护宜用于升压变压器、系统联络变压器和过电流不符合灵敏性要求的降压变压器
- （D）过电流保护宜用于升压变压器、系统联络变压器

► 答案：[D]

► 依据：根据《继电保护和安全自动装置技术规程》（GB/T 14285—2006）第 4.3.5.1 条：“35kV~66kV 及以下中小容量的降压变压器，宜采用过电流保护”，故 A 答案正确，D 答案错误。根据第 4.3.5.2 条：“110kV~500kV 降压变压器、升压变压器和系统联络变压器，相间短路后备保护用过电流保护不能满足灵敏性要求时，宜采用复合电压起动的过电流保护或复合电流保护”，故 B、C 答案对。

（7）变电所中，电容器组台数的选择及保护配置，应考虑不平衡保护有足够的灵敏度。当切除部分故障电容器，引起剩余电容器过电压时，保护装置应发出信号或动作于跳闸，发出信号或动作于跳闸的过电压值分别为（ ）。 （2011）

- （A） $\leq 102\%$ 额定电压、 $> 110\%$ 额定电压
- （B） $\leq 105\%$ 额定电压、 $> 110\%$ 额定电压
- （C） $\leq 110\%$ 额定电压、 $> 115\%$ 额定电压
- （D） $\leq 105\%$ 额定电压、 $> 115\%$ 额定电压

► 答案：[B]

► 依据：《继电保护和安全自动装置技术规程》（GB/T 14285—2006）第 4.11.4 条：“电容器组台数的选择及其保护配置时，应考虑不平衡保护有足够的灵敏度，当切除部分故障电容器后，引起剩余电容器的过电压小于或等于额定电压的 105%时，应发出信号；过电压超过额定电压的 110%时，应动作于跳闸。”

（8）一回 35kV 电力线路长 15km，装设带方向电流保护，该保护电流元件的最小灵敏系数不小于下列哪项数值？（2011）

- （A）1.3
- （B）1.4
- （C）1.5
- （D）2

► 答案：[C]

► 依据：《继电保护和安全自动装置技术规程》（GB/T 14285—2006）附录 A 表 A.1。

（9）以下哪种发电机，可不装设定子过电压保护？（2011）

- (A) 50MW 的水轮发电机 (B) 300MW 的水轮发电机
(C) 50MW 的汽轮发电机 (D) 300MW 的汽轮发电机

▶ 答案: [C]

▶ 依据:《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.2.7.1 条、4.2.7.2 条。

(10) 下列短路保护的最小灵敏系数哪项是不正确的? (2008)

- (A) 电流保护 1.3~1.5 (B) 发电机纵差保护 1.5
(C) 变压器电流速断保护 1.3 (D) 电动机电流速断保护 1.5

▶ 答案: [C]

▶ 依据:《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 附录 A。

(11) 对于电力系统中自动重合闸装置的装设, 下列哪种说法是错误的? (2008)

- (A) 必要时母线故障可采用母线自动重合闸装置
(B) 110kV 及以下单侧电源线路, 可采用 3 相一次重合闸
(C) 对于 220kV 单侧电源线路, 采用不检查同步的 3 相重合闸方式
(D) 对于 330~500kV 线路, 一般情况下应装设 3 相重合闸装置

▶ 答案: [D]

▶ 依据: 根据《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 5.2.1 条 c 款可知 A 答案正确; 根据第 5.2.4.1 条可知 B 答案正确; 根据第 5.2.6 条 a 款可知 C 答案正确; 根据第 5.2.6 条 e 款可知 D 答案错误, 应该为“一般情况下应采用单相重合闸装置”。

(12) 某 220kV 变电所, 主变压器保护中下列哪种不启动断路器失灵保护? (2008)

- (A) 变压器差动保护 (B) 变压器零序电流保护
(C) 变压器瓦斯保护 (D) 变压器速断保护

▶ 答案: [C]

▶ 依据:《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.3.14 条:“变压器非电气量保护不应启动失灵保护。”

▶ 分析: 变压器瓦斯保护不属于电气量保护。

2. 多项选择题

(1) 火力发电厂中, 600MW 发变组接于 500kV 配电装置, 对发电机定子绕组、变压器过电压, 应装设下列的哪几种保护? (2011)

- (A) 发电机过电压保护 (B) 发电机过励磁保护
(C) 变压器过电压保护 (D) 变压器过励磁保护

▶ 答案: [A、B、D]

▶ 依据:《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.2.1 条、第 4.2.13 条、第 4.3.12 条。

(2) 某地区计划建设一座发电厂, 安装两台 600MW 燃煤机组, 采用四回 220kV 线路并入同一电网, 其余两回 220kV 线路是负荷线, 主接线如图 10-1 所示。下列对于该电厂

各电气设备继电保护及自动装置配置正确的是（ ）。(2011)

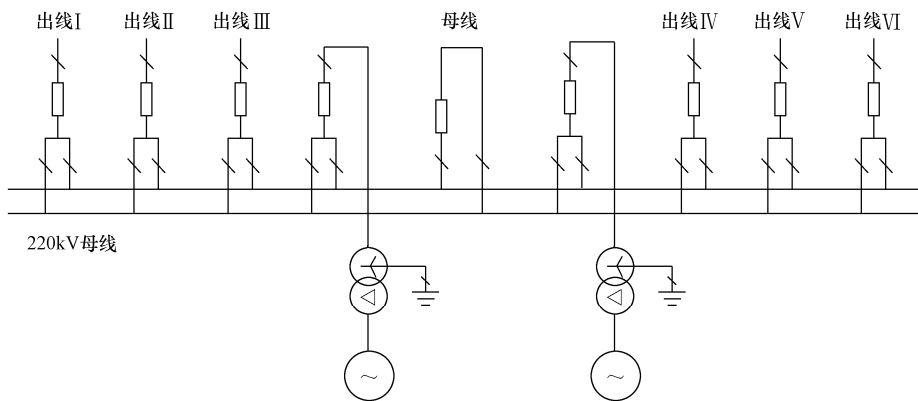


图 10-1 电气主接线

- (A) 两台发电机组均装设时限过励磁保护，其高定值部分动作于解列灭磁或程序跳闸
- (B) 220kV 母线保护配置两套独立的、快速的差动保护
- (C) 四回 220kV 联络线路装设检查同步的三相自动重合闸
- (D) 两台主变压器不装设零序过电流保护

► 答案：[A、B]

► 依据：根据《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.2.13 条，A 答案正确；根据第 4.8.1 条，B 答案正确；根据第 5.2.5.1 条，C 答案错误；根据第 4.3.7.1 条，D 答案错误。

(3) 某变电所 10kV 电容器组为中性点不接地星形接线装置，按规程应该装设下列哪些保护？(2008)

- (A) 电流速断保护
- (B) 过励磁保护
- (C) 中性点电压不平衡保护
- (D) 过电压保护

► 答案：[A、C、D]

► 依据：《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.11.2 条、第 4.11.4 条、4.11.6 条。

(4) 变电所中对 35kV 干式并联电抗器应装设下列哪几种保护？(2008)

- (A) 电流速断及过电流保护
- (B) 零序过电压保护
- (C) 纵联差动保护
- (D) 匝间短路保护

► 答案：[A、B]

► 依据：《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.12.8 条。

3. 案例题

题 1：某火力发电厂发电机额定功率为 600MW，额定电压为 20kV，额定功率因数为

0.9, 发电机承担负序的能力: 发电机长期允许 (稳态) I_2 为 8%, 发电机允许过热的时间常数 (暂态) 为 8s, 发电机额定励磁电压为 418V, 额定励磁电流为 4128A, 空载励磁电压为 144V, 空载励磁电流为 1480A, 其发电机过负荷保护的整定见下列各题。(2012)

(1) 请说明发电机定子绕组对称过负荷保护定时限部分的延时范围, 保护出口动作于停机、信号还是自动减负荷? 正确的整定值为下列哪项?

- (A) 23.773kA (B) 41.176kA (C) 21.396kA (D) 24.905kA

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程: 1) 根据《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.2.8.2 条: 定时限部分, 动作电流按在发电机长期允许的负荷电流下能可靠返回的条件整定, 带时限动作于信号。

2) 根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》式 (29-178) 有:

$$I_{dz} = \frac{K_k I_{e.f}}{K_h} = \frac{1.05 \times 19.245}{0.85} \text{kA} \approx 23.773 \text{kA}$$

式中, $I_{e.f} = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \phi} = \frac{600}{\sqrt{3} \times 20 \times 0.9} \text{kA} = 19.245 \text{kA}$, 为发电机的额定电流。

(2) 设发电机的定子绕组过电流为 1.3 倍, 发电机定子绕组的允许发热时间常数为 40.8s, 请计算发电机定子绕组对称过负荷保护的反时限部分动作时间为下列哪项? 并说明保护出口动作于停机、信号还是自动减负荷?

- (A) 10s (B) 30s (C) 60s (D) 120s

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 1) 根据《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.2.8.2 条: 反时限部分, 动作电流按在发电机定子绕组的过负荷能力确定, 动作于停机。根据第 4.2.8.2 条: 定子绕组为直接冷却且过负荷能力较低 (例如低于 1.5 倍, 60s), 过负荷保护由定时限和反时限两部分组成。

2) 根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》式 (29-179) 有:

$$t = \frac{K}{I_{1*}^2 - (1 + \alpha)} = \frac{40.8}{1.3^2 - (1 + 0.01)} \text{s} = 60 \text{s}$$

综上所述, C 为正确选项。

(3) 对于不对称负荷, 非全相运行及外部不对称短路引起的负序电流, 需装设发电机转子表层过负荷保护, 设继电保护装置的返回系数 K_n 为 0.95, 请计算发电机非对称过负荷保护定时限部分的整定值为下列哪项?

- (A) 1701A (B) 1702A (C) 1531A (D) 1902A

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》式 (29-180) 有:

$$I_{dz} = \frac{K_k}{K_n} I_{2\infty} = \frac{1.05}{0.95} \times 19245 \text{A} \times 8\% \approx 1702 \text{A}$$

(4) 根据发电机允许负序电流的能力, 列出计算过程并确定下列发电机转子标称过负荷保护的反时限部分动作时间常数是哪个? 请回答保护在灵敏系数和时限方面是否与其他相间保护相配合, 为什么?

- (A) 12.5s (B) 10s (C) 100s (D) 1250s

► 答案: [D]

► 解答过程: 1) 根据《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.2.9.2 条: 发电机负序反时限过电流保护在灵敏度和动作时限方面不考虑与其他相间短路保护配合, 保护动作于解列和程序跳闸。

2) 根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》式 (29-181) 有

$$t = \frac{A}{I_{2*}^2} = \frac{8}{0.08^2} s \approx 1250s$$

题 2: 某电网企业 110kV 变电站, 两路电源进线, 两路负荷出线 (电缆线路), 进线、出线对端均为系统内变电站, 四台主变压器 (电压比为 110/10.5kV); 110kV 为单母线分段接线, 每段母线接一路进线, 一路出线, 两台主变; 主变高压侧套管 CT 电流比为 3000/1A, 其余 110kV CT 电流比均为 1200/1A。在最大运行方式下, 110kV 三相短路电流为 18kA; 在最小运行方式下, 110kV 三相短路电流为 16kA。10kV 侧最大最小运行方式下三相短路电流接近, 为 23kA, 110kV 母线分段断路器装设自动投入装置, 当一条电源线路故障断路器跳开后, 分段断路器自动投入。(2012)

(1) 如果主变压器配置差动保护和过电流保护, 请计算主变高压侧电流互感器的一次电流倍数为下列何值? (可靠系数取 1.3)

- (A) 2.38 (B) 9.51 (C) 19.5 (D) 24.91

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》式 (20-9) 有

$$m_{js} = \frac{K_k I_{d,max}}{I_e} = \frac{1.3 \times 23000}{1200} \approx 24.91$$

(2) 如果 110kV 装设母线差动保护, 请计算 110kV 线路电流互感器的一次电流倍数为 () (可靠系数取 1.3)?

- (A) 2.38 (B) 17.33 (C) 19.5 (D) 18

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》式 (20-10) 有

$$m_{js} = \frac{K_k I_{d,max}}{I_e} = \frac{1.3 \times 18000}{1200} \approx 19.5$$

题 3: 某地区电网规划建设一座 220kV 变电所, 电压为 220/110/10kV, 主接线如图 10-2 所示。请解答下列问题。(2010)

(1) 该变电所 110kV 出线中有 1 回用户专线, 有功电能表为 0.5 级, 电压互感器回路电缆截面选择时, 其压降应满足下列哪项要求? 根据是什么?

- (A) 不大于额定二次电压的 0.25% (B) 不大于额定二次电压的 0.3%
(C) 不大于额定二次电压的 0.5% (D) 不大于额定二次电压的 1.0%

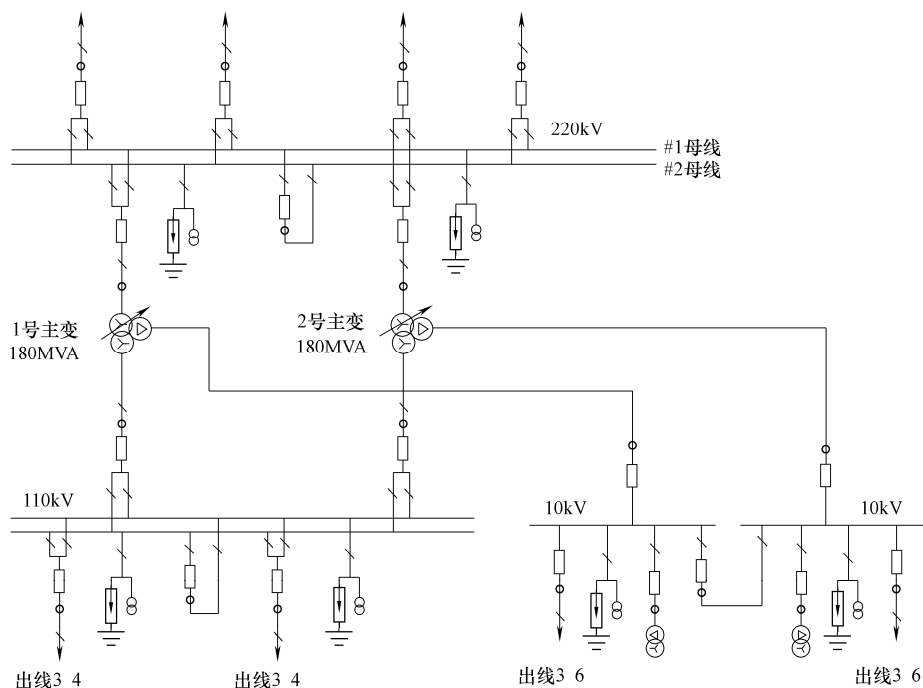


图 10-2 主接线

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程: 1) 根据《电测量及电能计量装置设计技术规程》(DL/T 5137—2001) 第 6.1.3 条、表 6.1.3, 由有功电能表的准确度最低要求为 0.5 级可知, 该电能计量装置的类别为 I 或 II 类。

2) 根据《电测量及电能计量装置设计技术规程》(DL/T 5137—2001) 第 11.2.1 条第 2 款, 测量用电压互感器的二次回路允许电压降, 应符合以下规定: 测量用电压互感器的二次回路允许电压降应符合: I、II 类电能计量装置不大于额定二次电压的 0.25%。

故本题选 A。

(2) 该变电所 220kV 线路配置有全线速动保护, 其主保护的整组动作时间应为下列哪项? 并说明根据。

- (A) 对近端故障: $\leq 15\text{ms}$; 对远端故障: $\leq 35\text{ms}$ (不包括通道时间)
(B) 对近端故障: $\leq 30\text{ms}$; 对远端故障: $\leq 20\text{ms}$
(C) 对近端故障: $\leq 20\text{ms}$; 对远端故障: $\leq 30\text{ms}$ (不包括通道时间)
(D) 对近端故障: $\leq 30\text{ms}$; 对远端故障: $\leq 50\text{ms}$

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006) 第 4.6.2.1 条第 f) 款: “对具有全线速动保护的 220kV 线路, 其主保护的整组动作时间应为: 对近端

故障： $\leq 20\text{ms}$ ；对远端故障： $\leq 30\text{ms}$ （不包括通道时间）。”故本题选 C。

（3）该变电所 110kV 出线中，其中有 2 回线路为一个热电厂的并网线，请确定该线路配置自动重合闸的正确原则为下列哪项？并说明根据和理由。

- （A）设置不检查同步的三相重合闸
- （B）设置检查同步的三相重合闸
- （C）设置同步检定和无电压检定的三相自动重合闸
- （D）设置无电压检定的三相重合闸

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006)第 5.2.5.2 条：“110kV 及以下双侧电源线路的自动重合闸装置，按下列规定装设：并列运行的发电厂或电力系统之间，具有两条联系的线路或三条紧密联系的线路，可采用同步检定和无电压检定的三相重合闸方式。”本题选 C。

（4）统计本变电所应安装有功电能计量表数量为下列哪项？并说明根据和理由。

- （A）24 只
- （B）30 只
- （C）32 只
- （D）35 只

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《电测量及电能计量装置设计技术规程》(DL/T 5137—2001)第 6.2.1 条：“下列回路，应计量有功电能且安装有功电能表数量：

主变压器：三绕组变压器的三侧，1#、2#主变的三侧共 6 只；

10kV 及以上线路：24 回出线，共 24 只；

所用电变压器的一侧：10kV 所用变压器的一侧，共 2 只”。

由上述，共需 $6+24+2=32$ 只。

► 分析：规程规定，旁路断路器，母联（或分段）断路器兼旁路断路器回路应该装有有功电能表，但本题中，只有 2 个母联断路器，1 个分段断路器，没有旁路断路器，母联断路器和分段断路器也没有兼旁路断路器使用，故不需要安装有功电能表。

（5）当运行于#1 母线的一回 220kV 线路出口发生相间短路，且断路器拒动时，保护正确动作行为应该是下列哪项？并说明根据和理由。

- （A）母线保护动作断开母联断路器
- （B）断路器失灵保护动作无时限断开母联断路器
- （C）母线保护动作断开连接在#1 母线上的所有断路器
- （D）断路器失灵保护动作以较短时限断开母联断路器，再经一时限断开连接在#1 母线上的所有断路器

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB/T 14285—2006)第 4.9.3.2 条：“220kV 双母线的失灵保护，视系统保护配置的具体情况，可以较短时限断开与拒动断路器相关的母联断路器，再经一时限断开与拒动断路器连接在同一母线上的所有有源支路的断路器。”故选 D 为正确答案。

第十一章 直流系统

一、大纲要求 ★★★

- 1) 熟悉直流系统的设计要求;
- 2) 掌握蓄电池的选择及容量计算;
- 3) 掌握充电器的选择及容量计算;
- 4) 掌握直流设备的选择和布置设计;
- 5) 了解直流系统绝缘监测装置的选择及配置要求。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 20 分,其中专业知识占 10 分左右,案例占 10 分左右。考点集中,考试题目有一定难度。答题依据主要有《电力工程电气设计手册 电气二次部分》第二十四章、《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004)。重点考查发电厂和变电站直流系统蓄电池个数选择、蓄电池容量计算(包括电压控制法和阶梯计算法)、直流设备的选择和布置、充电器额定计算、充电电源模块配置和数量选择以及直流电缆截面选择等。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

(1) 300MW 机组的火力发电厂,每台机组直流系统采用控制和动力负荷合并供电方式,设两组 220kV 阀控蓄电池。蓄电池容量为 1800Ah,103 只。每组蓄电池供电的经常负荷为 60A。均衡充电时不与母线相连。在充电设备参数选择计算中下列哪组数据是不正确的?(2012)

- (A) 充电装置额定电流满足浮充电要求为 61.8A
- (B) 充电装置额定电流满足初充电要求为 180~225A
- (C) 充电装置直流输出电压为 247.2V
- (D) 充电装置额定电流满足均衡充电要求为 240~285A

▶ 答案: [D]

▶ 依据:《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004)附录 C.1.1 条:

- 1) 满足浮充电要求的充电装置额定电流为

$$I_r = 0.01I_{10} + I_{jc} = (0.01 \times 180 + 60)A = 61.8A$$

- 2) 满足初充电要求的充电装置额定电流为

$$I_r = 1.0I_{10} \sim 1.25I_{10} = (1.0 \times 180 \sim 1.25 \times 180)A = 180 \sim 225A$$

3) 满足均衡电要求的充电装置额定电流为

$$I_r = (1.0I_{10} \sim 1.25I_{10}) + I_{jc} = [(180 \sim 225) + 0]A = 180 \sim 225A$$

又根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004)附录 C.1.2, 充电装置输出电压为

$$U_r = nU_m = 103 \times 2.4V = 247.2V$$

故 C 答案错误。

► 分析: 题干已指出, 均衡充电时, 蓄电池供电的经常负荷不与母线相连, 故均衡充电时的 I_{jc} 为 0。

(2) 按规程规定, 火力发电厂选择蓄电池容量时, 与电力系统连接的发电厂, 交流厂用电事故停电时间应按下列哪项计算? (2011)

- (A) 0.5h (B) 1h (C) 2h (D) 3h

► 答案: [B]

► 依据: 《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004)第 5.2.2 条: “与电力系统连接的发电厂, 厂用交流电源事故停电时间应按 1h 计算”。

(3) 某变电所的直流系统中, 用直流断路器和熔断器串级作为保护电器。直流断路器可装设在熔断器上一级, 也可装设在熔断器下一级。如熔断器额定电流为 2A 时, 为保证动作选择性, 直流断路器装设在上一级或下一级时, 其额定电流各宜选 ()。(2011)

- (A) 4A、0.5A (B) 4A、1A (C) 8A、1.5A (D) 8A、1A

► 答案: [D]

► 依据: 《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004)第 6.1.3 条: “当直流断路器和熔断器串级作为保护电器时, 宜按下列配合:

1) 熔断器装设在直流断路器上一级时, 熔断器额定电流应为直流断路器的 2 倍以上。

2) 直流断路器装设在熔断器上一级时, 直流断路器的额定电流应为熔断器额定电流的 4 倍及以上。”

(4) 某 220kV 变电所的直流系统中, 有 300Ah 阀控式铅酸蓄电池两组, 并配置三套高频开关电源模块作充电装置, 如单个模块额定电流为 10A, 每套高频开关电源模块最少选 ()。(2011)

- (A) 2 块 (B) 3 块 (C) 4 块 (D) 6 块

► 答案: [B]

► 依据: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004)附录 C.2 方式 2 知, 一组蓄电池配置二组高频开关电源模块或二组蓄电池配置三组高频开关电源模块, 其模块的选择方法如下:

对于铅酸蓄电池:

$$n = \frac{I_{10}}{I_{me}} = \frac{300/10}{10} = 3$$

(5) 某电力工程中, 直流系统标称电压为 110V、2V 单体蓄电池浮充电电压为 2.23V、均衡充电电压为 2.33V、蓄电池放电末期终止电压为 1.87V。蓄电池个数选择符合规程要求的是 ()。(2011)

- (A) 50 只 (B) 51 只 (C) 52 只 (D) 53 只

▶ 答案: [B]

▶ 依据:《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 B 中 B.1.1 蓄电池个数选择, 按浮充电运行时, 直流母线电压为 $1.05U_n$ 选择蓄电池个数:

$$n = \frac{1.05U_n}{U_f} = \frac{1.05 \times 110}{2.23} = 51.79$$

可选 51 只和 52 只。又根据表 B.1, 对于浮充电电压为 2.23V, 均充电电压为 2.33V, 终止放电电压为 1.87V 的蓄电池, 蓄电池的个数为 51 只。

(6) 某 110kV 变电所的直流系统标称电压 110V, 该直流系统中任何一极的绝缘下降到下列哪组数据时, 绝缘监察装置应发出灯光和音响信号? (2011)

- (A) 2~5 kΩ (B) 15~20 kΩ (C) 20~30 kΩ (D) 20~25 kΩ

▶ 答案: [A]

▶ 依据:《电力工程电气设计手册 电气二次部分》第 24-6 节直流系统的保护和信号回路中三“绝缘监察装置和电压监视装置”。

(7) 专供动力负荷的直流系统, 在均衡充电运行和事故放电情况下, 直流系统标称电压的波动范围应为下列哪项? (2008)

- (A) 85% (B) 85%~112.5%
(C) 87.5%~110% (D) 87.5%~112.5%

▶ 答案: [D]

▶ 依据:《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 4.2.3 条、第 4.2.4 条。

(8) 直流负荷按性质可分为经常负荷、事故负荷和冲击负荷三类, 下列哪项是事故负荷? (2008)

- (A) 要求直流系统在正常工况下应可靠供电的负荷
(B) 断路器操作负荷
(C) 要求直流系统在交流电源系统事故停电时间内可靠供电的负荷
(D) 交流不间断电源设备 (UPS), 远动和通信装置的电源负荷

▶ 答案: [C]

▶ 依据:《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 5.1.2 条。

(9) 阀控式密封铅酸蓄电池组, 在下列哪项容量以上时宜设专用蓄电池室? (2008)

- (A) 50Ah (B) 100Ah (C) 150Ah (D) 200Ah

▶ 答案: [B]

▶ 依据:《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 8.2.1 条。

2. 多项选择题

(1) 在发电厂的直流系统中, 下列哪些负荷为控制负荷? (2012)

- (A) 电气和热工的控制、信号、测量负荷
- (B) 继电保护负荷
- (C) 断路器电磁操动的合闸机构负荷
- (D) 系统运动、通信装置的电源负荷

► 答案: [A、B]

► 依据: 《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 5.1.1 条。

(2) 某变电所的直流系统中有一组 200Ah 阀控式铅酸蓄电池, 此蓄电池出口回路的最大工作电流应按 1h 放电率 (I_{1h}) 不可取 ()。(2011)

- (A) $5.5I_5$
- (B) $5.5I_{10}$
- (C) $7.0I_5$
- (D) $20I_5$

► 答案: [A、C、D]

► 依据: 《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 E.3.6 条。注意本题考查的是阀控式铅酸蓄电池。

(3) 某变电所的蓄电池室内布置了 4 排蓄电池。其中 2 排靠墙布置, 另 2 排合拢布置在中间。这蓄电池室的总宽度除包括 4 排蓄电池的宽度外, 要加的通道宽度可取 ()。(2011)

- (A) 800mm+800mm
- (B) 800mm+1000mm
- (C) 1000mm+1000mm
- (D) 1200mm+1000mm

► 答案: [C、D]

► 依据: 《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 9.1.3 条: “蓄电池室内应设有运行和检修通道。通道一侧装设蓄电池时, 通道宽度不应小于 800mm; 两侧均装设蓄电池时, 通道宽度不应小于 1000mm。”

(4) 电力工程的直流系统中, 常选择高频开关电源整流装置作为充电设备, 下列哪些要求属于高频开关电源模块的基本性能? (2011)

- (A) 均流
- (B) 稳压
- (C) 功率因数
- (D) 谐波电流含量

► 答案: [A、C、D]

► 依据: 《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 7.2.1 条。

(5) 直流系统不设微机监控时, 直流柜上应装设下列哪些常测表计? (2008)

- (A) 蓄电池回路和充电装置输出回路应装设直流电压表
- (B) 蓄电池回路和充电装置输出回路宜装设直流电流表
- (C) 直流主母线上宜装设直流电压表
- (D) 直流主母线上应装设直流电流表

► 答案: [A、B、C]

► 依据: 《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 6.2.1 条。

3. 案例题

题 1: 某地区新建两台 1000MW 超越临界火力发电机组, 以 500kV 接入电网, 每台机组设一组动力用 220V 蓄电池, 均无端电池, 采用单母线接线, 两台机组的 220V 母线之间设联络电器, 单体电池的浮充电压为 2.23V, 均充电压为 2.33V, 该工程每台机组 220V 直流负荷见表 11-1, 电动机的起动电流倍数为 2。(2012)

表 11-1 机组 220V 直流负荷

序 号	负 荷 名 称	设备电流/A	负 荷 系 数	计 算 电 流	事故放电电流				
					1min	30min	60min	90min	180min
1	氢密封油泵	37							
2	直流润滑油泵	387							
3	交流不停电电压	460							
4	直流长明灯	1							
5	事故照明	36.3							
各阶段放电电流合计					$I_1=$	$I_2=$	$I_3=$	$I_4=$	$I_5=$

(1) 220V 蓄电池的个数应选择 ()。

- (A) 109 个 (B) 104 个 (C) 100 个 (D) 114 个

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 B 的 B.1.1 蓄电池个数选择: 按浮充电运行时, 直流母线电压为 $1.05U_n$ 选择蓄电池个数:

$$n = \frac{1.05U_n}{U_f} = \frac{1.05 \times 220}{2.23} = 103.59$$

取 104 只。

(2) 根据给出的 220V 直流负荷表计算第 5 阶段的放电电流值为 ()

- (A) 37A (B) 691.2A (C) 921.3A (D) 29.6A

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 表 5.2.3 的直流负荷统计计算时间表可得: 对 300MW 及以上机组, 氢密封油泵的事故放电持续时间为 3h; 对 600MW 及以上机组, 直流润滑油泵的事故放电时间为 1.5h; 对发电厂, 交流不间断电源设备的事故放电时间为 0.5h; 对大电厂, 直流照明灯的事故放电时间为 1h; 对发电厂, 事故照明的持续时间为 1h。故第 5 阶段的放电负荷只有氢密封油泵, 其设备电流为 37A, 再乘以负荷系数 0.8, 得到答案为 29.6A。

(3) 若 220V 蓄电池各阶段的放电电流如下:

- 1) 0~1min: 1477.8A 2) 1~30min: 861.8A
3) 30~60min: 534.5A 4) 60~90min: 497.1A
5) 90~180min: 30.3A

蓄电池组 29min、30min 的容量换算系数分别为 0.67、0.66, 请问第二阶段蓄电池的计

算容量最接近哪个值？

- (A) 1319.69Ah (B) 1305.76Ah (C) 1847.56Ah (D) 932.12Ah

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 B 的式 (B.9)、式 (B.12) 有：

第二阶段容量为

$$C_{C2} = K_K \left[\frac{I_1}{K_{C1}} + \frac{1}{K_{C2}} (I_2 - I_1) \right] = 1.4 \times \left[\frac{1477.8}{0.66} + \frac{861.8 - 1477.8}{0.67} \right] \text{Ah} \approx 1847.56 \text{Ah}$$

式中， K_{C1} 、 K_{C2} 为容量换算系数，题目已经给出。

(4) 若 220V 蓄电池各阶段的放电电流如上题所列，经计算选择蓄电池容量为 2500Ah，1h 终止放电电压为 1.87V，容量换算系数为 0.46，蓄电池至直流屏之间的距离为 30m，请问两者之间的电缆截面按满足回路压降要求时的计算值为下列哪项？（选用铜芯电缆）

- (A) 577mm² (B) 742mm² (C) 972mm² (D) 289mm²

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《电力工程直流系统设计技术规定》(DL/T5044—2004) 附录 B 的式 (B.9)，蓄电池 1h 放电率电流为

$$I_{ca1} = I_1 = \frac{C_{C1} K_C}{K_K} = \frac{2500 \times 0.46}{1.4} \text{A} = 821.4 \text{A}$$

由上题可知事故初期放电电流为 $I_{ca2} = 1477.8 \text{A}$ ，取 I_{ca1} 和 I_{ca2} 中的较大者为 I_{ca} 。

根据附录 D.1 的计算公式，按回路允许电压降计算电缆截面公式为

$$S_{cac} = \frac{\rho 2 L I_{ca}}{\Delta U_p} = \frac{0.0184 \times 2 \times 30 \times 1477.8}{2.2} \text{mm}^2 \approx 742 \text{mm}^2$$

题 2：某 2×300MW 火力发电厂，每台机组装设 3 组蓄电池，其中 2 组 110kV 蓄电池对控制负荷供电，另 1 组 220V 蓄电池对动力负荷供电。两台机组的 220V 直流系统间设有联络线。蓄电池选用阀控式密封铅酸蓄电池（贫液）（单体 2V），浮充电压取 2.23V，均衡充电电压取 2.3V。110V 系统蓄电池组选为 52 只，220V 系统蓄电池组选为 103 只。现已知每台机组的直流负荷如下：

UPS	120kVA；
电气控制、保护电源	15kW；
热控控制经常负荷	15kW；
热控控制事故初期冲击负荷	5kW；
热控动力总电源	20kW（负荷系数取 0.6）；
直流长明灯	3kW；
汽机氢侧直流备用泵（起动电流倍数按 2 计）	4kW；
汽机空侧直流备用泵（起动电流倍数按 2 计）	10kW；
汽机直流事故润滑油泵（起动电流倍数按 2 计）	22kW；
6kV 厂用低电压跳闸	40kW；

400V 低电压跳闸 25kW;
 厂用电源恢复时高压厂用断路器合闸 3kW;
 励磁控制 1kW;
 变压器冷却器控制电源 1kW;

请根据上述条件计算下列各题（保留两位小数）。(2011)

(1) 请计算 110V、220V 单体蓄电池的事故放电末期终止电压为下列哪组数值?

(A) 1.75V、1.83V (B) 1.75V、1.87V (C) 1.8V、1.83V (D) 1.8V、1.87V

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 B.1.3 条规定:

$$\text{对控制负荷: } U_m \geq 0.85U_n / n = \frac{0.85 \times 110}{52} = 1.8V$$

$$\text{对动力负荷: } U_m \geq 0.875U_n / n = \frac{0.875 \times 220}{103} = 1.87V$$

(2) 请计算 110V 蓄电池组的正常负荷电流最接近下列哪项数值?

(A) 92.73A (B) 169.09A (C) 174.55A (D) 188.19A

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 5.1.1 条规定: “控制负荷包括: 电气和热工的控制、信号、测量和继电保护、自动装置等负荷; 而动力负荷包括: 各类直流电动机断路器电磁操动的合闸机构、交流不间断电源设备的装置、远动、通信装置的电源和事故照明等负荷。经常负荷是指在直流系统正常和事故工况下均应可靠供电的负荷, 典型经常负荷应包括以下内容: 长明灯; 连续运行的直流电动机; 整流器或逆变器; 指示灯和光字牌; 连续励磁的线圈; 通信系统等。”

为此, 本题首先统计 110V 所带的正常负荷:

电气控制、保护电源: 15kW

热控控制经常电源: 15kW

励磁控制: 1kW

变压器风冷控制: 1kW

对于这 4 种共计 32kW 的负荷, 根据表 5.2.4, 取负荷系数为 0.6, 可得

$$I = \frac{32 \times 0.6}{110} \times 1000A = 174.55A$$

▶ 分析: 本题的关键在于正确统计 110V 所带正常负荷。负荷统计表见表 11-2。

(3) 请计算 220V 蓄电池组事故放电初期 0~1min 的事故放电数值?

(A) 663.62A (B) 677.28A (C) 690.01A (D) 854.55A

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 直流负荷统计表见表 11-3。

表 11-2 工程初设 110V 直流控制负荷统计表

序号	负荷名称	装置容量/ (kW/kV·A)	负荷系数	计算 电流/A	经常 电流/A	事故放电时间/min 及电流/A					随机	
						初期	持续					
						1	1~30	30~60	60~90	90~180		5s
1	电气控制、保护电源	15	0.6	81.82	81.82	81.82	81.82	81.82				
2	热控控制经常负荷	15	0.6	81.82	81.82	81.82	81.82	81.82				
3	热控控制事故初期冲击负荷	5	0.6	27.27		27.27						
4	6kV 厂用低电压跳闸	40	0.6	218.18		218.18						
5	400V 低电压跳闸	25	0.6	136.36		136.36						
6	变压器冷却器控制电源	1	0.6	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45				
7	励磁控制	1	0.6	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45				
8	厂用电源恢复时 高压厂用断路器合闸	3	0.6	16.36							16.36	
					I_{jc}	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_R	
	电流统计/A				174.55	556.36	174.55	174.55	0	0	16.36	

表 11-3 工程初设 220V 直流动力负荷统计表

序号	负荷名称	装置容量/ (kW/kV·A)	负荷系数	计算 电流/A	经常 电流/A	事故放电时间/min 及电流/A						
						初期	持续					随机
						1	1~30	30~60	60~90	90~180	5s	
1	UPS	120	0.6	327.27		327.27	327.27	327.27				
2	热控动力总电源	20	0.6	54.55	54.55	54.55	54.55	54.55				
3	直流长明灯	3	1	13.64	13.64	13.64	13.64	13.64				
4	汽机氢侧直流备用泵	4	0.8	14.55		29.09	14.55	14.55				
5	汽机空侧直流备用泵	10	0.8	36.36		72.73	36.36	36.36				
6	汽机直流事故润滑油泵	22	0.9	90		180	90	90				
					I_{jc}	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_R	
	电流统计/A				68.19	677.28	536.37	536.37	0	0	16.36	

220V 的动力负荷：

UPS 120kW 负荷系数为 0.6

热控动力总电源 20kW，负荷系数为 0.6

直流长明灯 3kW，负荷系数为 1.0

汽机氢侧直流备用泵 4kW，负荷系数为 0.8

汽机空侧直流备用泵 10kW，负荷系数为 0.8

汽机直流事故润滑油泵 22kW，负荷系数为 0.9

总负荷电流为

$$\frac{120 \times 0.6 + 20 \times 0.6 + 3 \times 1 + 4 \times 0.8 \times 2 + 10 \times 0.8 \times 2 + 22 \times 0.9 \times 2}{220} \times 1000 \text{A} = 677.3 \text{A}$$

► 分析：本题的关键在于弄清楚控制负荷和动力负荷的区分。

(4) 如该电厂 220V 蓄电池选用 1600Ah，配置单个模块为 25A 的一组高频开关电源，请计算需要的模块数为下列哪项？

- (A) 6 (B) 8 (C) 10 (D) 12

► 答案：[D]

► 解答过程：1) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 C.2 中 C.2.1 高频开关电源模块配置和数量选择，方式 1：每组蓄电池配置一组高频开关电源模块，其模块的选择方法如下：

$$n = n_1 + n_2$$

2) 对铅酸蓄电池：

$$n_1 = \frac{1.0I_{10} \sim 1.25I_{10}}{I_{me}} + \frac{I_{jc}}{I_{me}} = \frac{1.0 \times \frac{1600}{10} \sim 1.25 \times \frac{1600}{10}}{25} + \frac{68.2}{25} = 9.128 \sim 10.73$$

附加模块 $n_2 = 2$ 。

3) $n = n_1 + n_2 = (9.128 \sim 10.73) + 2 = 11.128 \sim 12.73$ ，当模块数量不为整数时，可取临近值。故本题选 D。

(5) 蓄电池组选用 1600Ah，蓄电池出口与直流配电柜连接的电缆长度为 25m，求该电缆的截面应为下列哪项数值？(已知：铜电阻系数 $\rho = 0.0184\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

- (A) 141.61mm^2 (B) 184mm^2 (C) 283.23mm^2 (D) 368mm^2

► 答案：[D]

► 解答过程：1) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 D 知，电缆截面应按电缆长期允许载流量和回路允许电压降两个条件选择。其计算公式如下：

$$S_{\text{cac}} = \frac{\rho 2LI_{\text{ca}}}{\Delta U_{\text{p}}}$$

式中， I_{ca} 取 I_{lh} 和 I_{min} 冲击放电电流的较大值。

2) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 E.3.6 条，对铅酸蓄电池出口回路可取

$$I_{\text{lh}} = 5.5I_{10} = 5.5 \times 160\text{A} = 880\text{A}$$

3) 按回路允许电压降计算有

$$S_{\text{cac1}} = \frac{\rho 2LI_{\text{ca}}}{\Delta U_{\text{p}}} = \frac{0.0184 \times 2 \times 25 \times 880}{1\% \times 220} \text{mm}^2 = 368\text{mm}^2$$

4) 按事故初期 (1min) 冲击放电电流计算有

$$S_{\text{cac2}} = \frac{\rho 2LI_{\text{ca}}}{\Delta U_{\text{p}}} = \frac{0.0184 \times 2 \times 25 \times 677.3}{1\% \times 220} \text{mm}^2 = 283.23\text{mm}^2$$

5) 按规程规定，电缆截面应该取 S_{cac1} 和 S_{cac2} 中的较大值，故取 368mm^2 。故本题选 D。

题 3：某 220kV 变电所，直流系统标称电压为 220V，直流控制与动力负荷合并供电。

已知变电所内经常负荷为 2.5kW；事故照明直流负荷为 3kW；设置交流不间断电源设备为 3kW。直流系统由两组蓄电池、两套充电装置供电，蓄电池组采用单体电压为 2V 的蓄电池，不设端电池。其他直流负荷忽略不计，请回答下列问题。（2010）

（1）假设采用阀控式密封铅酸蓄电池，根据题目给出的条件，请计算电池个数为下列哪项数值？

- （A）104 个 （B）107 个 （C）109 个 （D）112 个

● 答案：[A]

● 解答过程：根据《电力工程直流系统设计技术规程》（DL/T 5044—2004）第 7.1.2 条，阀控式密封铅酸蓄电池 $U_f=2.23\sim 2.27V$ ，由附录 B 的 B.1.1 条可得

$$n=1.05U_n/U_f=1.05\times 220/(2.23\sim 2.27)=101.8\sim 103.6$$

故选 A 为正确答案。

（2）假定本变电所采用铅酸式蓄电池，蓄电池组容量为 400Ah，不脱离母线均衡充电，请计算充电装置的额定电流为下列哪项数值？

- （A）11.76A （B）50A （C）61.36A （D）75A

● 答案：[C]

● 解答过程：根据《电力工程直流系统设计技术规程》（DL/T 5044—2004）附录 C 的 C.1.1 条，铅酸蓄电池 10h 放电率电流 $I_{10}=400/10A=40A$ ，直流系统经常负荷电流为

$$I_{jc}=\frac{2.5\times 1000}{220}A=11.36A$$

由附录 C 的 C.1.1 条第 3 款得：满足均衡充电的铅酸蓄电池的充电装置的额定电流应按下式计算

$$I_r=(1.0I_{10}\sim 1.25I_{10})+I_{jc}=(51.36\sim 61.36)A$$

故选 C 为正确答案。

（3）如该直流系统保护电气采用直流回路断路器时，判定下列哪项原则是正确的？并说明根据和理由。

- （A）额定电压应大于或等于回路的标称电压
（B）额定电流应大于回路的最大工作电流
（C）断流电动机回路的断路器额定电流应按电动机起动电流选择

● 答案：[B]

● 解答过程：1) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》（DL/T 5044—2004）第 7.5.2 条第 1 款：直流断路器的额定电压应大于或等于回路的最高工作电压，故 A 答案错误。

2) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》（DL/T 5044—2004）第 7.5.2 条第 2 款：直流断路器的额定电流应大于回路的最大工作电流，故 B 答案对。

3) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》（DL/T 5044—2004）第 7.5.2 条第 2 款 3)：直流电动机回路，可按电动机的额定电流选择，故 C 答案错误。

（4）在事故放电情况下蓄电池出口端电压和在均衡充电运行情况下的直流母线电压应

满足下列哪组要求？请给出计算过程。

- (A) 不低于 187V，不高于 254V (B) 不低于 202.13V，不高于 242V
(C) 不低于 192.5V，不高于 242V (D) 不低于 202.13V，不高于 254V

▶ 答案：[C]

▶ 解答过程：1) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 4.2.3 条第 3 款：在均衡充电运行情况下的直流母线电压不应高于直流系统标称电压的 110%，即不高于 $110\% \times U_n = 242V$ 。

2) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 4.2.4 条第 3 款：在事故放电情况下，蓄电池组出口端电压应满足如下要求：对控制负荷和动力负荷合并供电的直流系统，在均衡充电运行情况下的直流母线电压不应低于直流系统标称电压的 87.5%，即不低于 $87.5\% U_n = 0.875 \times 220 = 192.5V$ 。故本题选 C。

(5) 关于本变电所直流系统电压和接线的表述，下列哪项是正确的？并说明根据和理由。

- (A) 直流系统正常运行电压为 220V，单母线分段接线，每组蓄电池及其充电设备分别接于不同母线
(B) 直流系统标称电压为 220V，两段单母线接线，每组蓄电池及其充电设备分别接于不同母线
(C) 直流系统标称电压为 231V，单母线分段接线，蓄电池组和充电设备各接一段母线
(D) 直流系统正常运行电压采用 231V，双母线分段接线，蓄电池组和充电设备分别接于不同母线

▶ 答案：[B]

▶ 解答过程：1) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 4.2.1 条：对控制负荷和动力负荷合并供电的直流系统，直流系统标称电压采用 220V 或 110V，故首先排除 C 答案。

2) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 4.5.1 条及第 4.5.2 条：2 组蓄电池的直流系统，应采用二段单母线接线，蓄电池组应分别接于不同母线段；2 组蓄电池配置 2 套充电装置时，每组蓄电池及其充电装置应分别接入不同母线段。故 A 答案接线形式错误，B 答案正确。

3) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 4.5.1 条及第 4.2.2 条：在正常运行情况下，直流母线电压应为直流系统标称电压的 105%，即为 $105\% \times 220V = 231V$ ，故 D 答案的前半部分正确，但后半部分的接线形式错误。故本题的答案应为 B。

题 4：某火电厂，220 直流系统，每机组设阀铅酸电池，单母接线，两机组间有联络。(2009)

- (1) 不设保护回路的是 ()。
- (A) 蓄电池出口回路 (B) 馈线
(C) 直流分电柜电源进线 (D) 蓄电池试验放电回路

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《电力工程直流系统设计技术规程》（DL/T 5044—2004）第 6.1.1 条：“蓄电池出口回路、充电装置直流侧出口回路、直流馈线回路和蓄电池试验放电回路等，应装设保护电器。” 故选 C 为正确答案。

（2）阶梯法，每组蓄电池 2500Ah，103 只，1h 放电率 $I=1375\text{A}$ ，10h 放电率 $I=250\text{A}$ ，事故放电初（1min）冲击放电电流 1380A，电池组与直流柜电缆长 40m，允许电压降下，连接铜芯电缆最小截面为（ ）。

（A）920mm² （B）167mm² （C）923mm² （D）1847mm²

► 答案：[C]

► 解答过程：1）根据《电力工程直流系统设计技术规程》（DL/T 5044—2004）附录 D 第 D.1 条规定：电缆截面应按电缆长期允许载流量和回路允许电压降两个条件选择。按电缆长期允许载流量： $I_{\text{pc}} \geq I_{\text{ca1}}$ ；按回路允许电压降选择电缆截面： $S_{\text{cac}} = \frac{\rho 2LI_{\text{ca}}}{\Delta U_{\text{p}}}$ 。

2）根据《电力工程直流系统设计技术规程》（DL/T 5044—2004）表 D.1 及表 D.2 得到： I_{ca} 取 I_{ca1} 和 I_{ca2} 中的较大者， I_{ca1} 为回路长期工作计算电流，对蓄电池回路取 1h 放电率电流，即 $I_{\text{ca1}}=1375\text{A}$ ； I_{ca2} 为事故初期（1min）冲击放电电流，即 $I_{\text{ca2}}=1380\text{A}$ ；故取 $I_{\text{ca}}=1380\text{A}$ 。按照阶梯法蓄电池回路 ΔU_{p} 取 $1\%U_{\text{n}}=1\%\times 220=2.2\text{V}$ ，代入公式有

$$S_{\text{cac}} = \frac{0.0184 \times 2 \times 40 \times 1380}{2.2} \text{mm}^2 = 923.34 \text{mm}^2$$

（3）直流母线馈为发电机灭磁断路器合闸，合闸电流为 30A，合闸时间为 200ms，则馈线（ ）。

（A）额定电流为 8A，过载脱扣时间为 250ms
（B）额定电流为 10A，过载脱扣时间为 250ms
（C）额定电流为 15A，过载脱扣时间为 150ms
（D）额定电流为 30A，过载脱扣时间为 150ms

► 答案：[B]

► 解答过程：1）根据《电力工程直流系统设计技术规定》（DL/T 5044—2004）附录 E 第 E.3.3 条可知，断路器电磁操作机构合闸回路的直流断路器的额定电流应满足下式：

$$I_{\text{n}} \geq K_{\text{c2}} I_{\text{cl}} = 0.3 \times 30\text{A} = 9\text{A}$$

2）根据《电力工程直流系统设计技术规定》（DL/T 5044—2004）第 7.5.2 条可知，断路器电磁操作机构的合闸回路，可按 0.3 倍额定合闸电流选择。但直流断路器过载脱扣时间应大于断路器固有合闸时间。故本题选 B。

题 5：某新建电厂装有 2×300MW 机组，选用一组 200V 动力用铅酸蓄电池容量 2000Ah，二组控制用铅酸蓄电池容量 600Ah，蓄电池布置在汽机房层，直流屏布置在汽机房，电缆长 28m。（2008）

（1）请判断并说明下列关于正常情况下直流母线电压和事故情况下蓄电池组出口端的

电压的要求哪条是不正确的?

- (A) 正常情况下母线电压为 110V, 系统为 115.5V
- (B) 正常情况下母线电压为 220V, 系统为 231V
- (C) 事故情况下 110V 蓄电池组出口端电压不低于 93.5V
- (D) 事故情况下 220V 蓄电池组出口端电压不低于 187V

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 1) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 4.2.1 条: 正常运行情况下, 专供控制负荷的直流系统, 其直流系统标称电压宜采用 110V; 专供动力负荷的直流系统其标称电压宜采用 220V。

2) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 4.2.2 条: 正常运行情况下, 直流母线电压应为系统标称电压的 105%, 由以上两条可知答案 A、B 正确。

3) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 4.2.4 条: 在事故放电情况下, 蓄电池出口电压应满足如下: ①专供控制负荷的直流系统, 应不低于直流系统标称电压的 85%, 即不低于 $110 \times 0.85V = 93.5V$; ②专供动力负荷的直流系统, 应不低于直流系统标称电压的 87.5%, 即不低于 $220 \times 0.875V = 192.5V$, 故本题选 D。

(2) 请按回路允许电压降, 计算动力用蓄电池至直流母线间最小电缆截面应为下列哪项数值?

- (A) 211mm^2
- (B) 303mm^2
- (C) 422mm^2
- (D) 566mm^2

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 1) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 E.3.6 条: 蓄电池 1h 放电率电流, 对铅酸蓄电池可取 $5.5I_{10} = 5.5 \times \frac{2000}{10} \text{A} = 1100\text{A}$ 。

2) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 D 中 D.1、D.2、表 D.1 以及表 D.2 得

$$S_{\text{cac}} = \frac{\rho 2LI_{\text{ca}}}{\Delta U_{\text{p}}} = \frac{0.0184 \times 2 \times 28 \times 1100}{1\% \times 200} \text{mm}^2 = 566.7\text{mm}^2$$

式中, I_{ca} 对蓄电池回路取 1h 放电率电流和事故初期 (1min) 冲击放电电流两者的较大值。对本题而言, 因事故初期 (1min) 冲击放电电流未知, 故取为蓄电池回路取 1h 放电率电流。

(3) 请说明下列关于直流系统的设备选择原则哪一项是错误的?

- (A) 蓄电池出口熔断器按蓄电池 1h 放电率电流选择并与馈线回路保护电器相配合
- (B) 直流电动机回路按电动机额定电流选择
- (C) 母线联络刀开关按全部负荷的 50% 选择
- (D) 直流断路器的断流能力应满足直流系统短路电流要求

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 7.6.3 条第 1) 款可知 A 答案正确; 由第 7.6.3 条第 3) 款可知 B 答案正确; 由第 7.7.2 条第 3 款: 母线分段开关和联络回路按全部负荷的 60% 选择, 故 C 答案错误; 根据第 7.5.2 第 3 款可

知 D 答案正确。故本题选 C。

(4) 直流系统按功能分为控制和动力负荷, 说明下列哪项属于控制负荷?

- (A) 电气和热工的控制、信号 (B) 交流不间断电源设备
(C) 断路器电磁操动的合闸机构 (D) 远动、通信装置的电源

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 5.1.1 条可知: 控制负荷包括电气和热工的控制、信号、测量和继电保护、自动装置等负荷; 而各类直流电动机、断路器电磁操动的合闸机构、交流不间断电源设备、远动、通信装置的电源和事故照明等负荷则属于动力负荷。

(5) 该厂直流系统有微机监控装置, 请说明直流柜上可装设下列哪项测量表计?

- (A) 直流母线电压表 (B) 蓄电池回路电压表
(C) 蓄电池回路电流表 (D) 充电输出回路电流表

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 6.2.1 条: “直流系统设有微机监控装置时, 在直流柜上的测量表计可仅装设直流母线电压表。”

题 6: 一座 66/10kV 重要变电站, 装有容量为 16000kVA 的主变压器两台, 采用蓄电池直流操作系统, 所有断路器配电磁操作机构。控制、信号等经常负荷为 2000W, 事故照明负荷为 1500W, 最大一台断路器合闸电流为 98A, 请根据设计规程解答下列问题。

(1) 关于变电所操作电源及蓄电池容量的选择, 下列表述中哪一项是正确的? 并说明其理由。

- (A) 重要变电所的操作电源, 宜采用两组 110V 或 220V 固定铅酸蓄电池或镉镍蓄电池组。作为充电、浮充电用的硅整流装置宜合用一套
(B) 变电所的直流母线, 宜采用双母线接线
(C) 变电所蓄电池组的容量应按全所事故停电期间的放电容量确定
(D) 变电所蓄电池组的容量应按事故停电 1h 的放电容量及事故放电末期最大冲击负荷容量确定

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《35~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—2011) 第 3.3.2 条可知 B 答案错误; 由第 3.3.3 条可知 A 答案错误; 由第 3.3.4 条可知 C 答案错误, D 答案正确。

(2) 本变电所选择一组 220V 铅酸蓄电池作为直流电源, 若经常性负荷的事故放电容量为 9.09Ah, 事故照明负荷放电容量为 6.82Ah, 按满足事故全停电状态下持续放电容量要求, 求蓄电池 10h 放电率计算容量 C_C 为下列哪一项? (其中可靠系数取 1.25, 容量系数取 0.4)

- (A) 28.4Ah (B) 21.31Ah (C) 49.72Ah (D) 39.77Ah

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 式 (B.1) 有

$$C_C = K_K \frac{C_S \cdot x}{K_{CC}} = 1.25 \times \frac{6.82 + 9.09}{0.4} \text{Ah} = 49.72 \text{Ah}$$

(3) 若选择一组 10h 放电率标称容量为 100Ah 的 220V 铅酸蓄电池组作为直流电源, 计算事故放电初期 (1min) 冲击系数应为下列哪项数值? (可靠系数 $K_K=1.10$)

- (A) 0.99 (B) 0.75 (C) 1.75 (D) 12.53

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 式 (B.2) 有

$$K_{cho} = K_K \frac{I_{cho}}{I_{10}} = 1.1 \times \frac{(2000+1500)/220}{100/10} = 1.75。$$

▶ 分析: 根据 DL/T 5044—2004 表 5.2.3, 断路器合闸电流不应计算在初期 1min 直流负荷里。

(4) 若选择一组 10h 放电率标称容量为 100Ah 的 220V 铅酸蓄电池组作为直流电源, 计算事故放电末期冲击系数应为下列哪项数值? (可靠系数 $K_K=1.10$)

- (A) 12.53 (B) 11.78 (C) 10.78 (D) 1.75

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 式 (B.5) 有

$$K_{chm} = K_K \frac{I_{chm}}{I_{10}} = 1.1 \times \frac{98}{100/10} = 10.78$$

式中, I_{chm} 为事故放电末期随机 (5s) 冲击放电电流值, 单位为 A。

▶ 分析: 根据 DL/T 5044—2004 表 5.2.3, 恢复供电断路器合闸负荷属于随机 5s 负荷。

(5) 若选择一组蓄电池容量为 80Ah 的 220V 铅酸蓄电池作为直流电源, 断路器合闸电缆选用 VLV 型电缆, 电缆允许压降为 8V, 电缆的计算长度为 100m, 请计算断路器合闸电缆的计算截面为下列哪项数值? (电缆的电阻系数: 铜 $\rho=0.0184\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, 铝 $\rho=0.031\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

- (A) 22.54mm^2 (B) 45.08mm^2 (C) 49.26mm^2 (D) 75.95mm^2

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 D 的 D.1 条有

$$S_{cas} = \frac{\rho \cdot 2LI_{ca}}{\Delta U_p} = \frac{0.031 \times 2 \times 100 \times 98}{8} \text{mm}^2 = 75.95\text{mm}^2$$

▶ 分析: VLV 为铝芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆。电缆计算截面经常出题, 可参考前面案例题。

题 7: 某企业 110kV 变电站直流系统电压为 110V, 采用阀控式密封铅酸蓄电池组, 无端电池, 单体电池浮充电压为 2.23V, 直流系统不带降压装置, 充电装置采用一组 20A 的高频开关电源模块若干个, 站内控制负荷、动力负荷合并供电。请回答下列问题。(供配电 2009)

(1) 该直流系统蓄电池组电池个数宜选择下列哪项?

- (A) 50 个 (B) 52 个 (C) 57 个 (D) 104 个

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 B 的 B.1.1 条有

$$n = 1.05 \frac{U_n}{U_f} = 1.05 \times \frac{110}{2.23} = 51.79 \approx 52$$

► 分析: 蓄电池个数选择经常出题。

(2) 事故放电末期, 单个蓄电池的最低允许值为下列哪项数值?

- (A) 1.85V (B) 1.80V (C) 1.75V (D) 1.7V

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 B 的 B.1.3 条知, 对于控制负荷和动力负荷合并供电的蓄电池有

$$U_m \geq 0.875 \frac{U_n}{n} = 0.875 \times \frac{110}{52} \text{V} = 1.85\text{V}$$

(3) 该变电站控制保护设备的经常负荷电流约为 50A, 选择蓄电池容量为 300Ah, 已知该类型电池的 10h 放电率 $I_{10}=0.1C$, 式中 C 为电池容量, 请计算充电装置的 20A 高频开关电源模块数量接近下列哪项数值?

- (A) 3 个 (B) 6 个 (C) 9 个 (D) 12 个

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 C 的 C.2 条有

$$n_1 = \frac{(1.0 \sim 1.25)I_{10}}{I_{mc}} + \frac{I_{jc}}{I_{mc}} = \frac{(1.0 \sim 1.25) \times 30}{20} + \frac{50}{20} = 4 \sim 4.375$$

$$n_1 \leq 6, \text{ 取 } n_2 = 1$$

$$n = n_1 + n_2 = (4 \sim 4.375) + 1 = 5 \sim 5.375, \text{ 取 } 6 \text{ 个。}$$

(4) 假定充电装置额定电流为 125A, 请选择充电装置回路的直流电流表测量范围是下列哪一项?

- (A) 0~80A (B) 0~100A (C) 0~150A (D) 0~200A

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电测量及电能装置的设计技术规程》(DL/T 5137—2001) 第 5.1.6 条知, 指针式测量仪表的测量范围, 宜使电力设备额定值指示在仪表标度尺的 2/3 左右, 即 $200\text{A} \times 2/3 = 133\text{A}$ 。

(5) 如该变电站为无人值班变电所站, 其事故照明用直流供电, 那么在进行直流负荷统计计算时, 对事故照明负荷的放电时间应按下列哪项数值计算?

- (A) 0.5h (B) 1h (C) 1.5h (D) 2h

► 答案: [B]

► **解答过程：**根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004)第 5.2.3 知，无人值班变电所，事故照明放电时间为 1h。

题 8：1 座 110/10kV 有人值班的重要变电所，装有容量为 20MVA 的主变压器两台，采用 220V 铅酸蓄电池作为直流电源，所有断路器配电磁操作机构，最大一台断路器合闸电流为 98A。请解答下列问题。

(1) 下列关于该变电所所用电源和操作电源以及蓄电池容量选择的设计原则中，哪一项不符合规范的要求？并说明依据和理由。

- (A) 变电所的操作电源，采用一组 220V 固定铅酸蓄电池组，充电、浮充电用的硅整流装置合用一套
- (B) 变电所的直流母线，采用单母线接线方式
- (C) 变电所装设两台容量相同可互为备用的所用变压器
- (D) 变电所蓄电池组的容量按全所事故停电 1h 的放电容量确定

► **答案：**[D]

► **解答过程：**根据《35~110kV 变电所设计规范》(GB 50059—2011)第 3.3.2 条、第 3.3.3 条。

(2) 该变电所信号、控制、保护装置容量为 3000W (负荷系数为 0.6)，交流不间断电源设备容量为 220W (负荷系数为 0.6)，事故照明容量为 1000W (负荷系数为 1)，直流电源的经常负荷电流和事故放电容量为下列哪组？

- (A) 8.18A、13.33Ah
- (B) 8.18A、22.11Ah
- (C) 8.78A、13.33Ah
- (D) 13.64A、19.19Ah

► **答案：**[A]

► **解答过程：**根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004)第 5.1.2 条可知，经常性负荷电流为

$$I = \frac{\alpha P}{U} = \frac{0.6 \times 3000}{220} \text{A} = 8.18 \text{A}$$

按不小于 1h 事故放电容量计可得事故放电容量为

$$C_{1h} = \frac{\alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \alpha_3 P_3}{U} h = \frac{0.6 \times 3000 + 0.6 \times 220 + 1 \times 1000}{220} \times 1 \text{Ah} = 13.33 \text{Ah}。$$

(3) 如该变电所经常性负荷的事故放电容量为 9.09Ah，事故照明等负荷的事故放电容量为 4.54Ah，按满足事故全停电状态下时间放电容量要求计算的蓄电池 10h 放电率计算容量为下列哪项？(可靠系数取 1.25、容量系数取 0.4)

- (A) 14.19Ah
- (B) 28.41Ah
- (C) 34.08Ah
- (D) 42.59Ah

► **答案：**[D]

► **解答过程：**根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004)式 (B.1) 有

$$C_c = K_k \frac{C_{s \cdot x}}{K_{cc}} = 1.25 \times \frac{4.54 + 9.09}{0.4} \text{Ah} = 42.59 \text{Ah}$$

(4) 该变电站选择一组 10h 放电标称容量为 100Ah 的 220V 铅酸蓄电池作为直流电源, 若直流系统的经常负荷电流为 12A, 请按满足浮充要求和均衡充电要求 (蓄电池组与直流母线连接) 分别计算充电装置的额定电流为下列哪组数值?

(A) 12A、10~12.5A

(B) 12A、22~24.5A

(C) 12.1A、10~12.5A

(D) 12.1A、22~24.5A

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 C 的 C1.1 条可知, 浮充电额定电流:

$$I_r = 0.01I_{10} + I_{jc} = \left(0.01 \times \frac{100}{10} + 12 \right) A = 12.1A$$

均衡充电额定电流:

$$I_r = (1.0 \sim 1.25)I_{10} + I_{jc} = [(1.0 \sim 1.25) \times 10 + 12] A = 22 \sim 24.5A$$

► 分析: 需要明确蓄电池的类型, 然后带入相应的公式计算。

(5) 该变电所的断路器合闸电缆选用 VLV 型电缆, 回路的允许电压降为 8V, 电缆的长度为 90m, 按允许电压降计算断路器合闸回路电缆的最小截面为下列哪项? (电缆的电阻系数: 铜 $\rho = 0.0184 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, 铝 $\rho = 0.031 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

(A) 34.18mm²

(B) 40.57mm²

(C) 68.36mm²

(D) 74.70mm²

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 D 的 D.1 条有

$$S_{\text{cas}} = \frac{\rho 2LI_{\text{ca}}}{\Delta U_p} = \frac{0.031 \times 2 \times 90 \times 98}{8} \text{mm}^2 = 68.36 \text{mm}^2$$

题 9: 某电力工程直流系统, 标称电压为 220V, 装设一组阀控式铅酸蓄电池 (贫液吸附式) 组, 无端电池。该直流系统采用控制和动力合并供电方式, 并配置一套高频开关电源充电装置, 蓄电池至直流柜之间用铜芯电缆连接, 该电缆长为 100m。请回答下列各题。

(1) 假定单体 2V 电池浮充电电压为 2.25V, 请计算蓄电池个数, 单体蓄电池的均衡充电电压及事故放电末期终止电压应为下列哪组数值?

(A) 102 个, 2.42V, 1.90V

(B) 103 个, 2.35V, 1.87V

(C) 104 个, 2.33V, 1.90V

(D) 105 个, 2.30V, 1.83V

► 答案: [B]

► 解答过程: 1) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 B 的 B.1.1 条, 蓄电池个数按浮充电运行时, 直流母线电压为 $1.05U_n$ 选择, 即

$$n = 1.05 \frac{U_n}{U_f} = 1.05 \times \frac{220}{2.25} = 102.6 \approx 103$$

2) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 B 的 B.1.2 条, 对于控制负荷和动力负荷合并供电的蓄电池, 蓄电池均衡充电电压应满足

$$U_c \leq \frac{1.1U_n}{n} = \frac{1.1 \times 220}{103} \text{V} \approx 2.35 \text{V}$$

3) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 B 的 B.1.3 条, 对于控制负荷和动力负荷合并供电的蓄电池, 蓄电池终止放电电压应满足

$$U_m \geq \frac{0.875U_n}{n} = \frac{0.875 \times 220}{103} \text{V} \approx 1.87 \text{V}$$

(2) 假设蓄电池组单体 2V 电池个数为 102 个, 放电终止电压为 1.90V, 在事故放电的 60min 内, 其直流负荷按时间分布见表 11-4。

表 11-4 按时间分布的直流负荷

事故放电持续时间/min	1 (初期)	1 ~ 30	30 ~ 60
放电电流/A	800	400	200

请按阶梯法计算蓄电池容量应选用下列哪种容量规格?

- (A) 600Ah (B) 800Ah (C) 1000Ah (D) 1250Ah

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 1) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 B 的式 (B.9)、式 (B.10)、式 (B.11)、式 (B.12)、式 (B.13) 有

第一阶段容量:

$$C_{C1} = K_K \frac{I_1}{K_C} = 1.4 \times \frac{800}{1.12} \text{Ah} = 1000 \text{Ah}$$

式中, K_C 为 1min 放电时的容量换算系数, 可由表 B.8 按终止放电电压查得。

第二阶段容量:

$$C_{C2} = K_K \left[\frac{I_1}{K_{C1}} + \frac{1}{K_{C2}} (I_2 - I_1) \right] = 1.4 \times \left(\frac{800}{0.676} + \frac{400 - 800}{0.685} \right) \text{Ah} \approx 839 \text{Ah}$$

式中, K_{C1} 、 K_{C2} 由表 B.8 按终止放电电压查得, 其中 K_{C1} 为全部放电时间的容量换算系数; K_{C2} 为各计算阶段除第一阶段放电时间的容量换算系数。

第三阶段容量:

$$\begin{aligned} C_{C2} &= K_K \left[\frac{I_1}{K_{C1}} + \frac{1}{K_{C2}} (I_2 - I_1) + \frac{1}{K_{C3}} (I_3 - I_2) \right] \\ &= 1.4 \times \left(\frac{800}{0.49} + \frac{400 - 800}{0.495} + \frac{200 - 400}{0.676} \right) \text{Ah} \approx 740 \text{Ah} \end{aligned}$$

式中, K_{C1} 、 K_{C2} 、 K_{C3} 由表 B.8 按终止放电电压查得, 其中 K_{C1} 为全部放电时间的容量换算系数; K_{C2} 为各计算阶段除第一阶段放电时间的容量换算系数; K_{C3} 为各计算阶段除第一、二阶段放电时间的容量换算系数。

2) 由于没有随机(5s)负荷, 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 B.2.2.2 条第 2 款, 蓄电池容量为 1000Ah。

(3) 假定该直流系统蓄电池容量为 800Ah, 经常负荷电流为 80A, 高频开关电源单个模块额定电流为 20A。请计算充电装置额定电流及高频开关充电电源模块的个数应选择下

列哪组数值？

- (A) 80A, 5 个 (B) 80.8A, 5 个 (C) 160A, 8 个 (D) 160A, 10 个

► 答案: [D]

► 解答过程: 由附录 C 的 C.1.1 条第 3 款得, 满足均衡充电的铅酸蓄电池的充电装置的额定电流应按下式计算:

$$I_r = 1.0I_{10} \sim 1.25I_{10} + I_{jc} = (1.0 \sim 1.25) \times 80A + 80A = [(80 \sim 100) + 80]A = 160 \sim 180A$$

1) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 C 的 C.2.1 条高频开关电源模块配置和数量选择方式 1: 每组蓄电池配置一组高频开关电源模块, 其模块的选择方法如下:

$$n = n_1 + n_2$$

2) 对铅酸蓄电池:

$$n_1 = \frac{1.0I_{10} \sim 1.25I_{10}}{I_{me}} + \frac{I_{jc}}{I_{me}} = \frac{1.0 \times 80 \sim 1.25 \times 80}{20} + \frac{80}{20} = 8 \sim 9$$

附加模块 $n_2 = 2$ 。

3) $n = n_1 + n_2 = 10 \sim 11$, 当模块数量不为整数时, 可取临近值, 根据题目所给答案, 选 10 个。

► 分析: 本题充电装置的额定电流按满足浮充电要求或者满足初充电要求计算, 则额定电流分别为 80.0A 和 80~100A, 但与后一问的模块数为 10 不匹配。

(4) 若蓄电池回路计算电流为 500A, 允许压降为 2.2V, 请按压降计算电缆截面最接近下列哪组数值?

- (A) 418mm² (B) 705mm² (C) 836mm² (D) 1409mm²

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 附录 D 的 D.1 条, 按回路允许电压降计算电缆截面公式为

$$S_{cac} = \frac{\rho 2LI_{ca}}{\Delta U_p} = \frac{0.0184 \times 2 \times 100 \times 500}{2.2} \text{mm}^2 \approx 836 \text{mm}^2$$

(5) 假定该直流蓄电池容量为 800Ah, 问下列蓄电池布置方式中哪一种是不合适的? 为什么?

- (A) 蓄电池室内台上立式安装 (B) 蓄电池室内钢架上倾斜式安装
(C) 直流电源成套装置柜内立式安装 (D) 蓄电池室内钢架上卧式安装

► 答案: [C]

► 解答过程: 1) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 8.2.2 条, 贫液吸附式的阀控式密封铅酸蓄电池, 可采用卧式、倾斜式或立式安装。

2) 根据《电力工程直流系统设计技术规程》(DL/T 5044—2004) 第 7.10.2 条: 直流电源成套装置宜采用阀控式密封铅酸蓄电池、高倍率镉镍碱性蓄电池或中倍率镉镍碱性蓄电池。蓄电池的容量不宜太大, 对于阀控式铅酸蓄电池容量为 200Ah 及以下, 本题直流蓄电池容量为 800Ah, 故不宜采用直流电源成套装置。

第十二章 发电厂和变电所用电

一、大纲要求 ★★★

- 1) 熟悉厂（所）用电负荷的分类、电压选择；
- 2) 掌握厂（所）用电接线要求、备用方式和负荷配置原则；
- 3) 掌握厂（所）用电系统的计算和设备选择；
- 4) 熟悉厂（所）用电设备布置设计的一般要求；
- 5) 了解保安电源系统的设计；
- 6) 了解厂（所）用电系统的测量、保护、控制和自动装置；
- 7) 掌握 UPS 的选择。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 25 分，其中专业知识占 15 分左右，案例占 10 分左右。考点集中，考试题目有一定难度。答题依据主要有《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第三章、《水力发电厂厂用电设计规程》（DL/T 5164—2002）、《火力发电厂厂用电设计技术规定》（DL/T 5153—2002）以及《220kV～500kV 变电所所用电设计技术规程》（DL/T 5155—2002）。重点考查厂（所）用电接线型式、设备选择、配电装置、短路电流计算、继电保护灵敏度计算等方面的内容，近年来加大了对水力发电厂厂用电设计的考查。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

(1) 在水电厂动力中心（PC）和电动机控制中心（MCC）低压厂用电回路设计中塑壳断路器的功能是（ ）。(2012)

- | | |
|----------|-------------|
| (A) 隔离电器 | (B) 保护电器 |
| (C) 操作电器 | (D) 保护和操作电器 |

▶ 答案：[D]

▶ 依据：《水力发电厂厂用电设计规程》（DL/T 5164—2002）第 9.4.1 条：“在重要的电动机的供电回路中，宜装设有隔离电器（用于隔离电源）、保护电器（用于分段短路电流）及操作电器（用于正常接通和开断回路），也可采用保护和操作合一的电器。其中隔离电器可采用隔离开关、插头等，保护电器可采用熔断器、断路器等。操作电器可采用接触器、磁力启动器、组合电器、断路器等。”断路器具有过载保护、过电流保护、欠电压保护等功能，因而属于保护电器，同时具有操作功能，因此也属于操作电器。

(2) 有一台 300MW 机组的无励磁调压低压厂用变压器, 容量为 1250kVA, 变压器电抗 $U_d=10\%$, 有一台 200kW 的 0.38kV 电动机正常起动, 此时 0.38kV 母线已带负荷 0.65(标么值), 请计算母线电压是下列哪个值? (设 $K_q=6$, $\eta_d=0.95$, $\cos\varphi_d=0.8$) (2012)

- (A) 83% (B) 86% (C) 87% (D) 91%

▶ 答案: [C]

▶ 依据: 《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 附录 H, 对变压器有

$$X = 1.1 \frac{U_d\%}{100} \cdot \frac{S_{2T}}{S_T} = 1.1 \times \frac{10}{100} \times \frac{1250}{1250} = 0.11$$

根据附录 J, 起动电动机的起动容量(标么值)为

$$S_q = \frac{K_q P_e}{S_{2T} \eta_d \cos\varphi_d} = \frac{6 \times 200}{1250 \times 0.95 \times 0.8} = 1.26$$

根据附录 J 的式(J1), 电动机正常起动时电压为

$$U_m = \frac{U_0}{1+SX} = \frac{1.05}{1+(0.65+1.26) \times 0.11} \approx 0.87$$

(3) 发电厂中的机组继电室内屏柜带有后开门, 背对背布置时, 屏背面至屏背面的最小屏间距离为下列哪项值? (2012)

- (A) 800mm (B) 1000mm (C) 1200mm (D) 1400mm

▶ 答案: [A]

▶ 依据: 《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 表 8.1.8。

▶ 分析: 本题并未指明是维护 and 操作通道, 配电屏的种类也没有指明, 故按最小距离给出答案。

(4) 变电所中, 220~380V 所用配电屏室内, 跨越屏前的裸导体对地高度及屏后通道内裸导体对地高度分别不得低于()。(2011)

- (A) 2300mm、1900mm (B) 2300mm、2200mm
(C) 2500mm、2200mm (D) 2500mm、2300mm

▶ 答案: [D]

▶ 依据: 《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 第 7.3.5 条。

(5) 变电所中, 当用 21kVA、220V 单相国产交流电焊机作检修电源时, 检修电源回路的工作电流为()。(2011)

- (A) 153A (B) 77A (C) 15.32A (D) 7.7A

▶ 答案: [B]

▶ 依据: 根据《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 附录 E 的 E6 条及式(E7)有

$$I_g = \frac{S_e}{U_e} \cdot \sqrt{ZZ} \times 1000 = \frac{21}{220} \times \sqrt{0.65} \times 1000A = 76.96A$$

(6) 发电厂中, 下列哪种类型的高压电动机应装设低电压保护? (2011)

- (A) 自启动困难, 需要防止自启动时间过长的电动机需装设低电压保护
- (B) 当单相接地电流小于 10A, 需装设接地故障检测装置时, 电动机要装设低电压保护
- (C) 当电流速断保护灵敏度不够时, 电动机需装设低电压保护
- (D) 对 I 类电动机, 为保证人身和设备安全, 在电源电压长时间消失后须自动切除时, 电动机需装设低电压保护

▶ 答案: [D]

▶ 依据: 《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 9.6.1 条第 6 款。

(7) 发电厂主厂房内, 动力控制中心和电动机控制中心采用互为备用供电方式时, 应符合下列哪一规定? (2011)

- (A) 对接有 I 类负荷的电动机控制中心的双电源应自动切换
- (B) 两台低压厂用变压器互为备用时, 宜采用自动切换
- (C) 成对的电动机控制中心, 应由对应的动力中心双电源供电
- (D) 75kW 及以下的电动机宜由动力中心供电

▶ 答案: [A]

▶ 依据: 《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 4.7.5 条。

(8) 某发电厂中, 有一台 50/25-25MVA 的无励磁调压高压厂用变压器, 低压侧电压为 6kV, 变压器半穿越电抗 $U_d=16.5\%$, 接有一台 6500kW 的 6kV 电动机。电动机起动前 6kV 母线已带负荷 0.7 (标么值)。请计算电动机正常起动时 6kV 母线电压应为下列哪项数值? (标么值) (设 $K_q=6, \eta_d=0.95, \cos\varphi_d=0.8$) (2011)

- (A) 0.79
- (B) 0.82
- (C) 0.84
- (D) 0.85

▶ 答案: [C]

▶ 依据: 《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 式 (J1)。

$$U_m = \frac{U_0}{1+SX} = \frac{1.05}{1+2.753 \times 0.09} = 0.84$$

$$\text{式中, } X = 1.1 \times \frac{U_d\%}{100} \frac{S_{2T}}{S_T} = 1.1 \times \frac{16.5}{100} \times \frac{25}{50} = 0.09;$$

$$S_q = \frac{K_q P_e}{S_{2T} \eta_d \cos\varphi_d} = \frac{6 \times 6500}{25 \times 10^3 \times 0.95 \times 0.8} = 2.053;$$

$$S = S_1 + S_q = 0.7 + 2.053 = 2.753。$$

2. 多项选择题

(1) 选择和校验高压熔断器串真空接触器时, 下列规定哪些是正确的? (2012)

- (A) 高压限流熔断器不宜并联使用, 也不宜降压使用
- (B) 高压熔断器的额定开断电流, 应大于回路中最大预期短路电流冲击值
- (C) 在变压器架空线路组回路中, 不应采用高压熔断器串真空接触器作为保护和操作设备

(D) 真空接触器应能承受和关合限流熔断器的切断电流

► 答案: [A、D]

► 依据:《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 7.2.3 条。

► 分析: 其中 B 答案应该改为应大于回路中最大预期短路电流周期分量有效值。C 答案应该改为不宜采用高压熔断器串真空接触器作为保护和操作设备。

(2) 某变电所的所用配电屏成排布置, 成排长度为下列哪几种时, 屏后通道需设两个出口? (2012)

(A) 5m

(B) 6m

(C) 8m

(D) 10m

► 答案: [C、D]

► 依据:《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 第 7.3.4 条: 成排布置的所用配电屏, 其长度超过 6m 时, 屏后的通道应设两个出口, 并宜布置在通道的两端, 当两个出口之间的距离超过 15m 时, 尚应增加出口。

(3) 在选择厂用电系统中性点接地方式时, 下列哪些规定是正确的? (2012)

(A) 当高压厂用电系统接地电容电流小于或等于 $10/\sqrt{2} = 7\text{A}$ 时, 宜采用高电阻接地方式

(B) 当高压厂用电系统接地电容电流小于或等于 7A 时, 可采用不接地方式

(C) 当高压厂用电系统接地电容电流大于 7A 时, 宜采用低电阻接地方式

(D) 低压厂用电系统不应采用三相三线制, 中性点经高阻接地方式

► 答案: [A、B、C]

► 依据:《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 4.2.1 条。

► 分析: 根据第 4.2.2 条, 主厂房内的低压厂用电系统宜采用三相三线制, 中性点经高电阻接地的方式。故 D 答案错误。

(4) 变电所中, 所用电低压系统接线方式, 下列哪些原则是错误的? (2011)

(A) 采用 380V、三相四线制接线, 系统中性点可通过电阻接地

(B) 采用 380/220V、三相四线制接线, 系统中性点直接接地

(C) 采用 380V、三相制接线

(D) 采用 380/220V、三相四线制接线, 系统中性点经避雷器接地

► 答案: [A、C、D]

► 依据:《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5153—2002) 第 4.2.1 条: 所用电低压系统应采用三相四线制, 系统的中性点直接接地, 系统额定电压 380/220V。

(5) 发电厂中, 高压厂用电系统短路电流计算时, 考虑以下哪几项条件? (2011)

(A) 应按可能发生最大短路电流的正常接线方式

(B) 应考虑在切换过程中短时并列的运行方式

(C) 应计及电动机的反馈电流

(D) 应考虑高压厂用变压器短路阻抗在制造上的负误差

▶ 答案: [A、C、D]

▶ 依据: 《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 7.1.1 条: 计算短路电流时, 应按可能发生最大短路电流的正常接线方式, 不考虑仅在切换过程中短时并列的运行方式, 故 A 答案正确, B 答案错误; 根据第 7.1.2 条: 高压厂用电系统的短路电流计算应计及电动机反馈电流, 并考虑高压厂用变压器短路阻抗在制造上的负误差, 故 C、D 答案正确。

(6) 发电厂高压电动机的控制接线应满足下列哪些要求? (2011)

- (A) 能监视电源和跳闸回路的完好性, 以及备用设备自动合闸回路的完好性
- (B) 能指示断路器的位置状态, 其断路器的跳、合闸线圈可用并联电阻来满足跳、合闸指示灯亮度的要求
- (C) 应具有防止断路器跳跃的电气闭锁装置
- (D) 断路器的合闸或跳闸动作完成后, 命令脉冲能自动消除

▶ 答案: [A、C、D]

▶ 依据: 根据《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 10.1.3 条可知, 高压电动机的控制接线应满足下列要求:

1) 能监视电源和跳闸回路的完好性, 以及备用设备自动重合闸回路的完好性, 故 A 答案正确。

2) 能指示断路器(或操作设备)的位置状态, 备用设备自动重合闸或事故跳闸时应有明显的信号, 断路器的跳、合闸线圈和合闸接触器的线圈不允许用并联电阻来满足跳、合闸指示灯亮度的要求, 故 B 答案错误。

3) 具有防止断路器跳跃的电气闭锁装置, 故 C 答案正确。

4) 断路器的合闸或跳闸动作完成后, 命令脉冲能自动消除, 故 D 答案正确。

3. 案例题

题 1: 某新建 2×300MW 燃煤发电厂, 高压厂用电系统标称电压为 6kV, 其中性点为高电阻接地。每台机组设两台高压厂用无励磁调压双卷变压器, 容量为 35MVA, 阻抗值为 10.5%, 6.3kV 单母线接线, 设 A 段、B 段。6kV 电统电缆选为 ZR YJV₂₂ 6/6kV 三芯电缆(见表 12-1 和表 12-2)。

表 12-1 ZR YJV₂₂6/6kV 三芯电缆每相对地电容值及 A、B 段电缆长度

电缆截面/mm ²	每相对地电容值/μF/km	A 段电缆长度/km	B 段电缆长度/km
95	0.42	5	5.5
120	0.46	3	2.5
150	0.51	2	2.1
185	0.53	2	1.8

表 12-2 矩形铝导体长期允许载流量/A

导体尺寸 $h \times b / (\text{mm} \times \text{mm})$	双 条		三 条		四 条	
	平 放	竖 放	平 放	竖 放	平 放	竖 放
80×6.3	1724	1892	2211	2505	2558	3411
80×8	1946	2131	2491	2809	2863	3817
80×10	2175	2373	2774	3114	3167	4222
100×6.3	2054	2253	2663	2985	3032	4043
100×68	2298	2516	2933	3311	3359	4479
100×10	2558	2796	3181	3578	3622	4829
125×6.3	2446	2680	2079	3490	3525	4700
125×8	2725	2980	3375	3813	3847	5129
125×10	3005	3282	3735	4194	4225	5633

注：1. 表中导体尺寸中 h 为宽度， b 为厚度。

2. 表中当导体为四条时，平放、竖放第 2、3 条间距皆为 50mm。

3. 相同截面的铜导体载流量为表中铝导体载流量的 1.27 倍。

请根据上述条件计算下列各题（保留两位小数）。（2012）

（1）当 A 段母线上容量为 3200kW 的给水泵电动机起动时，其母线已带负荷为 1914kVA，求该电动机起动时的母线电压百分数为下列哪项值？（已知该电动机起动电流倍数为 6、额定效率为 0.963、功率因数为 0.9）

（A）88%

（B）92%

（C）93%

（D）97%

▶ 答案：[B]

▶ 解答过程：根据《火力发电厂厂用电设计技术规定》（DL/T 5153—2002）附录 J 有关公式计算如下：

1) 厂用母线空载电压标么值为

$$U_0 = 1.05$$

2) 自起动前厂用电源已带的负荷标么值为

$$S_1 = \frac{19141}{35000} \approx 0.547$$

3) 自起动容量为

$$S_{qz} = \frac{K_q P_e}{S_{2T} \eta_d \cos \varphi_d} = \frac{6 \times 3200}{35000 \times 0.963 \times 0.9} \approx 0.633$$

4) 变压器电抗标么值为

$$X_T = 1.1 \frac{U_d \%}{100} = 1.1 \times \frac{10.5}{100} = 0.1155$$

5) 电动机正常起动时母线电压为

$$U_m = \frac{U_0}{1 + SX} = \frac{1.05}{1 + (0.547 + 0.633) \times 0.1155} \approx 0.924$$

按四舍五入的原则选 B 为正确答案。

(2) 已知: 厂用高压变压器高压侧系统阻抗为无穷大, 接在 B 段的电动机负荷为 21000kVA, 电动机平均反馈电流倍数取 6, $\eta \cos \varphi_D$ 取 0.8, 求 B 段的短路电流最接近下列哪项值?

- (A) 15.15kA (B) 33.93kA (C) 45.68kA (D) 149.09kA

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程: 根据《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 附录 M 有关公式计算如下:

1) 厂用电源短路周期分量的起始有效值为

$$I_B'' = \frac{I_j}{X_X + X_T} = 0$$

2) 电动机反馈电流周期分量的起始有效值为

$$I_D'' = K_{q,D} \frac{P_{e,D}}{\sqrt{3}U_{e,D}\eta_D \cos \varphi_D} \times 10^{-3} = 6 \times \frac{21000}{\sqrt{3} \times 6 \times 0.8} \times 10^{-3} \text{ kA} = 15.16 \text{ kA}$$

3) 短路电流周期分量起始有效值为

$$I'' = I_B'' + I_D'' = 15.16 \text{ kA}$$

(3) 请在下列选项中选择最经济合理的 6.3kV 段母线导体组合, 并说明理由。

- (A) 100×10 矩形铜导体二条平放 (B) 100×8 矩形铝导体三条竖放
(C) 100×6.3 矩形铜导体三条平放 (D) 100×10 矩形铝导体三条竖放

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 1) 先计算 6.3kV 段母线的持续工作电流:

$$I_g = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{21000}{\sqrt{3} \times 6.3} \text{ A} = 1924.5 \text{ A}$$

宜选择铝母线。

2) 考虑海拔和温度校正, 查《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 表 D.11 得不同海拔及环境温度下的综合校正系数为 0.67。

3) 若选 100×8 矩形铝导体三条竖放, 允许载流量为

$$3311 \times 0.67 \text{ A} = 2218.4 \text{ A}$$

满足要求; 若选择 100×10 矩形铝导体三条竖放, 允许载流量为

$$3578 \times 0.67 \text{ A} = 2397.26 \text{ A}$$

也满足要求。

4) 从经济性考虑, B 选项为最佳选择。

题 2: 某大型燃煤厂, 采用发电机变压器组单元接线, 以 220kV 电压接入系统, 高压厂用工作变压器支接于主变低压侧, 高压起动备用变压器经 220kV 电缆从本厂 220kV 配电装置引接, 其两侧额定电压比为 226/6.3kV, 接线组别为 YNyn0, 额定容量为 40MVA, 阻抗电压为 14%, 高压厂用电系统电压为 6kV, 设 6kV 工作段和公用段, 6kV 公用段电源从工作段引接, 请解答下列问题: (2012)

(1) 已知 6kV 工作段设备短路水平为 50kA, 6kV 公用设备短路水平为 40kV, 且无电动机反馈电流, 若在工作段至公用段馈线上采用额定电流为 2000A 的串联电抗器限流, 请计算并选择下列哪项电抗器的电抗百分值最接近所需值? (不考虑电压波动)

- (A) 5% (B) 4% (C) 3% (D) 1.05%

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式 (6-14) 可得:

$$X_k \% \geq \left(\frac{I_j}{I^*} - X_{*j} \right) \frac{I_{ek}}{U_{ek}} \frac{U_j}{I_j} \times 100\% = \left(\frac{9.16}{40} - \frac{9.16}{50} \right) \times \frac{2}{6} \times \frac{6.3}{9.16} \times 100\% = 1.05\%$$

► 分析: 电抗器电抗百分数的选择经常出题。

(2) 已知电气原则接线如图 12-1 所示 (220kV 出线未表示), 当机组正常运行时, CB1、CB2、CB3 都在合闸状态, CB4 在分闸状态, 请分析并说明该状态下, 下列哪项表述正确?

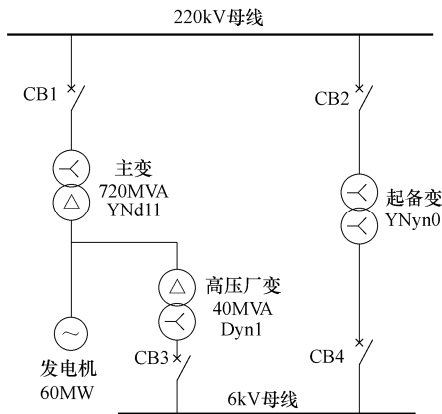


图 12-1 机组接线图

- (A) 变压器接线组别选择正确, CB4 两端电压相位一致, 可采用并联切换。
 (B) 变压器接线组别选择正确, CB4 两端电压相位有偏差, 可采用并联切换。
 (C) 变压器接线组别选择错误, CB4 两端电压相位一致, 不可采用并联切换。
 (D) 变压器接线组别选择错误, CB4 两端电压相位有偏差, 不可采用并联切换。

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《电力变压器选用导则》(GB/T 17468—2008) 第 6.1 条: 并联运行的条件为钟时序数要严格相等。本题中主变为 YNd11 接线, 高压厂变为 Dyn1, 起备变为 YNyn0, 高厂变和起备变在 6kV 侧钟时序数相同, 故可并联切换。

题 3: 某 220kV 变电所有两台 10/0.4kV 所用变, 单母分段接线, 容量 630kVA, 计算负荷 560kVA。现计划扩建: 综合楼空调器 (仅夏天用) 所有相加额定容量为 80kW, 照明负荷为 40kW, 深井水泵为 22kW (功率因数为 0.85), 冬天取暖用电炉一台, 接在 2#主变的母线上, 容量 150kW。(2009)

(1) 新增用电计算负荷为 (), 写出计算过程。

- (A) 288.7kVA (B) 208.7kVA (C) 292kVA (D) 212kVA

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程: 根据《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 第 5.1.2 条知, 负荷计算采用换算系数法, 所用变压器的容量按下式选择:

$$S \geq K_1 \times P_1 + P_2 + P_3$$

$$=[0.85 \times 22 + (80 + 150) + 40] \text{ kVA} = 288.7 \text{ kVA}$$

▶ 分析: 根据《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 附录 B, 深井水泵属于动力负荷, 空调器和取暖用电炉属于电热负荷, 应该仔细阅读附录 B 的这个算例。

(2) 若新增用电计算负荷为 200kVA, 则所用变压器的额定容量为 ()。写出计算过程。

- (A) 1#主变 630kVA 2#主变 800kVA
- (B) 1#主变 630kVA 2#主变 1000kVA
- (C) 1#主变 800kVA 2#主变 800kVA
- (D) 1#主变 1000kVA 2#主变 1000kVA

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 1) 由题目和上题的计算结果可知, 原有计算负荷 560kVA, 新增负荷为 200kVA, 故总的计算负荷 $= [560 + 200] \text{ kVA} = 760 \text{ kVA}$ 。

2) 由《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 第 4.1.1 条: 220kV 变电所宜从主变压器低压侧分别引接两台容量相同, 可互为备用, 分列运行的所用工作变压器, 每台工作变压器按全所计算负荷选择。可知每台工作变压器按全所计算负荷选择, 故选用两台 800kVA 的所用变。

▶ 分析: 凡是变电所所用电的题, 如果变电所是 200kV 及以上电压等级, 要首先考虑规程《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002)。

(3) 深井泵进线隔离开关, 馈出低压断路器, 其中一路给泵供电, 已知泵电动机启动电流为额定电流的 5 倍, 最小短路电流为 1000A, 最大短路电流为 1500A, 断路器动作时间为 0.01s, 可靠系数取最小值。

- (A) 脱扣器整定电流 265A, 灵敏度 3.77
- (B) 脱扣器整定电流 334A, 灵敏度 2.99
- (C) 脱扣器整定电流 265A, 灵敏度 5.7
- (D) 脱扣器整定电流 334A, 灵敏度 4.5

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 由本题题目可知, 断路器动作时间 0.01s, 可靠系数取最小值, 根据《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 附录 F 表 F2, 取可靠系数为 1.7, 可得断路器过电流脱扣器整定电流为

$$I_z \geq K \times I_Q = K \times 5 \times \frac{P_c}{\sqrt{3} U_n \cos \alpha} = 1.7 \times 5 \times \frac{22 \times 1000}{1.732 \times 0.38 \times 1000 \times 0.85} \text{ A} = 334.27 \text{ A}$$

根据附录 F 第 F2 条知, 过电流脱扣器的灵敏度按下式进行校验:

$$I_d / I_z = 1000 / 334.27 = 2.99 \geq 1.5$$

灵敏度符合要求。

(4) 上述，进线侧断路器侧过电流脱扣器延时为 ()。

- (A) 0.1s (B) 0.2s (C) 0.3s (D) 0.4s

答案: [B]

解答过程: 根据《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 附录 G 第 G2 条可知，断路器过电流脱扣器级差可取 0.15~0.2s，即负荷断路器为瞬动，馈电干线断路器取短延时 0.15~0.2s，总电源断路器延时为 0.3~0.4s。本题中深井泵进线断路器属于馈电干线断路器，其延时取 0.15~0.2s，故本题选 B。

(5) 如设专用备用变压器，则电源自投方式为 ()。

- (A) 当自投起动条件满足时，自投装置立即动作
(B) 当工作电源恢复时，切换回路须人工复归
(C) 手动断开工作电源时，应起动自动投入装置
(D) 自动投入装置动作时，发事故信号

答案: [B]

解答过程: 根据《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 第 8.3.1 条：“所用专用备用电源自动投入装置应满足下列要求：

1) 保证工作电源断路器断开后，工作母线无电压，且备用电源电压正常的情况下，才投入备用电源；

- 2) 自动投入装置应延时动作，并只动作一次；
3) 当工作母线故障时，自动投入装置不应起动；
4) 手动断开工作电源时，不起动自动投入装置；
5) 工作电源恢复供电后，切换回路应由人工复归；
6) 自动投入装置动作后，应发预告信号。”

由以上第 1 条可排除 A 答案；由第 4 条可排除 C 答案；由第 6 条可排除 D 答案。

题 4: 发电厂有 1600kVA 两台互为备用的干式厂用变，Dyn11，6.3/0.4kV， $U_d=6\%$ ，中性点直接接地。(2009)

(1) 需要装的保护配置为 ()。

- (A) 纵联差动，过电流，瓦斯，单相接地
(B) 纵联差动，过电流，温度，单相接地短路
(C) 电流速断，过电流，瓦斯，单相接地
(D) 电流速断，过电流，温度，单相接地短路

答案: [D]

解答过程: 根据《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 9.5.1 条规定：因厂用变 S_N 为 1600kVA，不需要装设纵联差动保护；装设电流速断保护保护变压器绕组内及引出线的相间短路故障；装设过电流保护保护变压器及相邻元件的相间短路故障。

障；干式变压器不需设瓦斯保护；400kVA 及以上的车间内干式变压器均应设温度保护；对于中性点直接接地的变压器，装设单相接地短路保护用于保护低压侧单相接地短路故障。综上所述，本题应选 D 答案。

(2) 最少需要的电流互感器和灵敏度为 ()。

(A) 三相 大于等于 2.0

(B) 三相 大于等于 1.5

(C) 两相 大于等于 2.0

(D) 两相 大于等于 1.25

答案: [D]

解答过程: 1) 根据《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 9.5.1 条可知，低压厂用变压器的电流速断保护及过电流保护宜采用两相三继电器的接线方式，故可排除 A 和 B 答案。

2) 由题知低压厂用电系统为中性点直接接地系统，由第 9.1.1 条：动作于跳闸的单相接地保护灵敏系数不低于 1.5；由第 9.5.1 条的第 5 部分的 2) 款及《电力工程电气设计手册 电气二次部分》第 29-8 节第 3 部分 低压厂用工作及备用变压器保护 第 5 点：利用高压侧的过电流保护作低压侧的单相短路可适当降低灵敏系数，可取 1.25。故本题选 D 为正确答案。

(3) 由低压母线引出到电动机，功率为 75kW，电流为 145A，起动电流为 7 倍额定电流，装电磁型电流继电器，最小三相短路电流为 6000A，则整定值为 ()。

(A) 522.5A 3.94

(B) 1522.5A 3.41

(C) 1928.5A 3.11

(D) 1928.5A 2.96

答案: [B]

解答过程: 1) 由题知继电器为 DL 型，根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》式 (23-3) 有

$$I_{dz} = K_z \times I_{qd} = (1.4 \sim 1.6) \times 7 \times 145A = 1421 \sim 1624A$$

取 1522.5A。

2) 灵敏度校验。根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》式 (23-4) 有

$$K_m = \frac{I_{d.min}^{(2)}}{I_{dz}} = \frac{I_{d.min}^{(3)} \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{I_{dz}} = \frac{6000 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{1522.5} = 3.41$$

故选 B 为正确答案。

(4) 假设电动机内及引出线单相接地相间短路整定电流为 1530A，电缆长 130m，相间短路保护灵敏系数为 ()。

(A) 1.5，不需要另加单相接地保护

(B) 1.5，需要另加单相接地保护

(C) 1.2，不需要另加单相接地保护

(D) 1.2，需要另加单相接地保护

答案: [A]

解答过程: 1) 根据《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 9.1.1 条可得动作于跳闸的单相接地保护灵敏系数不低于 1.5，为此，先求出相间短路保护的灵

敏系数为

$$K_m = \frac{I_{d.min}^{(2)}}{I_{dz}} = \frac{I_{d.min}^{(3)} \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{I_{dz}} = \frac{6000 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{1530} = 3.4 > 1.5$$

灵敏度满足要求。

2) 由根据《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 9.7.1 条第 2 款: 对于 55kW 及以上的电动机如相间短路保护能满足单相接地短路的灵敏性时, 可由相间短路兼作接地短路保护。故本题选 A。

题 5: 某发电厂起动备用变压器从本厂 110kV 配电装置引线, 变压器型号为 SF9-16000/110, 三相双绕组无励磁调压变压器 115/6.3kV, 阻抗电压 $U_d=8\%$, 接线组别为 YNd11, 高压侧中性点固定接地。(2008)

(1) 请说明下列几种保护哪一项是本高压起动备用变压器不需要的?

- (A) 纵联差动保护 (B) 瓦斯保护
(C) 零序电流保护 (D) 零序电压保护

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 9.4.2 条有关规定, 由第 1 款可知: 对于 10MVA 及以上的变压器应装设纵联差动, 故 A 答案对; 由第 3 款可知, 高压厂用变压器应装设瓦斯保护, 故 B 答案对; 由第 6 款可知, 当变压器高压侧接于 110kV 及以上中性点直接接地电网中, 且变压器的中性点为直接接地运行时, 为防止单相接地短路引起的过电流, 应装设零序电流保护, 故 C 答案对。

(2) 若高低压侧 CT 电流比分别为 300/5A、2000/5A, 计算当采用电磁式差动继电器接线时, 高、低压侧 CT 二次回路额定电流接近下列哪组数值? (高、低压一次额定电流分别为 80A 和 466A)

- (A) 2.31A 3.67A (B) 1.33A 3.67A
(C) 2.31A 2.02A (D) 1.33A 2.02A

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》式 (29-54) 有

$$I_{e21} = \frac{K_{jx} I_e}{n_1} = \frac{\sqrt{3} \times 80}{60} A = 2.31A$$

$$I_{e22} = \frac{K_{jx} I_e}{n_1} = \frac{\sqrt{3} \times 466}{400} A = 2.02A$$

(3) 假定变压器高低压侧 CT 二次回路的额定电流分别为 2.5A 和 3.0A, 计算差动保护要躲过 CT 二次回路断线时的最大负荷电流最接近下列哪项值?

- (A) 3.0A (B) 3.25A (C) 3.9A (D) 2.5A

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》式 (29-63), 电流互感器各侧二次回路额定电流的计算公式如下:

$$I_{dz1} = 1.3I_{th,max1} = 1.3 \times 2.5A = 3.25A$$

$$I_{dz2} = 1.3I_{th,max2} = 1.3 \times 3A = 3.9A$$

取 $I_{dz}=I_{dz2}=3.9A$ 。

(4) 已知用于后备保护 110kV 的 CT 二次负载能力为 10VA, 保护装置的第一整定值 (差动保护) 动作电流为 4A, 此时保护装置的二次负载为 8VA, 若忽略接触电阻, 计算连接导线的最大电阻应为下列何值?

(A) 0.125Ω

(B) 0.042Ω

(C) 0.072Ω

(D) 0.063Ω

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程:

$$I^2 R = 10 - 8$$

$$\Rightarrow 4^2 R = 2$$

$$\Rightarrow R = 0.125\Omega$$

(5) 假定该变压器单元在机炉集中控制室控制, 说明控制屏应配置下列哪项所列表计。
(假定电气不进 DCS, 也无监控系统)

(A) 电流表、有功功率表、有功电能表

(B) 电流表、电压表、有功功率表

(C) 电压表、有功功率表、无功功率表

(D) 电压表、有功功率表、有功电能表

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程: 根据《火力发电厂厂用电设计技术规定》(DL/T 5153—2002) 第 10.2.1 条以及附录 T, 高压厂用起动/备用电源在控制室控制, 应该装设电流表、有功功率表以及有功电能表。

第十三章 照 明

一、大纲要求 ★★★

- 1) 熟悉发电厂、变电所照明系统的设计要求;
- 2) 熟悉照明系统的供电方式;
- 3) 掌握照明设备的选择;
- 4) 掌握照度计算的基本方法;
- 5) 了解绿色照明的特点。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 10 分，基本上都是在专业知识里考查。考点集中，考试题目有一定难度，有计算。答题依据主要有《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第十八章、《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007)、《水力发电厂照明设计规范》(DL/T 5140—2001)。主要考查照明方式和种类、照明种类、照明灯具、照度计算、照明网络供电及控制等。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

(1) 下列哪类灯具的防爆结构不符合爆炸危险区域为 1 区的选型规定? (2012)

- (A) 固定式灯具的防爆结构采用隔爆型
- (B) 携带式电池灯具的防爆结构采用隔爆型
- (C) 整流器的防爆结构采用隔爆型
- (D) 指示灯类的防爆结构采用增安型

▶ 答案: [D]

▶ 依据:《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》(GB 50058—1992)表 2.5.3-4:“爆炸危险区域 1 区内指示灯类的防爆结构不适宜采用增安型,可以采用隔爆型。”

(2) 某电厂单元控制室的照度设计值为 300lx,则其走廊通道的照度设计值不宜小于下列哪项值? (2012)

- (A) 15lx
- (B) 30lx
- (C) 60lx
- (D) 300lx

▶ 答案: [C]

▶ 依据:《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007)第 8.0.5 条:

“主控制室、单元控制室、集中控制室、网络控制室及与其相邻及相通的距出入口 10m 左右范围内与走廊通道、楼梯间的照度值之比，不宜超过 5 倍。”

(3) 220kV 变电所中，下列场所的工作面照度哪项是不正确的？(2011)

- (A) 控制室 300lx (B) 10kV 开关室 150lx
(C) 蓄电池室 25lx (D) 继电器室 300lx

▶ 答案：[C]

▶ 依据：《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007) 表 8.0.1-1，蓄电池室照度标准值应为 100lx。

(4) 发电厂、变电站中，照明线路的导线截面应按计算电流进行选择，某一单相照明回路有两只 200W 的卤钨灯、两只 150W 的气体灯，下列哪项数值是正确的？(2011)

- (A) 3.45A (B) 3.82A (C) 4.24A (D) 3.55A

▶ 答案：[D]

▶ 依据：《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007) 式 (10.5.1-1)、式 (10.6.1-1)、式 (10.6.1-2) 及式 (10.6.1-6) 有

$$I_{js} = \sqrt{(0.9I_{js1} + I_{js2})^2 + (0.436I_{js2})^2} = \sqrt{(0.9 \times 1.82 + 1.82)^2 + (0.436 \times 1.82)^2} A = 3.55A$$

$$\text{式中, } I_{js1} = \frac{P_{js1}}{U_{\text{exg}} \cos \varphi} = \frac{360}{220 \times 0.9} A = 1.82A$$

(其中 $P_{js1} = \sum P_z(1+\alpha) = 2 \times 150 \times (1+0.2) = 360W$ ， α 为镇流器与其他附件损耗系数，对气体放电灯 $\alpha=0.2$ ，对卤钨灯取 0)

$$I_{js2} = \frac{P_{js2}}{U_{\text{exg}}} = \frac{400}{220} A = 1.82A$$

(其中 $P_{js2} = \sum P_z(1+\alpha) = 2 \times 200 \times (1+0)W = 400W$)

(5) 火力发电厂中，照明供电线路的设计原则，下列哪一条是不对的？(2011)

- (A) 照明主干线路上连接的照明配电箱的数量不宜超过 5 个
(B) 厂区道路照明供电线路，应与建筑物入口门灯的照明分支线路分开
(C) 室内照明线路，每一个单相分支回路的工作电流不宜超过 15A
(D) 对高强气体放电灯每一个单相分支回路的工作电流不宜超过 35A

▶ 答案：[D]

▶ 依据：根据《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007) 第 10.4.1 条第 3 款，A 答案正确；根据第 10.4.4 条，B 答案正确；根据第 10.4.5 条，C 答案正确；根据第 10.4.6 条：对高强气体放电灯的照明回路，每一个单相分支回路的工作电流不宜超过 30A，故 D 答案错误。

(6) 照明设计时，灯具端电压的偏移，不应高于额定电压的 105%。对视觉要求较高的主控制室、单元控制室、集中控制室等，这种偏移也不宜低于额定电压的()。(2008)

(A) 97.5%

(B) 95%

(C) 90%

(D) 85%

► 答案: [A]

► 依据:《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007)第 10.1.2 条:“照明灯具端电压的偏移,不应高于额定电压的 105%,也不宜低于额定电压的下列数值

1) 对视觉要求较高的主控制室、单元控制室、集中控制室、计算机室、主厂房、生产办公楼等室内照明为 97.5%。”

► 分析:本条对其他地方的端电压偏移也做了规定。

(7) 发电厂和变电所照明主干线路应符合下列哪项规定? (2008)

(A) 正常照明主干线路应采用三相三线制

(B) 事故照明主干线路当由保安电源供电时应采用三相三线制

(C) 正常照明主干线路宜采用三相四线制

(D) 事故照明主干线路当由交直流切换装置供电时应采用三相五线制

► 答案: [C]

► 依据:《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007)第 10.4.1 条第 1 款规定:正常照明主干线宜采用三相四线制,故 A 答案错误, C 答案正确;第 2 款规定:应急照明主干线路当经直流切换装置供电的应采用两线制,当由保安电源供电的应急交流线路,应采用三相四线制,故 B、D 答案错误。

2. 多项选择题

(1) 下列关于应急照明的规定哪些不正确? (2012)

(A) 直流供电的应急照明宜采用荧光灯

(B) 单元控制室主环内的应急照明照度,按正常照明照度值的 30%选取

(C) 主厂房用配电装置室内应急照明地面的照度不应小于 20lx

(D) 直流应急照明的照度按正常照度值的 15%选取

► 答案: [A、D]

► 依据:《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007)第 6.0.4 条:应急照明,当直流供电时,应采用能瞬时可靠点燃的白炽灯,故 A 答案错误;根据表 8.0.1-1,高低压厂用配电装置的照度标准值为 200lx,根据 8.0.4 条,应急照明的照度值表 8.0.1-1 的 10%~15%选取,故 C 答案正确;根据第 8.0.4 条:主控制室、单元控制室、集中控制室、网络控制室主环内的应急照明照度,按正常照明照度值的 30%选取,而直流应急和其他控制室照度分别按 10%和 15%选取,故 B 答案正确, D 答案错误。

(2) 在选择火力发电厂和变电站照明灯具时,依据绿色照明理念, T8 直管形荧光灯应配用下列哪些选项的镇流器? (2012)

(A) 电子镇流器

(B) 恒功率整流器

(C) 传统型电感镇流器

(D) 节能型电感镇流器

► 答案: [A、D]

► 依据:《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007)第 7.1.8 条第

2 款：直管形荧光灯应配用电子镇流器或节能型电感镇流器。

(3) 变电所中的动力、照明负荷较少，供电范围小，距离短，故一般由所用电屏直接配电。为了保证供电可靠性，对重要负荷应采用双回路供电方式，以下采用双回路供电的负荷是()。(2011)

- (A) 消防水泵 (B) 主变压器强油风(水)冷却装置
(C) 检修电源网络 (D) 断路器操作负荷

► 答案：[A、B、D]

► 依据：《220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程》(DL/T 5155—2002) 条文说明 4.3.1 条：为保证供电可靠性，对重要负荷应采用双回路供电方式，例如对主变压器冷却装置、消防水泵及断路器操作负荷等。

(4) 220kV 无人值班变电所的照明种类一般可分为下列哪几类？(2011)

- (A) 正常照明 (B) 应急照明 (C) 警卫照明 (D) 障碍照明

► 答案：[A、C、D]

► 依据：《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007) 第 5.2.1 条：发电厂变电站的照明种类可分为正常照明、应急照明、警卫照明和障碍照明；根据第 5.2.4 条：无人值班变电站不宜装设应急照明。

(5) 火力发电厂主厂房的楼梯上安装的疏散照明，可选择下列哪几种照明光源？(2011)

- (A) 白炽灯 (B) 荧光灯 (C) 金属卤化物灯 (D) 高压汞灯

► 答案：[A、B]

► 依据：《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007) 第 6.0.4 条规定：应急照明，当直流供电时，应采用能瞬时可靠点燃的白炽灯，当交流供电时，宜采用荧光灯。根据第 5.2.1 条，本题中的疏散照明属于应急照明的一种。

(6) 下列哪些场所的照明可选用白炽灯？(2008)

- (A) 需防止电磁波干扰的场所
(B) 因光源频闪影响视觉效果的场所
(C) 照度要求较高，照明时间较长的场所
(D) 经常开闭灯的场所

► 答案：[A、D]

► 依据：《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007) 第 6.0.3 条。

► 分析：C 答案应改为照度不高，且照明时间较短的场所。

(7) 宜用逐点计算法校验其照度值的是下列哪些场所？(2008)

- (A) 主控制室、网络控制室和计算机室 (B) 主厂房
(C) 反射条件较差的场所 (D) 办公室

► 答案：[A、B、C]

► 依据：《火力发电厂和变电站照明设计技术规定》(DL/T 5390—2007) 第 9.0.2 条。

第十四章 输 电 线 路

一、大纲要求 ★★★

- 1) 熟悉输电线路路径的选择;
- 2) 掌握输电线路导、地线的选择;
- 3) 掌握输电线路电气参数的计算;
- 4) 了解杆塔塔头设计;
- 5) 了解输电线路对电信线路的影响及防护;
- 6) 掌握电线力学特性的计算;
- 7) 熟悉各种杆塔荷载的一般规定及计算;
- 8) 熟悉杆塔的定位校验;
- 9) 了解电线的防振。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试中分值大概占 50 分,其中专业知识占 20 分左右,案例占 30 分左右。考点分布较广,考试题目有一定难度。答题依据主要有《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)、《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010)、《220kV~500kV 紧凑型架空送电线路设计技术规定》(DL/T 5217—2005)。重点考查输电线路路径选择,输电线路导线、地线选择及电气参数计算,输电线路对电信线路的影响及防护,电线力学特性计算和电线的防振等内容。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

- (1) 下列哪种说法是正确的? (2012)
- (A) 选择输电线路的路径,应避开重冰区
- (B) 选择输电线路的路径,应避开不良地质地带
- (C) 选择输电线路的路径,应避开电台、机场等
- (D) 选择输电线路的路径,应考虑与电台、机场、弱电线等邻近影响

▶ 答案: [D]

▶ 依据:《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 3.0.2 条、第 3.0.3 条、第 3.0.4 条。

▶ 分析:输电线路路径选择,经常出题。答题时注意“宜”和“应”的区别。

(2) 关于导线、地线在弧垂最低点的设计安全系数, 下列哪种说法是不正确的? (2012)

- (A) 导线的设计安全系数不应小于 2.5
- (B) 地线的设计安全系数不应小于 2.5
- (C) 地线的设计安全系数, 不应小于导线的设计安全系数
- (D) 地线的设计安全系数, 应大于导线的设计安全系数

► 答案: [D]

► 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 5.0.7 条。

► 分析: 导线、地线安全系数, 涉及导线、地线的安全, 非常重要。这个知识点经常出题, 有计算题。需要掌握安全系数的概念, 答题时灵活处理。

(3) 在 500kV 长距离输电线路通道上, 加装串联补偿电容器的作用是()。(2012)

- (A) 提高线路的自然功率
- (B) 提高系统电压稳定水平
- (C) 提高系统静态稳定水平
- (D) 抑制系统次同步谐振

► 答案: [C]

► 依据: 《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 542 页。串联补偿的目的是提高超高压远距离输电线路的稳定极限和送电能力, 提高系统的静稳定能力和动稳定能力。

(4) 220kV 架空线路的某跨越线档, 导线悬挂点高度为 25m, 弧垂为 12m, 在距此档 100m 处发生了雷云对地放电, 雷电流幅值为 60kA。该线路档上产生的感应过电压最大值为下列哪个数值? (2012)

- (A) 375kV
- (B) 255kV
- (C) 195kV
- (D) 180kV

► 答案: [B]

► 依据: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 式 (2) 有

$$U_i \approx 25 \frac{I h_c}{S} = 25 \times \frac{60 \times 17}{100} \text{ kV} = 255 \text{ kV}$$

► 分析: h_c 指的是导线的平均高度, 计算方法可参考《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 第 130 页例题 2-12, $h_c = \left(25 - \frac{2}{3} \times 12 \right) \text{ m} = 17 \text{ m}$ 。该题属于过电压范畴, 但对象是输电线路, 因此归类于本章。

(5) 在一般档距中央, 导线与地线间的距离, 应按 $S \geq 0.012L + 1$ 公式校验 (L 为档距, S 为导线与地线间的距离), 计算时采用的气象条件为()。(2012)

- (A) 气温+15℃, 无风、无冰
- (B) 年平均气温: 气温+10℃, 无风、无冰
- (C) 最高气温: 气温+40℃, 无风、无冰
- (D) 最低气温: 气温-20℃, 无风、无冰

► 答案: [A]

► 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 7.0.15 条注。

(6) 覆冰区段, 与 110kV 线路 LGJ-240/30 导线配合的镀锌钢绞线最小标称截面小于 ()。(2012)

- (A) 35mm² (B) 50mm² (C) 80mm² (D) 100mm²

► 答案: [C]

► 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 5.0.12。

(7) 在海拔不超过 1000m 的地区, 在相应风偏条件下, 带电部分与杆塔构件 (包括拉线、脚钉等) 的最小间隙哪个是正确的? (2012)

- (A) 110kV 线路的最小间隙: 工频电压 0.25m; 操作过电压 0.70m; 雷电过电压 1.00m
(B) 110kV 线路的最小间隙: 工频电压 0.20m; 操作过电压 0.70m; 雷电过电压 1.00m
(C) 110kV 线路的最小间隙: 工频电压 0.25m; 操作过电压 0.75m; 雷电过电压 1.00m
(D) 110kV 线路的最小间隙: 工频电压 0.25m; 操作过电压 0.70m; 雷电过电压 1.05m

► 答案: [A]

► 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 7.0.9-1。

(8) 某架空送电线路采用单悬垂线夹 XGU-5A, 破坏荷重 70kN, 其最大使用荷载不应超过以下哪个数值? (2012)

- (A) 35kN (B) 28kN (C) 25.9kN (D) 30kN

► 答案: [B]

► 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 6.0.3 条: 金具强度的安全系数在最大荷载情况下不应小于 2.5, 即

$$K_1 = \frac{T_R}{T} \geq 2.5 \Rightarrow T \leq \frac{T_R}{2.5} = \frac{70}{2.5} \text{ kN} = 28 \text{ kN}$$

式中, K_1 为安全系数; T_R 为悬垂线夹的额定破坏荷载; T 为悬垂线夹最大使用荷载。

(9) 输电线路悬垂串采用 V 型串时, 可采用下列哪种方法? (2012)

- (A) V 型串两肢之间夹角的一半可比最大风偏角小 5°~10°
(B) V 型串两肢之间夹角的一半与最大风偏角相同
(C) V 型串两肢之间夹角的一半可比最大风偏角小 3°
(D) V 型串两肢之间夹角的一半可比最大风偏角小 5°

► 答案: [A]

► 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 6.0.8 条。

(10) 悬垂型杆塔 (不含大跨越悬垂型杆塔) 的断线情况, 应计算下列哪种载荷组? (2012)

- (A) 单回路杆塔, 单导线断任意一相导线, 地线未断
(B) 单回路杆塔, 单导线断任意一相导线, 断任意一根地线
(C) 双回路杆塔, 同一档内, 单导线断任意一相导线, 地线未断
(D) 多回路杆塔, 同一档内, 单导线断任意两相导线

► 答案: [A]

► 依据:《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 10.1.5 条。

(11) 中性点非直接接地系统在居民区的无地线钢筋混凝土杆和铁塔应接地,其接地电阻不应超过以下哪个数值? (2012)

- (A) 15Ω (B) 20Ω (C) 25Ω (D) 30Ω

► 答案: [D]

► 依据:《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 7.0.17 条。

(12) 架空送电线路每基杆塔都应良好接地,降低接地电阻的主要目的是 ()。(2012)

- (A) 减小入地电流引起的跨步电压
(B) 改善导线绝缘子串上的电压分布(类似于均压环的作用)
(C) 提高线路的反击耐雷水平
(D) 良好的工作接地,确保带电作业的安全

► 答案: [C]

► 依据:《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 第 5.1.2-c) 条:因雷击架空线路杆顶形成作用于线路绝缘的雷电反击过电压,与雷电参数、杆塔型式、高度与接地电阻有关;宜适当选取杆塔的接地电阻,以减少雷电反击过电压的危害。

(13) 选择送电线路的路径时,下列哪项原则是正确的? (2011)

- (A) 选择送电线路的路径,应避开易发生导线舞动地区
(B) 选择送电线路的路径,应避开重冰区、不良地质地带、原始森林区
(C) 选择送电线路的路径,宜避开重冰区、不良地质地带、原始森林区
(D) 选择送电线路的路径,应避开邻近电台、机场、弱电线路等

► 答案: [C]

► 依据:《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 3.0.3 条:路径选择宜避开不良地质地带和采动影响区,当无法避让时,应采取必要的措施;宜避开重冰区、导线易舞动区及影响安全运行的其他地区;宜避开原始森林、自然保护区和风景名胜,故 A、B 答案错误, C 答案正确。又由第 3.0.4 条:路径选择应考虑与电台、机场、弱电线路等临近设施的相互影响,故 D 答案错误。

► 分析: 本题解答跟第 (1) 题类似。

(14) 在轻冰区,对于耐张段长度,下列哪项要求是正确的? (2011)

- (A) 单导线线路不宜大于 10km
(B) 2 分裂导线线路不宜大于 10km
(C) 单导线线路不大于 10km
(D) 分裂导线线路不大于 10km

► 答案: [B]

上限应为拉断力的 25%，故有年平均运行张力的上限 $T_{\max} \geq 87500 \times 25\% \text{N} = 21875 \text{N}$

► 分析：本题并没有给出输电线路档距的情况，只能按无论档距大小处理。本题若取年平均运行张力是拉断力的 22%，则得不到正确答案。

(18) 某线路的导线年平均运行张力允许值为 35300N，导线在弧垂最低点的最大设计张力允许值为多少？(2011)

- (A) 56480N (B) 54680N (C) 46890N (D) 59870N

► 答案：[A]

► 依据：1) 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 5.0.13：考虑不论档距大小的情况，平均运行张力的上限应为拉断力的 25%，故有年平均运行张力上限=拉断力 $T_p \times 25\%$ 。从而有

$$T_p = 35300 \times 4 \text{N} = 141200 \text{N}$$

2) 根据第 5.0.7 条，导线和地线的设计安全系数不小于 2.5；根据式 (5.0.8)，导线的最大设计张力为

$$T_{\max} \leq \frac{T_p}{K_c} = \frac{141200}{2.5} \text{N} = 56480 \text{N}$$

► 分析：本题是上一题的反问题，理解了年平均运行张力，安全系数等概念后无难度。本题若取年平均运行张力是拉断力的 22%，则得不到正确答案。

(19) 在架空送电线路设计中，下面哪项要求是符合规程规定的？(2011)

- (A) 导、地线悬挂点的设计安全系数均应大于 2.25
(B) 在正常大风或正常覆冰时，弧垂最低点的最大张力不应超过拉断力的 60%
(C) 在稀有大风或稀有覆冰时，悬挂点的最大张力不应超过拉断力的 77%
(D) 在弧垂最低点，导、地线的张力设计安全系数宜大于 2.5

► 答案：[C]

► 依据：根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 5.0.7 条可知，A 答案错、D 答案错；根据第 5.0.9 条可知 B 答案错、C 答案对。

► 分析：本题考查各种工况下导线、地线悬挂点安全系数。

(20) 在海拔 500m 以下地区，有一单回 220kV 送电线路，采用三相 I 型绝缘子串的酒杯塔、绝缘子串长约为 3.0m、导线最大弧垂为 16m 时，线间距离不宜小于()。(2011)

- (A) 6.5m (B) 5.8m (C) 5.2m (D) 4.6m

► 答案：[B]

► 依据：根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 8.0.1 条、式 (8.0.1-1) 及表 8.0.1-1 可得

$$D = 0.4L_k + \frac{U}{110} + 0.65\sqrt{f_c} = \left(0.4 \times 3 + \frac{220}{110} + 0.65 \times \sqrt{16} \right) \text{m} = 5.8 \text{m}$$

► 分析：导线间距离与所使用绝缘子串型式、系统标称电压以及导线的最大弧垂有关。

(21) 某采用双地线的单回路架空送电线路, 相导线按水平排列, 地线间的水平距离为 25m, 导地线间的垂直距离不应小于 ()。(2011)

- (A) 4m (B) 5m (C) 6m (D) 7m

► 答案: [B]

► 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 7.0.15 条: 杆塔上两根地线之间的距离, 不应超过地线与导线间垂直距离的 5 倍。现在已知地线间水平距离为 25m, 设导地线间垂直距离为 l , 则有 $25\text{m} \leq 5l \Rightarrow l \geq 5\text{m}$ 。

(22) 中性点直接接地系统的三条架空送电线路经计算, 对邻近某条电信线路的噪声计电动势分别是 5.0mV、4.0mV、3.0mV, 则该电信线路的综合噪声计电动势应为下列哪项数值? (2011)

- (A) 5.0mV (B) 4.0mV (C) 7.1mV (D) 12.0mV

► 答案: [C]

► 依据: 《输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程》(DL/T 5033—2006) 第 6.1.1 条第 3 款: 对受多条输电线路干扰影响的电信线路, 应按平方和的平方根计算多条输电线路的合成干扰影响, 则有

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2} = \sqrt{5^2 + 4^2 + 3^2} \text{mV} = 7.1 \text{mV}$$

► 分析: 本题考查架空输电线路对邻近电信线路产生的噪声计电动势的计算。

(23) 某导线的单位自重为 1.113kg/m, 在最高气温时的水平张力为 18000N, 请问, 档距为 600m 时的最大弧垂约为多少米? (按平抛物线考虑) (2011)

- (A) 32m (B) 27m (C) 23m (D) 20m

► 答案: [B]

► 依据: 《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 表 3-3-1, 设导线的截面积为 S , 则有

$$f_m = \frac{\gamma l^2}{8\sigma_0} = \frac{\frac{1.113 \times 9.8}{S} \times 600^2}{8 \times \frac{18000}{S}} \text{m} = 27.3 \text{m}$$

► 分析: 本题考查各种工况、档距下的导线最大弧垂的计算。

(24) 若线路导线的自重比载为 $32.33 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$, 高温时的应力为 $52 \text{N}/\text{mm}^2$, 操作过电压工况时的应力为 $60 \text{N}/\text{mm}^2$, 某塔的水平档距为 400m, 高温时垂直档距为 300m, 则该塔操作过电压工况时的垂直档距为多少米? (2011)

- (A) 450m (B) 400m (C) 300m (D) 285m

► 答案: [D]

► 依据: 《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 式 (3-3-12): 高温时:

$$l_v = l_H + \frac{\sigma_0}{\gamma_v} \alpha \Rightarrow 300 = 400 + \frac{52}{32.33 \times 10^{-3}} \alpha \Rightarrow \alpha = -0.062$$

操作过电压工况:

$$l_v = l_H + \frac{\sigma_0}{\gamma_v} = (400 - \frac{60}{32.33 \times 10^{-3}} \times 0.062) \text{m} = 285 \text{m}$$

► 分析: 需要掌握水平档距和垂直档距的物理概念和计算公式。水平档距指的是当计算杆塔所承受的电线横向(风)荷载时, 其荷载通常近似认为是电线单位长度上的风压与杆塔两侧档距平均值的乘积。垂直档距指的是当计算杆塔所承受的电线垂直荷载时, 其荷载通常近似认为是电线单位长度垂直荷载与杆塔两侧电线最低点间水平距离的乘积。

(25) 海拔高度不超过 1000m 的地区, 220kV 线路的操作过电压及工频电压间隙应为下列哪项数值? (2011)

- (A) 1.52m, 0.578m (B) 1.45m, 0.55m (C) 1.3m, 0.5m (D) 1.62m, 0.58m

► 答案: [B]

► 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 7.0.9-1。

(26) 某 500kV 线路中, 一直线塔的前侧档距为 450m, 后侧档距为 550m, 该塔的水平档距为下列哪项数值? (2011)

- (A) 该塔的水平档距为 450m (B) 该塔的水平档距为 500m
(C) 该塔的水平档距为 550m (D) 该塔的水平档距为 1000m

► 答案: [B]

► 依据: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 式 (3-3-9) 有

$$l_H = \frac{l_1 + l_2}{2} = \frac{450 + 550}{2} \text{m} = 500 \text{m}$$

► 分析: 本题为直线塔, 不考虑档距两侧杆塔的高差。

(27) 高压送电线路设计中垂直档距的意义是 ()。(2008)

- (A) 杆塔两侧电线最低点之间的水平距离
(B) 杆塔两侧电线最低点之间的垂直距离
(C) 一档内的电线长度
(D) 悬挂点两侧档距之和的一半

► 答案: [A]

► 依据: 《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 第 183 页。

► 分析: 本题考查垂直档距的概念。

(28) 架空送电线路对电信线路干扰影响, 县电话局至县以下电话局的电话网络, 音频双线电话回路的噪声计电动势允许值为 ()。(2008)

- (A) 12mV (B) 10mV (C) 15mV (D) 30mV

► 答案: [B]

依据：《输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程》（DL/T 5033—2006）

第 4.2.1 条。

分析：考查架空送电线路对电信线路的干扰允许值。

（29）我国架空线路计算常用电线状态方程式，下列哪种说法是正确的？（2008）

- （A）一般状态方程是精确的悬链线状态方程简化后的结果
- （B）基于架空电线的观测数据和经验，根据弹性定律和热胀冷缩定律推导出来的公式
- （C）基于对架空电线的观测数据和经验，总结出来的公式
- （D）架空电线的曲线方程用抛物线描述，按照材料力学基本定律（弹性定律和热胀冷缩定律）导出的应力变化规律

答案：[D]

依据：由《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）式（3-3-1）可知，常用电线的状态方程是考虑电线的弹性伸长及温度伸长并利用两种气象状态下档内原始线长不变的原则列出来的。

分析：本题考查的是常用电线的状态方程。

（30）架空送电线路电线的悬点应力不能超过一定值，下面哪种说法是正确的？（2008）

- （A）电线悬点应力最大可以为年平均应力的 2.5 倍
- （B）电线悬点应力最大可以为年平均应力的 2.25 倍
- （C）电线悬点应力的安全系数不应小于 2.5 倍
- （D）电线悬点应力的安全系数不应小于 2.25 倍

答案：[D]

依据：《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）第 5.0.7 条。

分析：本题考查导线悬挂点应力安全系数。

（31）某架空送电线路给定离地高 10m 高的基准设计风速 $v=30\text{m/s}$ ，求离地高 20m 高时的基准风压（ ）。（2008）

- （A） 0.563kN/m^2
- （B） 0.411kN/m^2
- （C） 0.703kN/m^2
- （D） 0.432kN/m^2

答案：[C]

依据：先求出 20m 高度的风速，根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）式（3-1-7）有 20m 高度的风速为

$$v_s = v_T \left(\frac{h_s}{h_T} \right)^\alpha = 30 \times \left(\frac{20}{10} \right)^{0.16} \text{ m/s} = 33.52 \text{ m/s}$$

根据式（3-1-8）可得

$$P_0 = \frac{v_0^2}{1600} = \frac{33.52^2}{1600} \text{ kN/m}^2 = 0.702 \text{ kN/m}^2$$

分析：空气在地球表面流动时，就成为“风”。由于气流与地面摩擦而使气流（风速）降低，降低的速度与地面粗糙度有关，地面粗糙度越大，降低的越多。反过来，在地面上向上考察，风速随高度增加而增大，一般按指数公式进行计算，指数 α 与地面粗糙度

有关。通常认为,在离地面高度为 300~500m 时,风速不再受地面粗糙度的影响,亦即达到所谓的“梯度风速”,该高度称为“梯度风高度”。梯度风高度对 A、B、C、D 四类地区

分别为 300m、350m、400m、450m。风速随高度的变化可以用 $v_s = v_T \left(\frac{h_s}{h_1} \right)^\alpha$ 来计算。

(32) 220kV 送电线路在跨越电力线时,下列哪种说法是正确的?(2008)

- (A) 跨越电力线杆顶和跨越电力线档距中央的间隙要求一样
- (B) 跨越电力线杆顶的间隙要大于跨越电力线档距中央的间隙
- (C) 跨越电力线杆顶的间隙要小于跨越电力线档距中央的间隙
- (D) 跨越有地线电力线的间隙要小于跨越无地线电力线的间隙

► 答案: [A]

► 依据:《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010)表 13.0.11 备注:对 500kV 及 750kV,跨越电力线杆顶的间隙大于跨越电力线档距中央的间隙。对于 330kV 及以下两者的间隙要求是一样的。

(33) 送电线路在跨越标准轨距铁路、高速公路及一级公路时,对被跨越物距离计算,下列哪种说法是正确的?(2008)

- (A) 无论档距大小,最大弧垂应按导线温度 70℃ 计算
- (B) 无论档距大小,最大弧垂应按导线温度 40℃ 计算
- (C) 跨越档距超过 200m,最大弧垂应按导线温度 40℃ 计算
- (D) 跨越档距超过 200m,最大弧垂应按导线温度 70℃ 计算

► 答案: [D]

► 依据:《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010)第 13.0.1 条注 3。

► 分析:规范规定一般情况下,导线对地面、建筑物、树木、铁路、河流、管道、索道及各种架空线路的距离,应根据导线运行温度 40℃ (若导线按允许温度 80℃,导线运行温度取 50℃) 情况或覆冰情况求得的最大弧垂计算垂直距离。

(34) 交流 500kV 单回送电线路在非居民区的对地距离有两个标准,导线水平排列为 11m,导线三角排列为 10.5m,其主要原因是()。(2008)

- (A) 控制地面电场强度
- (B) 控制地面磁感应强度
- (C) 控制无线电干扰
- (D) 控制可听噪声

► 答案: [A]

► 依据:《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010)第 13.0.2 条文说明及表 13.0.2-1。

► 分析:输电线路通过非居民区的对地距离需要考虑静电场强的影响,避免引起的暂态电击对人体造成疼痛甚至人身伤亡事故。

(35) 架空送电线路导、地线是否需要采取防振措施主要与下列哪个因素有关?(2008)

- (A) 最大风速
- (B) 最低温度
- (C) 最大张力
- (D) 平均运行张力

► 答案：[C]

► 依据：由《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）第 5.0.13 条，防振措施主要与输电线路档距及输电走廊所处地区情况、导地线平均运行张力的上限（即最大张力）有关。

（36）下列金具哪项属于防振金具？（2008）

（A）防振锤 （B）悬垂线夹 （C）导线间隔棒 （D）联板

► 答案：[A]

► 依据：《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）表 5-2-1。

► 分析：悬垂线夹的作用是将导线固定在直线杆塔的悬垂绝缘子串上。导线间隔棒的作用是固定分裂导线排列的几何形状。联板的作用是将绝缘子组成两联、三联或者更多联，并将绝缘子串与杆塔横担或与线夹之间相连接等。

（37）220kV 送电线路通过果树、经济作物林或城市灌木林不应砍伐通道，其跨越最小垂直距离不应小于以下哪个数值？（2008）

（A）3.5m （B）3.0m （C）4.0m （D）4.5m

► 答案：[A]

► 依据：《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）表 13.0.6-3。

► 分析：输电线路的对地距离及交叉跨越情况很多，答题时只需对号入座即可。

2. 多项选择题

（1）对于同塔双回或多回路，杆塔上地线对边导线的保护角，应符合下列哪些要求？（2012）

（A）220kV 及以上线路的保护角均不宜大于 0°
 （B）110kV 线路的保护角不宜大于 10°
 （C）220kV 及以上线路的保护角均不宜大于 5°
 （D）110kV 线路的保护角不宜大于 15°

► 答案：[A、B]

► 依据：《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）第 7.0.14 条第 2 款。

（2）杆塔接地体的引出线以下哪些要求不正确？

（A）接地体引出线的截面不应小于 50mm^2 并应进行热稳定验算
 （B）接地引出线表面应进行有效的防腐处理
 （C）接地体引出线的截面不应小于 25mm^2 并应进行热稳定验算
 （D）接地体引出线的表面可不进行有效的防腐处理

► 答案：[C、D]

► 依据：《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）第 7.0.19 条第 3 款。

(3) 悬垂型杆塔的安装情况, 需要考虑下列哪些荷载组合?

- (A) 有一根地线进行挂线作业, 另一根地线尚未架设或已经架设, 部分导线已经架设
- (B) 提升导线、地线及其附件时的作用荷载
- (C) 导线及地锚线作业时的作用荷载
- (D) 有一根地线进行挂线作业, 另一根地线尚未架设或已经架设, 全部导线已经架设

▶ 答案: [B、C]

▶ 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 10.1.13 条第 1 款。

(4) 对于中冰区单回路悬垂型杆塔, 断线情况按断线、 -5°C 、有冰、无风荷载计算。断线荷载组合中下列哪种说法是正确的?

- (A) 中冰区单导线断任意一相导线 (分裂导线任意一相导线有纵向不平衡张力), 地线未断
- (B) 中冰区同一档内, 单导线断任意两相导线 (分裂导线任意两相导线有纵向不平衡张力), 地线未断
- (C) 断任意一根地线, 导线未断
- (D) 同一档内, 断任意一根地线, 单导线断任意一相导线 (分裂导线任意一相导线有纵向不平衡张力)

▶ 答案: [A、C]

▶ 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 10.1.5 条第 1 款。

(5) 某架空送电线路, 地线型号为 GJ-80, 选用悬垂线夹时, 下列说法哪些是正确的?

- (A) 最大荷载时安全系数应大于 2.5
- (B) 最大荷载时安全系数应大于 2.7
- (C) 线夹握力不应小于地线计算拉断力的 14%
- (D) 线夹握力不应小于地线计算拉断力的 24%

▶ 答案: [A、C]

▶ 依据: 根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 6.0.3 条, 可知 A 答案对。根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 表 5-2-2, 可知 C 答案对。

(6) 在海拔高度 1000m 以下地区, 带电作业时, 带电部分对杆塔与接地部分的间隙不应小于以下哪些数值?

- (A) 110kV 线路校验间隙 1.00m
- (B) 220kV 线路校验间隙 1.80m
- (C) 110kV 线路校验间隙 0.7m
- (D) 220kV 线路校验间隙 1.9m

► 答案：[A、B]

► 依据：《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）第 7.0.10 条及表 7.0.10。

（7）为限制 500kV 线路的潜供电流，可采用下列哪些措施？

- （A）高压并联电抗器中性点接小电抗
- （B）快速单相接地开关
- （C）装设良导体架空地线
- （D）线路断路器装设合闸电阻

► 答案：[A、B、C]

► 依据：《电力系统设计技术规程》（DL/T 5429—2009）第 9.2.3 条。

► 分析：1）在超高压系统中，为了提高供电的可靠性，多采用快速单相自动重合闸。当系统的一相因单相接地故障而被切除后，由于相间互感和相间电容的耦合作用，被切除的故障相在故障点仍流过一定数值的接地电流，这就是潜供电流。根据《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 14.4.1 条：应根据电力系统的情况按加速潜供电弧熄灭或抑制谐振过电压的要求选择小电抗器，可知高压并联电抗器中性点接小电抗器可抑制潜供电流。

2）随着电力建设的发展，电网间联络的加强，工频过电压的降低，使得 100km 左右的线路可以不装设并联电抗器。这些情况下，不能通过并联电抗器及中性点小电抗限制潜供电流，此时可以考虑采用快速接地开关（High Speed Ground Switch, HSGS）来加速潜供电弧的熄灭。这种方法是在故障相线路两侧断路器跳开后，先快速合上故障线路两侧的 HSGS，将接地点的潜供电流转移到电阻很小的两侧闭合的接地开关上，以促使接地点潜供电弧熄灭，然后打开 HSGS，利用开关的灭弧能力将其电弧强迫熄灭，最后再重合故障相线路。

3）带有架空地线的送电线路，在导线上流过的零序电流，将经过上面架空地线及地面返回，良导体的电阻较小，因而能流过较大的零序电流，因此可以抑制潜供电流。

4）根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》（DL/T 620—1997）第 4.2.1 条第 c）款，线路断路器合闸电阻的作用是限制线路合闸和重合闸过电压。

（8）下列哪些线路路径选择原则是正确的？（2011）

- （A）选择送电线路的路径，应避开严重影响安全运行的地区
- （B）选择送电线路的路径，宜避开严重影响安全运行的地区
- （C）选择送电线路的路径，应避开临近设施如电台、机场等
- （D）选择送电线路的路径，应考虑与邻近设施如电台、机场等的相互影响

► 答案：[A、D]

► 依据：《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）第 3.0.2 条、第 3.0.3 条、第 3.0.4 条。

► 分析：输电线路路径选择原则是常考题型，应注意区别“宜”和“应”。

（9）与横担连接的第一个金具应符合下列哪些要求？

- (A) 转动灵活且受力合理
- (B) 其强度应高于串内其他金具
- (C) 满足受力要求即可
- (D) 应与绝缘子的受力强度相等

▶ 答案: [A、B]

▶ 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 6.0.7 条。

(10) 绝缘子机械强度的安全系数下列说法哪些是正确的?

- (A) 在断线时绝缘子机械强度的安全系数不应小于 1.5
- (B) 在断线时绝缘子机械强度的安全系数不应小于 1.8
- (C) 在断联时绝缘子机械强度的安全系数不应小于 1.5
- (D) 在断联时绝缘子机械强度的安全系数不应小于 1.8

▶ 答案: [B、C]

▶ 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 6.0.1 条。

(11) 在轻冰区设计一条 220kV 架空线路, 采用 2 分裂导线, 对于耐张段长度, 下列哪些要求是正确的? (2011)

- (A) 不大于 10km
- (B) 不宜大于 10km
- (C) 不宜大于 5km
- (D) 在运行条件较差的地段, 耐张段长度应适当缩短

▶ 答案: [B、D]

▶ 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 3.0.7 条。

▶ 分析: 输电线路耐张段长度是常考题型。

(12) 大型发电厂和枢纽变电站的进出线, 两回或多回路相邻线路应统一规划, 下列哪些表述是不正确的? (2011)

- (A) 应按紧凑型线路架设
- (B) 宜按紧凑型线路架设
- (C) 在走廊拥挤地段应采用同杆塔架设
- (D) 在走廊拥挤地段宜采用同杆塔架设

▶ 答案: [A、C]

▶ 依据: 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 3.0.6 条。

▶ 分析: 对是否按紧凑型线路架设, 条文并没有具体规定, 但考虑 A、B 答案的互斥性, 应该选 A 答案。

(13) 电线的平均运行张力和防振措施, 下面哪些是不正确的? (T_p 为电线的拉断力) (2011)

- (A) 档距不超过 500m 的开阔地区、不采取防振措施时, 镀锌钢绞线的平均运行张力

上限为 $12\%T_p$

- (B) 档距不超过 500m 的开阔地区、不采取防振措施时，钢芯铝绞线的平均运行张力上限为 $18\%T_p$
- (C) 档距不超过 500m 的非开阔地区、不采取防振措施时，镀锌钢绞线的平均运行张力上限为 $22\%T_p$
- (D) 钢芯铝绞线的平均运行张力为 $25\%T_p$ 时，均需用防振锤（阻尼线）或另加护线条防振

► 答案：[B、C]

► 依据：《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）表 5.0.13。

► 分析：本题要求选择不正确的答案，需要细心地与规范对照。

(14) 架空送电线路中，电线应力随气象情况而变化，若在某种气象情况，指定电线应力不得超过某一数值，则该情况就成为设计中的一个控制条件。下面的表述哪些是正确的？（2011）

- (A) 最大使用应力，相应的气象条件为最大覆冰
- (B) 最大使用应力，相应的气象条件为平均气温
- (C) 平均运行应力，相应的气象条件为最低气温
- (D) 平均运行应力，相应的气象条件为平均气温

► 答案：[A、D]

► 依据：《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）第 186 页临界档距及其选定：电线上的应力随气象情况而变化，若在某种气象情况，指定电线应力不得超过某一数值，则该情况就成为设计中的一个控制条件。例如最大使用应力和平均运行应力，其相应的气象条件为最大荷载（风、冰），最低气温和平均气温。

► 分析：本题会引起歧义，但两个“和”字的前后内容应该是对应的。

(15) 某采用双地线的单回路架空送电线路，导线绝缘子串为 5m，地线的支架高度为 2m，不考虑地线串长和导地线弧垂差时，下面的两地线间水平距离哪些满足现行规定要求？（2011）

- (A) 30m
- (B) 32m
- (C) 34m
- (D) 36m

► 答案：[A、B、C]

► 依据：《110kV～750kV 架空输电线路设计规范》（GB 50545—2010）第 7.0.15 条规定：杆塔上两根地线之间的距离，不应超过地线与导线间垂直距离的 5 倍。本题中，不考虑地线串长和导地线弧垂差时，两根地线之间的距离 $L \leq 5 \times (5 + 2)m = 35m$ 。

► 分析：本题需要有一定的空间想象力。

(16) 对于 500kV 线路上下层相邻导线间或地线与相邻导线间的水平偏移，如无运行经验，下面的哪些设计要求是不正确的？（2011）

- (A) 10mm 冰厚、不宜小于 1.75m
- (B) 10mm 冰厚、不应小于 1.75m

(C) 无冰区、不宜小于 1.5m

(D) 无冰区、不应小于 1.5m

► 答案: [B、C、D]

► 依据:《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 8.0.2 及其注释:如无运行经验,覆冰地区上下层相邻导线间或地线与相邻导线间的最小水平偏移,宜符合表 8.0.2 的规定。查表 8.0.2 可得,对 500kV 线路上下层相邻导线间或地线与相邻导线间的水平偏移在设计冰厚 10mm 的情况下不宜小于 1.75m。无冰区可不考虑水平偏移。

► 分析:对无冰区,可不考虑水平偏移,故 C、D 应选为答案。

(17) 导线、地线架设后的塑性伸长应按制造厂提供的数据或通过试验确定。如无资料,钢芯铝绞线可采用的数值哪些是正确的?(2011)

(A) 铝钢截面比 7.71~7.91 时,塑性伸长 $4 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4}$

(B) 铝钢截面比 5.05~6.16 时,塑性伸长 $4 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-4}$

(C) 铝钢截面比 5.05~6.16 时,塑性伸长 $3 \times 10^{-4} \sim 4 \times 10^{-4}$

(D) 钢钢截面比 4.29~4.38 时,塑性伸长 $3 \times 10^{-4} \sim 4 \times 10^{-4}$

► 答案: [A、C]

► 依据:《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 5.0.15。

► 分析:铝钢截面比与送电线路的塑性伸长有密切关系。

(18) 高压送电线路设计中,下面哪些要求是正确的?(2011)

(A) 风速 $V \leq 20\text{m/s}$, 计算 500kV 杆塔荷载时,风荷载调整系数取 1.00

(B) 风速 $20 < V < 27\text{m/s}$, 计算 500kV 杆塔荷载时,风荷载调整系数取 1.10

(C) 风速 $27 \leq V < 31.5\text{m/s}$, 计算 500kV 杆塔荷载时,风荷载调整系数取 1.20

(D) 风速 $V \geq 31.5\text{m/s}$, 计算 500kV 杆塔荷载时,风荷载调整系数取 1.30

► 答案: [B、C、D]

► 依据:《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 10.1.18-1。

► 分析:答这种类型的题目需要仔细,题目本身没有难度。

(19) 高压送电线路设计中,对于安装工况的附加荷载,下列哪些是正确的?(2011)

(A) 220kV、直线杆塔、地线的附加荷载:1500N

(B) 220kV、直线杆塔、导线的附加荷载:2000N

(C) 330kV、耐张转角塔、导线的附加荷载:4500N

(D) 330kV、耐张转角塔、地线的附加荷载:2000N

► 答案: [C、D]

► 依据:《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 表 6-2-8, 或根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 10.1.13。

(20) 建设 500kV 紧凑型架空送电线路的目的主要有()。(2008)

(A) 减小线路自然波阻抗

(B) 增大线路自然输送容量

(C) 减小线路本体投资

(D) 降低电磁环境影响

► 答案: [A、B、D]

► 依据:《220kV~500kV 紧凑型架空送电线路设计技术规定》(DL/T 5217—2005)前言及其条文说明。

► 分析:紧凑型架空送电线路的目的还有一个是能有效压缩送电线路走廊。

(21) 中性点直接接地系统的架空送电线路,对音频双线电话的干扰影响应符合下列哪些规定?(2008)

(A) 应按送电线路正常运行状态计算

(B) 应按送电线路单相接地短路故障状态计算

(C) 不应计算干扰影响

(D) 应考虑送电线路基波、谐波电流和电压的感应影响

► 答案: [A、D]

► 依据:《输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程》(DL/T 5033—2006)第 6.1.1 条。

(22) 架空送电线路用降温法补偿导线、地线初伸长时,降温温度与下列哪些因素无关?(2008)

(A) 代表档距

(B) 观测档长度

(C) 电线的铝钢比

(D) 被跨越物

► 答案: [A、B、D]

► 依据:《110~500kV 架空送电线路设计规程》(DL/T 5092—1992)等 7.0.6 条及表 7.0.6-2。

► 分析:根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010)第 5.0.15 条及表 5.0.15 也可得到答案。

(23) 架空输电线路在跨越下列哪些电压等级的电力线时,导、地线不得有接头?(2008)

(A) 35kV

(B) 66kV

(C) 110kV

(D) 220kV

► 答案: [C、D]

► 依据:《110~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999)表 16.0.10。

► 分析:根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010)表 13.0.11 也可得到答案。

(24) 送电线路的导体与地面、建筑物、树木、铁路、道路、架空线等的距离计算中,下列哪些说法是正确的?(2008)

(A) 应考虑由于电流、太阳辐射等引起的弧垂增大

(B) 可不考虑由于电流、太阳辐射等引起的弧垂增大

(C) 计及导线架线后塑性伸长的影响

(D) 计及设计施工的误差

► 答案: [B、C、D]

► 依据: 《110~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999) 16.0.1 条。

► 分析: 根据《110~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 13.0.1 条也可得到答案。

(25) 采用分裂导线的架空送电线路, 确定间隔棒安装距离考虑的主要因素有()。
(2008)

(A) 导线的最大使用张力

(B) 电磁吸引力的大小

(C) 次档距振荡

(D) 防振要求

► 答案: [A、C、D]

► 依据: 《110~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999) 表 7.0.5。

► 分析: 根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 5.0.13 及《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 第 317 页有关叙述也可得到答案。

(26) 架空送电线铁塔遭受雷电击后跳闸, 雷电流如下分流, 哪些说法不正确?(2008)

(A) 全部沿地线身前和身后分为两路前进

(B) 一部分沿塔身经接地电阻入地, 其余沿地线分流

(C) 约三等分, 分别沿地线、导线、塔身泻出

(D) 约三等分, 分别沿地线、导线、对地电容泄入大地

► 答案: [A、C、D]

► 依据: 《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 第 122 页相关叙述。

3. 案例题

题 1: 某单回路 500kV 架空送电线路, 设计覆冰厚度为 10mm。某直线塔的最大设计档距为 800m, 使用的悬垂绝缘子串 (I 串) 长度为 5m, 地线串长度为 0.5m。(假定直线塔有相同的导线、地线布置)(提示: $K = \frac{P}{8T}$)(2012)

(1) 地线与相邻导线间的最小水平偏移宜为下列哪项值?

(A) 0.5m

(B) 1.75m

(C) 1.0m

(D) 1.5m

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 8.0.2 知: 对 500kV 输电线路, 在覆冰厚度为 10mm 的情况下, 地线与相邻导线间的最小水平偏移距离宜为 1.75m。

(2) 若线路按三角形布置考虑, 导线挂点间的水平投影距离为 8m, 垂直投影距离为 5m, 其等效水平线间距离为下列哪项值?

(A) 10.0m

(B) 10.41m

(C) 9.43m

(D) 11.41m

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 式 (8.0.1-2) 知:

$$D_x = \sqrt{D_p^2 + (4/3 D_z)^2} = \sqrt{8^2 + (4/3 \times 5)^2} \text{m} \approx 10.41 \text{m}$$

式中, D_x 为导线三角形排列的等效水平线间距离; D_p 为导线水平投影距离; D_z 为导线垂直投影距离。

(3) 若最大弧垂 K 值为 8×10^{-5} , 相导线按水平排列, 则相导线最小水平线间距离为下列哪项值?

- (A) 12.63m (B) 9.27m (C) 11.20m (D) 13.23m

► 答案: [C]

► 解答过程: 本题根据题意, 最大设计档距为 800m, 根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 式 (8.0.1-1) 有:

$$\begin{aligned} D &= k_1 L_K + \frac{U}{110} + 0.65 \sqrt{f_c} = 0.4 L_K + \frac{U}{110} + 0.65 \sqrt{K l^2} \\ &= \left(0.4 \times 5 + \frac{500}{110} + 0.65 \times \sqrt{8 \times 10^{-5} \times 800} \right) \text{m} \approx 11.20 \text{m} \end{aligned}$$

► 分析: 本题应知道 $f_c = K l^2$, 否则不易作答。

(4) 若导线按水平布置, 线间距离为 12m, 导线最大弧垂时 K 值为 8×10^{-5} , 请问最大档距可用到多少米? (提示: $K = \frac{P}{8T}$)

- (A) 825m (B) 1720m (C) 938m (D) 1282m

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 式 (8.0.1-1) 有:

$$\begin{aligned} D_x &= k_1 L_K + \frac{U}{110} + 0.65 \sqrt{f_c} = 0.4 L_K + \frac{U}{110} + 0.65 \sqrt{K l^2} \\ &= 0.4 \times 5 + \frac{500}{110} + 0.65 \times \sqrt{8 \times 10^{-5} \times l} = 12 \\ \Rightarrow l &= 938 \text{m} \end{aligned}$$

(5) 若导线为水平排列, 并应用于无冰区时, 从张力曲线知道气温为 15°C , 无风、无冰时档距中央导地线的弧垂差为 2m, 计算地线串悬挂点应比导线串挂点至少高多少? (不考虑水平位移)

- (A) 3.60m (B) 4.10m (C) 6.10m (D) 2.10m

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 式

(7.0.5): 一般档距中央, 导线与地线间的距离, 应按下式校验:

$$S \geq 0.012L + 1\text{m} = (0.012 \times 800 + 1)\text{m} = 10.6\text{m}$$

设地线串挂点比导线串挂点至少高出 h , 依题意有:

$$S = h + 5\text{m} + 2\text{m} - 0.5\text{m} = 10.6\text{m} \Rightarrow h = 4.1\text{m}$$

分析: 注意本题不考虑水平偏移, 难度比 2006 年的考题有所降低, 示意图见图 14-1。

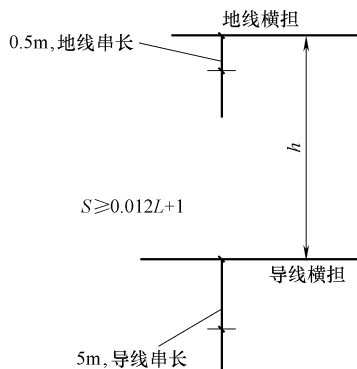


图 14-1

题 2: 某 500kV 送电线路, 导线采用四分裂导线, 导线的直径为 26.82mm, 截面为 425.24mm², 单位长度质量为 1.349kg/m, 设计最大覆冰厚度为 10mm, 同时风速为 10m/s, 导线最大使用应力为 92.85N/mm², 不计绝缘子的荷载 (提示 $g=9.8$, 冰的密度为 0.9g/cm³)。 (2012)

(1) 线路某直线塔的水平档距为 400m, 大风 (风速为 30m/s) 时, 电线的水平单位荷载为 12N/m, 风压高度系数为 1.05, 计算该塔荷载时 90° 大风的每相水平荷载为下列何值?

- (A) 20160N (B) 24192N (C) 23040N (D) 6048N

答案: [C]

解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 式 (3-1-14) 有:

$$W_X = g_H l_H \beta_C \sin^2 \theta = 12 \times 400 \times 1.2\text{N} = 5760\text{N}$$

由于导线采用四分裂, 故每相水平荷载为

$$5760 \times 4\text{N} = 23040\text{N}$$

分析: 本题已经知道水平单位荷载, 不需要用式 (3-14) 计算, 由于大风时是否处于结冰状态未知, 故也不宜使用《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 式 (10.1.18-1) 进行计算。

(2) 该塔垂直档距为 650m, 覆冰时每相垂直荷载为下列何值?

- (A) 60892N (B) 14573N (C) 23040N (D) 46048N

答案: [A]

解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 表 3.2-3: 线路覆冰时自重加冰重力荷载为

$$\begin{aligned} g_1 + g_2 &= 9.8p_1 + 9.8 \times 0.9\pi\delta(\delta + d) \times 10^{-3} \\ &= 9.8 \times 1.349\text{N/m} + 9.8 \times 0.9 \times \pi \times 10 \times (10 + 26.82) \times 10^{-3}\text{N/m} \\ &= 23.42\text{N/m} \end{aligned}$$

结合垂直档距的定义, 每相垂直荷载为

$$23.42 \times 650 \times 4\text{N} = 60892\text{N}$$

(3) 请计算用于山区的直线塔导线断线时纵向不平衡张力为下列哪项?

- (A) 31587N (B) 24192N (C) 39484N (D) 9871N

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 10.0.7, 对山区直线塔、双分裂以上导线的导、地线断线的不平衡张力取 25%, 由题目已知导线最大使用应力为 92.85N/mm^2 , 可得导线的拉断力为

$$92.85 \times 425.24\text{N} = 39483.5\text{N}$$

从而得到导线断线的不平衡张力为

$$39483.5\text{N} \times 25\% \approx 9871\text{N}$$

(4) 请计算 0° 耐张塔断线时的断线张力为下列何值?

- (A) 110554N (B) 157934N (C) 39484N (D) 27638N

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 10.1.7, 对山区耐张塔、双分裂以上导线的导、地线断线的不平衡张力取 70%, 由题目已知导线最大使用应力为 92.85N/mm^2 , 可得导线的拉断力为

$$92.85 \times 425.24\text{N} = 39483.5\text{N}$$

从而得不平衡张力为

$$39483.5\text{N} \times 70\% \approx 27638\text{N}$$

(5) 请计算直线塔在不均匀覆冰情况下导线不平衡张力?

- (A) 15793N (B) 110554N (C) 3948.4N (D) 27638N

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 表 10.1.8, 直线塔, 10mm 冰区不均匀覆冰情况的导线不平衡张力取 10%。

由题目已知导线最大使用应力为 92.85N/mm^2 , 可得导线的拉断力为

$$92.85 \times 425.24\text{N} = 39483.5\text{N}$$

从而得到不均匀覆冰情况下导线的平衡张力为

$$39483.5\text{N} \times 10\% \approx 3948.4\text{N}$$

题 3: 某架空送电线路, 有一档的档距 $l=1000\text{m}$, 悬点高差 $h=150\text{m}$, 最高气温时导线最低点应力为 50N/mm^2 , 垂直比载 $\gamma=25 \times 10^{-3}\text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ 。(2012)

(1) 电线应力弧垂公式 $f_m = \frac{\gamma l^2}{8\sigma}$ 属于哪一类公式?

- (A) 经验公式 (B) 平抛物线公式 (C) 斜抛物线公式 (D) 悬链线公式

► 答案: [B]

(2) 用悬链线公式, 在最高气温时档内线长最接近下列哪项数值?

- (A) 1021.67m (B) 1021.52m (C) 1000m (D) 1011.55m

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路手册》(第二版) 表 3-3-1 公式有:

$$L = \sqrt{\frac{4\sigma_0^2}{\gamma^2} sh^2 \frac{\gamma l}{2\sigma_0} + h^2} = \sqrt{\frac{4 \times 50^2}{(2.5 \times 10^{-2})^2} sh^2 \frac{2.5 \times 10^{-2} \times 1000}{2 \times 50} + 150^2} \text{m} = 1021.52 \text{m}$$

(3) 用斜抛物线计算最大弧垂为 ()。

- (A) 62.5m (B) 63.2m (C) 65.5m (D) 61.3m

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)表 3-3-1 公式有:

$$f_m = \frac{\gamma l^2}{8\sigma_0 \cos \beta} = \frac{2.5 \times 10^{-2} \times 1000^2}{8 \times 50 \times 0.9889} \text{m} = 63.2 \text{m}$$

$$\left(\tan \beta = \frac{h}{l} = \frac{150}{1000} = 0.15 \Rightarrow \cos \beta = 0.9889 \right)$$

(4) 用斜抛物线计算距一端 350m 的弧垂为 ()。

- (A) 56.9m (B) 58.7m (C) 57.5m (D) 55.6m

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)表 3-3-1 公式有:

$$f_x' = \frac{4x'}{l} \left(1 - \frac{x'}{l} \right) f_m = \frac{4 \times 350}{1000} \left(1 - \frac{350}{1000} \right) \times 63.2 \text{m} = 57.512 \text{m}$$

式中, f_m 为最大弧垂, 上题已求出。

(5) 请采用平抛物线计算 $L=1000\text{m}$ 档内高塔侧导线最高气温时温悬垂角是下列哪项数值?

- (A) 8.53° (B) 14° (C) 5.7° (D) 21.8°

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)表 3-3-1 公式有:

$$\theta_B = \arctan \left(\frac{\gamma l}{2\sigma_0} + \frac{h}{l} \right) = \arctan \left(\frac{2.5 \times 10^{-2} \times 1000}{2 \times 50} + \frac{150}{1000} \right) = 21.8^\circ$$

题 4: 500kV 单回架空送电线路, 4 分裂相导线, 导线分裂间距为 450mm, 三相导线水平排列, 间距 12m, 导线直径为 26.82mm。(2011)

(1) 欲用 4 分裂相导线, 以经济电流密度 $j=0.90\text{A}/\text{mm}^2$ 、功率因数为 0.95, 输送有功功率为 1200MW, 算出 1 根铝子导线的截面最接近下列哪项数值?

- (A) 702mm^2 (B) 385mm^2 (C) 405mm^2 (D) 365mm^2

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程:

$$I_g = \frac{P}{\sqrt{3}U_N \cos \varphi} = \frac{1200}{\sqrt{3} \times 500 \times 0.95} \text{ kA} = 1.459 \text{ kA}$$

$$s = \frac{I_g}{j} = \frac{1459}{0.9} \text{ mm}^2 = 1621 \text{ mm}^2$$

采用 4 分裂导线，则每根子导线的截面积为

$$\frac{s}{4} = \frac{1621}{4} \text{ mm}^2 = 405 \text{ mm}^2$$

(2) 请计算相导线间几何均距为下列哪项数值？

- (A) 12.0m (B) 15.1m (C) 13.6m (D) 14.5m

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）式（2-1-3）得

$$d_m = \sqrt[3]{d_{ab}d_{bc}d_{ca}} = \sqrt[3]{12 \times 12 \times 24} \text{ m} = 15.1 \text{ m}$$

(3) 线路的正序电抗为 $0.3 \Omega/\text{km}$ ，正序电纳为 $4.5 \times 10^{-6} \text{ S/km}$ ，请计算线路的波阻抗 Z_c 最接近下列哪项数值？

- (A) 258.2 Ω (B) 66.7 Ω (C) 387.3 Ω (D) 377.8 Ω

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）式（2-1-41）得

$$Z_c = Z_n = \sqrt{\frac{X_1}{b_1}} = \sqrt{\frac{0.3}{4.5 \times 10^{-6}}} \Omega = 258.2 \Omega$$

(4) 线路的波阻抗 $Z_c = 250 \Omega$ ，请计算线路的自然功率 P_λ 最接近下列哪项数值？

- (A) 1102.5MW (B) 970.8MW (C) 858.6MW (D) 1000.0MW

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）式（2-1-42）得

$$P_\lambda = P_n = \frac{U^2}{Z_n} = \frac{500^2}{250} \text{ MW} = 1000 \text{ MW}$$

题 5：110kV 架空送电线路架设双地线，采用具有代表性的酒杯塔，塔的全高为 33m，双地线对边相导线的保护角为 10° ，导线、地线高度差为 3.5m，地线平均高度为 20m，导线平均高度为 15m，导线为 LGJ-500/35（直径 $d=30\text{mm}$ ）钢芯铝绞线，两边相间距 $d_{13}=10.0\text{m}$ ，中边相间距 $d_{12}=d_{23}=5\text{m}$ ，塔头空气间隙的 50%放电电压 $U_{50\%}$ 为 800kV。（2011）

(1) 每相的平均电抗值 X_1 为下列哪项？（提示：频率为 50Hz）

- (A) 0.380 Ω/km (B) 0.423 Ω/km (C) 0.394 Ω/km (D) 0.420 Ω/km

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）式（2-1-2）有

$$X_1 = 0.0029 f \lg \frac{d_m}{r_c}$$

式中

$$d_m = \sqrt[3]{d_{12}d_{13}d_{23}} = \sqrt[3]{10 \times 5 \times 5} \text{m} = 6.3 \text{m};$$

$$r_e = 0.779r = 0.779 \times 0.015 \text{m} = 0.011685 \text{m}.$$

$$\Rightarrow X_1 = 0.0029 \times 50 \times \lg \frac{6.3}{0.011685} \Omega/\text{km} = 0.396 \Omega/\text{km}$$

(2) 设相导线电抗 $X_1=0.4 \Omega/\text{km}$, 电纳 $b_1=3.0 \times 10^{-6} (\Omega \cdot \text{km})^{-1}$, 雷击导线时, 其耐雷水平为下列哪项值? (保留两位小数)

- (A) 8.00kA (B) 8.77kA (C) 8.12kA (D) 9.75kA

► 答案: [B]

► 解答过程: 解法 1: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 式 (2-7-39) 有

$$I_2 = \frac{4U_{50\%}}{Z} = \frac{4U_{50\%}}{\sqrt{X_1/b_1}} = \frac{4 \times 800}{\sqrt{0.4/3.0 \times 10^{-6}}} \text{kA} = 8.77 \text{kA}$$

解法 2: 根据《交流电气装置的过电压保护与绝缘配合》(DL/T 620—1997) 式 (C23) 有

$$I_2 = \frac{U_{50\%}}{100} = \frac{800}{100} \text{kA} = 8 \text{kA}$$

► 分析: 解法 1 和解法 2 答案不同, 原因在于解法 2 的波阻抗等于 400Ω , 本题中给出了电抗和电纳值, 波阻抗需要重新算, 故答案应该选 B。

(3) 若线路位于我国的一般雷电地区 (雷电日为 40 天) 的山地, 且雷击杆塔和导线时的耐雷水平分别为 75kA 和 10kA, 雷击次数为 25 次/(100km·年), 建弧率 $\eta=0.8$, 线路的跳闸率为下列哪项值? (按《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 计算, 保留三位小数)

- (A) 1.176 次/(100km·年) (B) 0.809 次/(100km·年)
(C) 0.735 次/(100km·年) (D) 0.603 次/(100km·年)

► 答案: [C]

► 解答过程: 1) 根据《交流电气装置的过电压保护与绝缘配合》(DL/T 620—1997) 式 (C24) 有

$$N = N_L \eta (gP_1 + P'_a P_2)$$

式中, N_L 为每 100km 每年的雷击次数, 由题目可知 $N_L=25$, η 为建弧率, 本题中取 $\eta=0.8$ 。

2) P_1 为超过雷击塔顶部时耐雷水平的雷电流概率, 由式 (C1) 可得

$$\lg P_1 = -\frac{I}{88} = -\frac{75}{88} \Rightarrow P_1 = 0.142$$

3) P_2 为超过雷绕击导线时耐雷水平的雷电流概率, 由式 (C1) 可得

$$\lg P_2 = -\frac{I}{88} = -\frac{10}{88} \Rightarrow P_2 = 0.77$$

4) 对于山地

$$\lg P_a' = \frac{\alpha\sqrt{h_t}}{86} - 3.35 = \frac{10\sqrt{33}}{86} - 3.35 = -2.68 \Rightarrow P_a' = 0.0021$$

5) g 为击杆率, 由表 C4 可得

$$g = \frac{1}{4}$$

把以上参数的值代入可得

$$N = 25 \times 0.8 \times \left(\frac{1}{4} \times 0.142 + 0.0021 \times 0.77 \right) \text{次}/(100\text{km} \cdot \text{年}) = 0.737 \text{次}/(100\text{km} \cdot \text{年})$$

(4) 使线路的绕击概率不大于 0.20%, 若为平原地区线路, 地线对边导线的保护角应控制在多少度以内?

- (A) 9.75° (B) 17.98° (C) 23.10° (D) 14.73°

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 式 (C19) 可得

$$\lg P_a' = \frac{\alpha\sqrt{h_t}}{86} - 3.9$$

本题中已知 $P_a' = 0.2\%$, 从而有

$$\begin{aligned} \frac{\alpha\sqrt{h_t}}{86} - 3.9 &= \lg \frac{0.2}{100} \\ \Rightarrow \frac{\alpha\sqrt{33}}{86} - 3.9 &= -2.7 \\ \Rightarrow \alpha\sqrt{33} &= 1.2 \\ \Rightarrow \alpha &= 17.96^\circ \end{aligned}$$

题 6: 某单回路 500kV 架空送电线路, 采用 4 分裂 LGJ-400/35 导线。导线的基本参数见表 14-1。

表 14-1 导线的基本参数

导线型号	拉断力/N	外径/mm	截面/mm ²	单重/(kg/m)	弹性系数/(N/mm ²)	线膨胀系数/(1/°C)
LGJ-400/35	98707.5	26.82	425.24	1.349	65000	20×10^{-6}

注: 拉断力为试验保证拉断力。

该线路的主要气象条件为: 最高温度 40°C , 最低温度 -20°C , 年平均气温 15°C , 最大风速 30m/s (同时气温 -5°C), 最大覆冰厚度 10mm (同时气温 -5°C , 同时风速 10m/s 。且重力加速度取 10)。(2011)

(1) 最大覆冰时的水平风比载为下列哪项值?

- (A) $7.57 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ (B) $8.26 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$
(C) $24.47 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ (D) $15.23 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$

► 答案: [B]

► 解答过程：根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）表 3-2-3 及表 3-1-15 可知覆冰时的风荷载为

$$\gamma_5 = \frac{g_5}{A} = \frac{0.625v^2(d+2\delta)\alpha\mu_{sc}\times 10^{-3}}{A} = \frac{0.625\times 10^2\times (26.82+2\times 10)\times 1\times 1.2\times 10^{-3}}{425.24} \text{ N}/(\text{m}\cdot\text{mm}^2)$$

$$= 8.26\times 10^{-3} \text{ N}/(\text{m}\cdot\text{mm}^2)$$

式中， $\mu_{sc}=1.2$ ，为电线受风体型系数； $\alpha=1$ ，为电线风压不均匀系数。以上两个参数可查表 3-1-15 得到。

(2) 若该导线的最大使用张力为 39483N，请计算导线的最大悬点张力大于下列哪项值时，需要放松导线？

- (A) 43870N (B) 43431N (C) 39483N (D) 59224N

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）第 184 页有关叙述可知，如果线路上的档距超过相应高差时的极大档距，则必须放松导线应力才符合规程要求。此时悬挂点的应力应保持为破坏应力的 44%，而弧垂最低点的应力则为破坏应力的 40%乘以放松系数。本题中，悬挂点的应力应该为破坏应力的 44%，可得悬挂点应力为 $98707.5\text{N}\times 44\%=43431.3\text{N}$ 。而弧垂最低点的应力为 39483N，刚好为 $98707.5\text{N}\times 40\%=39483\text{N}$ 。此时尚不需要放松导线，但当悬挂点应力大于 43431.3N 时，即导线的最大使用张力大于 39483N 时，就需要放松导线了（注意：在放松导线时，悬挂点应力保持为破坏应力的 44%，而弧垂最低点的应力则为破坏应力的 40%乘以放松系数）。

(3) 若代表档距为 500m，年平均气温条件下的应力为 $50\text{N}/\text{mm}^2$ 时，最高气温时的应力最接近下列哪项数值？

- (A) $58.5\text{N}/\text{mm}^2$ (B) $47.4\text{N}/\text{mm}^2$ (C) $50.1\text{N}/\text{mm}^2$ (D) $51.4\text{N}/\text{mm}^2$

► 答案：[B]

► 解答过程：1) 根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）式 (3-3-1) 有

$$\sigma_m - \frac{\gamma_m^2 l^2 E}{24\sigma_m^2} = \sigma - \frac{\gamma^2 l^2 E}{24\sigma^2} - \alpha E(t_m - t)$$

2) 本题中已知 σ_m 、 γ_m 、 E 、 t_m 、 t 等值，要求 σ ，由题意有

$$\gamma_m = \gamma = \frac{g_l}{A} = \frac{10\times 1.349}{425.24} = 0.031$$

$$\Rightarrow 50 - \frac{0.031^2 \times 500^2 \times 65000}{24 \times 50^2} = \sigma - \frac{0.031^2 \times 500^2 \times 65000}{24\sigma^2} - 20 \times 10^{-6} \times 65000 \times (15 - 40)$$

$$\Rightarrow \sigma - \frac{650677}{\sigma^2} = -243$$

把 A、B、C、D 四个答案代入，只有 B 答案满足上述方程，故选 B 为正确答案。

(4) 在校验杆塔间隙时，经常要考虑导线 Δf （导线在塔头处的弧垂）及其风偏角，若此时导线的水平比载 $\gamma_4 = 23.80 \times 10^{-3} \text{ N}/(\text{m}\cdot\text{mm}^2)$ ，那么，导线的风偏角为多少度？

- (A) 47.91° (B) 42.00° (C) 40.15° (D) 36.88°

► 答案: [D]

► 解答过程: 已知水平比载, 故先算出垂直比载, 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 表 3-2-3 自重力比载公式有

$$\gamma_1 = \frac{g_1}{A} = \frac{10 \times 1.349}{425.24} \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2) = 31.7 \times 10^{-3} \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$$

依题意:

$$\tan \varphi = \frac{\gamma_4}{\gamma_1} = \frac{23.8 \times 10^{-3}}{31.7 \times 10^{-3}} \Rightarrow \varphi \approx 36.88^\circ$$

► 分析: 本题的受力示意图 14-2。

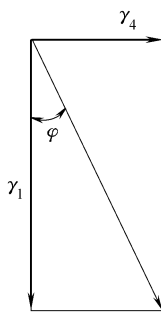


图 14-2

(5) 设年平均气温条件下的比载为 $30 \times 10^{-3} \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$, 水平应力为 50 N/mm^2 , 且某档的档距为 600 m , 悬点高差为 80 m , 该档的导线长度最接近下列哪项数值? (按平抛公式计算)

- (A) 608.57m (B) 605.13m (C) 603.24m (D) 602.52m

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 表 3-3-1 的公式。对于平抛物线档内线长为

$$L = l + \frac{h^2}{2l} + \frac{\gamma^2 l^3}{24\sigma_0^2} = \left[600 + \frac{80^2}{2 \times 600} + \frac{(30 \times 10^{-3})^2 \times 600^3}{24 \times 50^2} \right] \text{ m} = 608.57 \text{ m}$$

题 7: 某 500kV 架空送电线路设双地线, 具有代表性的铁塔为酒杯塔, 塔的全高为 45 m , 导线为 4 分裂 LGJ-500/45 (直径 $d=30 \text{ mm}$) 钢芯铝绞线, 采用 28 片 XP-160 ($H=155$) 悬垂绝缘子串, 线间距离为 12 m , 地线为 GJ-100 型镀锌钢绞线 (直径 $d=15 \text{ mm}$), 地线对边相导线的保护角为 10° , 地线平均高度为 30 m 。请解答下列各题。(2010)

(1) 若地线的自波阻抗为 540Ω , 两地线的互波阻抗为 70Ω , 两地线与边导线的互波阻抗分别为 55Ω 和 100Ω , 计算两地线共同对该边导线的几何耦合系数应为下列哪项数值?

- (A) 0.185 (B) 0.225 (C) 0.254 (D) 0.261

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 附录 C 式 (C7) 得

$$k_{12,3} = \frac{Z_{13} + Z_{23}}{Z_{11} + Z_{12}} = \frac{55 + 100}{540 + 70} = 0.254$$

式中, Z_{11} 为地线的自波阻抗; Z_{12} 为两地线互波阻抗; Z_{13} 为地线 1 对边导线 3 的互波阻抗; Z_{23} 为地线 2 对边导线 3 的互波阻抗。

(2) 若两地线共同对边导线的几何耦合系数为 0.26, 计算电晕下耦合系数为 (在雷直击塔顶时) ()。

- (A) 0.333 (B) 0.325 (C) 0.312 (D) 0.260

► 答案: [A]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 附录 C 的式 (C3) 及表 C1，导线和避雷线间的耦合系数 k 因电晕效应而增大，可按下式计算：

$$k = k_1 k_0 = 1.28 \times 0.26 = 0.333$$

(3) 若该线路所在地区雷电日为 40 天，两地线水平距离为 20m，请计算线路每 100km 每年雷击次数为 ()。

- (A) 56.0 (B) 50.6 (C) 40.3 (D) 39.2

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 附录 C 的式 (C11)，根据 $T_d = 40$ 的地区避雷线或导线平均高度为 h 的线路，线路每 100km 每年雷击次数为

$$N_L = 0.28 \times (b + 4h) = 0.28 \times (20 + 4 \times 30) = 39.2$$

(4) 若该线路所在地区为山区，请计算线路的绕击率为 ()。

- (A) 0.076% (B) 0.194% (C) 0.245% (D) 0.269%

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 附录 C8 的式 (C19)，对山区线路有

$$\lg P'_\alpha = \frac{\alpha \sqrt{h_t}}{86} - 3.35 = \frac{10\sqrt{45}}{86} - 3.35 = -2.57$$

从而得到

$$P'_\alpha = 0.269\%$$

式中， h_t 为杆塔高度； α 为避雷线对边导线的保护角。

故选 D 为正确答案。

(5) 为了使线路在平原地区的绕击率不大于 0.10%，请计算当杆塔高度为 55m，地线对边相导线的保护角应控制在多少以内？

- (A) 4.06° (B) 10.44° (C) 11.54° (D) 12.65°

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 附录 C 的 C8 的式 (C18)，对平原线路有

$$\begin{aligned} \lg P'_\alpha &= \frac{\alpha \sqrt{h_t}}{86} - 3.9 \\ \Rightarrow P'_\alpha &= 10^{\frac{\alpha \sqrt{h_t}}{86} - 3.9} \leq 0.1\% \\ \Rightarrow \frac{\alpha \sqrt{55}}{86} - 3.9 &\leq \lg 0.1\% = -3 \\ \Rightarrow \alpha &\leq 10.44^\circ \end{aligned}$$

故选 B 为正确答案。

题 8: 某单回 220kV 架空送电线路, 采用两分裂 LGJ300/40 导线, 气象条件见表 14-2。(2010)

表 14-2 气象条件

工 况	气 温	风速/(m/s)	冰厚/mm
最高气温	40	0	0
最低气温	-20	0	0
年平均气温	15	0	0
最大覆冰	-5	10	10
最大风速	-5	30	0

导线基本参数见表 14-3。

表 14-3 导线基本参数

导线型号	拉断力/N	外径/mm	截面/mm ²	单重/(kg/m)	弹性系数/(N/mm ²)	线膨胀系数/(1/℃)
LGJ300/40	87600	33.94	338.99	1.133	73000	19.6×10^{-6}

(1) 计算最大覆冰时的垂直比载(自重比载加冰重比载) γ_3 为何值? 已知 $g=9.8$ 。

- (A) $32.777 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$ (B) $27.747 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$
(C) $68.483 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$ (D) $54.534 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$

答案: [C]

解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)表 3-2-3 自重重力加冰重力荷载的比载为 γ_3 , 且

$$\begin{aligned}\gamma_3 &= \frac{g_3}{A} = \frac{g_1 + g_2}{A} = \frac{9.8p_1 + 9.8 \times 0.9\pi\delta(\delta + d) \times 10^{-3}}{A} \\ &= \frac{9.8 \times 1.133 + 9.8 \times 0.9 \times 3.14 \times 10 \times (10 + 33.94) \times 10^{-3}}{338.99} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2) \\ &= 68.6 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)\end{aligned}$$

(2) 计算最大风速工况下的风荷比载 γ_4 (计算杆塔用, 不计及风压高度变化系数)。

- (A) $29.794 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$ (B) $46.465 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$
(C) $32.773 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$ (D) $30.354 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$

答案: [B]

解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)表 3-1-14 和表 3-1-15 得

$$\mu_{sc} = 1.1, a = 0.75$$

由表 3-2-3 可得

$$\begin{aligned}\gamma_4 &= \frac{g_4}{A} = \frac{0.625 \times v^2 \times d a \mu_{sc} \times 10^{-3}}{A} = \frac{0.625 \times 30^2 \times 33.94 \times 0.75 \times 1.1 \times 10^{-3}}{338.99} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2) \\ &= 46.46 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)\end{aligned}$$

(3) 已知最低气温和最大覆冰是两个有效控制条件, 则存在有效临界档距为 ()。

(A) 155m

(B) 121m

(C) 92m

(D) 142m

► 答案: [D]

► 解答过程: 1) 最低气温时比载:

$$\gamma_1 = \frac{g_1}{A} = \frac{9.8 \times p_1}{A} = \frac{9.8 \times 1.133}{338.99} \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2) = 32.75 \times 10^{-3} \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$$

2) 最大覆冰时的综合比载:

自重加冰重为:

$$\gamma_3 = 68.6 \times 10^{-3} \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$$

覆冰时风荷载为

$$\gamma_5 = \frac{g_5}{A} = \frac{0.625 \times v^2 \times (d + 2\delta) \alpha u_{sc} \times 10^{-3}}{A} = \frac{0.625 \times 10^2 \times (33.94 + 20) \times 1 \times 1.1 \times 10^{-3}}{338.99} \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$$

$$= 10.94 \times 10^{-3} \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$$

则最大覆冰时的综合比载为

$$\gamma_7 = \sqrt{\gamma_3^2 + \gamma_5^2} = \sqrt{(68.6^2 + 10.94^2) \times 10^6} \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2) = 69.5 \times 10^{-3} \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$$

3) 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)式(3-3-19)、式(3-3-20)有

$$l_{cr} = \sigma_m \sqrt{\frac{24a(t_m - t_n)}{\gamma_1^2 - \gamma_7^2}} = \frac{\sigma_{ts}}{F} \sqrt{\frac{24a(t_m - t_n)}{\gamma_1^2 - \gamma_7^2}}$$

$$= \frac{87600}{338.99 \times 2.5} \times \sqrt{\frac{24 \times 19.6 \times 10^{-6} [-20 - (-5)]}{(32.75^2 - 69.5^2) \times 10^{-6}}} \text{ m} = 103.36 \times \sqrt{\frac{-7056}{32.75^2 - 69.5^2}} \text{ m}$$

$$= 103.36 \times 1.37 \text{ m} = 141.6 \text{ m}$$

式中, 2.5 为安全系数。

(4) 若导线在最大风时应力为 $100 \text{ N}/\text{mm}^2$, 最高气温时应力为 $50 \text{ N}/\text{mm}^2$, 某直线塔的水平档距为 400m, 最高气温时的垂直档距为 300m, 计算最大风速垂直档距为 ()。

(A) 600m

(B) 200m

(C) 350m

(D) 380m

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)式(3-3-11)、式(3-3-12), 本题为直线杆塔, 故有 $\sigma_{10} = \sigma_{20} = \sigma$ 。

$$l_v = l_H + \frac{\sigma_0}{\gamma_v} \alpha$$

最高气温时,

$$300 = l_H + \frac{\sigma_A}{\gamma_v} \alpha \Rightarrow \frac{\sigma_A}{\gamma_v} \alpha = -100 \Rightarrow \frac{\alpha}{\gamma_v} = -2$$

最大风速时,

$$l_v = l_H + \frac{\sigma_B}{\gamma_v} \alpha = (400 - 200) \text{ m} = 200 \text{ m}$$

(5) 若线路某气象条件下自重力比载为 $0.033 \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$, 冰重力比载为 $0.040 \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$, 风荷比载为 $0.020 \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$, 综合比载为 $0.0757 \text{ N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$, 导线水平

应力为 115N/mm^2 ，计算在该气象条件下档距为 400m 的最大垂弧为（ ）。

- (A) 13.2m (B) 12.7m (C) 10.4m (D) 8.5m

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）表 3-3-1 有关公式可得

$$f_m = \frac{\gamma l^2}{8\sigma_0} = \frac{0.0757 \times 400^2}{8 \times 115} \text{m} = 13.2\text{m}$$

► 分析：本题的关键在于知道公式中各个物理量的含义。

题 9：根据《110~500kV 架空送电线路设计技术规程》（DL/T 5092—1999），设计一条交流 500kV 单回架空送电线路，海拔为 2000m ，最大风速为 32m/s 。（2009）

(1) 运行电压应满足的空气间隙为（ ）。

- (A) 1.300m (B) 1.380m (C) 1.495m (D) 1.625m

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》（DL/T 5092—1999）第 9.0.6 条、第 9.0.7 条，以及表 9.0.6 可知，在海拔高度超过 1000m 地区，海拔高度每增加 100m ，操作过电压和运行电压的间隙，应较表 9.0.6 所列数值增加 1%。本题中海拔高度为 2000m ，查表 9.0.6 得 500kV 工频电压下带电部分与杆塔构件的最小间隙为 1.3m ，根据以上讨论可得本题的运行电压应满足的空气间隙为

$$1.3 \times \left(1 + \frac{2000 - 1000}{100} \times 1\% \right) \text{m} = 1.43\text{m}$$

(2) 操作过电压，取风速（ ）。

- (A) 10m/s (B) 15m/s (C) 32m/s (D) 16m/s

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》（DL/T 5092—1999）附录 A，操作过电压风速为 $0.5 \times \text{最大风速} = 0.5 \times 32\text{m/s} = 16\text{m/s}$ ，故选 D。

(3) 悬垂绝缘子串采用 155mm 盘式绝缘子（不考虑爬电比径），则需要的片数为（ ）。

- (A) 25 片 (B) 29 片 (C) 31 片 (D) 32 片

► 答案：[B]

► 解答过程：1) 根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》（DL/T 5092—1999）表 9.0.2 可得 500kV 绝缘子的基本片数取 25 片。

2) 根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》（DL/T 5092—1999）第 9.0.5 条知，在海拔高度为 $1000 \sim 3500\text{m}$ 的地区，绝缘子串的片数，如无运行经验，可按式 9.0.5 确定，即

$$n_h = n[1 + 0.1(H - 1)] = 25 \times [1 + 0.1 \times (2 - 1)] \text{片} = 27.5 \text{片}$$

3) 根据《导体和电器选择设计技术规定》（DL/T 5222—2005）第 21.0.5 条，考虑绝缘

子的老化, 330kV 及以上悬垂串需要预留 (1~2) 片零值绝缘子, 可得

$$n = n_h + (1 \sim 2) = 28.5 \sim 29.5$$

取 29 片。

► 分析: 绝缘子数选择的题几乎每年必考, 务必弄清楚。

(4) 悬垂绝缘子串采用 170mm 盘式绝缘子 (不考虑爬电比径), 则需要的片数为 ()。

(A) 25 片 (B) 27 片 (C) 29 片 (D) 32 片

► 答案: [B]

► 解答过程: 在第 (3) 题的基础上, 按两者爬电距离相等选取需要的绝缘子片数, 故有

$$29 \times 155 = x \times 170$$

$$\Rightarrow x = 26.4$$

(5) 若采用 31 片 155 mm 盘式绝缘子 (防雷电压 50 与放电间隙按线性考虑), 雷电过电压间隙为 ()。

(A) 3.3m (B) 4.1m (C) 3.8m (D) 3.7m

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999) 第 9.0.6 条、第 9.0.7 条以及表 9.0.6 可得, 500kV 带电部分与杆塔构件的最小间隙取 3.3m, 现绝缘子片数为 31 片, 在第 (3) 题的基础上, 雷电过电压间隙应该按比例增加为 $3.3 \times 31 / 29 = 3.53\text{m}$, 故取 3.7m。

题 10: 单回 500kV 架空线, 水平排列, 4 分裂 LGJ-300/40 导线, 截面积为 338.99mm^2 , 外径为 23.94mm, 单位重为 1.133kg/m, 线所在环境的主要气象条件见表 14-4。

最大弧垂计算为最高气温, 绝缘子串重为 200kg, (提示: 均用平抛物线公式) (2009)

表 14-4 主要气象条件

气象	垂直比载($\times 10^{-3}$)/ N/(m·mm ²)	水平比载($\times 10^{-3}$)/ N/(m·mm ²)	综合比载($\times 10^{-3}$)/ N/(m·mm ²)	水平应力/ (N/mm ²)
最高气温	32.78	0	32.78	53
最低气温	32.78	0	32.78	65
年平均气温	32.78	0	32.78	58
最大覆冰	60.54	9.53	61.28	103
最大风 (杆塔荷载)	32.78	32.14	45.91	82
最大风 (塔头风偏)	32.78	26.14	41.93	75

(1) 大风、水平档距为 500m, 垂直档距为 217m, 不计绝缘子串风压, 则绝缘子串风偏角为 ()。

(A) 51.1° (B) 52.6° (C) 59.1° (D) 66.6°

► 答案: [B]

► 解答过程：根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）式（2-6-44），悬垂绝缘子串风偏角为

$$\varphi = \arctan \left(\frac{P_j/2 + PL_h}{G_j/2 + W_l L_v} \right) = \arctan \left(\frac{0.02614 \times 500 \times 338.99}{200 \times 9.8/2 + 1.133 \times 9.8 \times 217} \right) = 52.58^\circ$$

（2）若耐张段内某档的档距为 1000m，导线悬点高差 300m，年平均气温下，该档较高侧导线悬垂角约为（ ）。

- （A）30.2° （B）31.4° （C）33.7° （D）34.3°

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）表 3-3-1 公式有

$$\theta_B = \arctan \left(\frac{\gamma l}{2\sigma_0} + \frac{h}{l} \right) = \arctan \left(\frac{0.03278 \times 1000}{2 \times 58} + \frac{300}{1000} \right) = 30.22^\circ$$

（3）当高差较大时，校安全系数，某档档距为 400m，导线悬点高差 150m，最大覆冰，高塔处导线悬点处应力为（ ）。

- （A）115.5N/mm² （B）106.4N/mm² （C）105.7N/mm² （D）104.5N/mm²

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）表 3-3-1 公式有

$$\sigma_B = \sigma_0 + \frac{\gamma^2 l_{OB}^2}{2\sigma_0} = \left(103 + \frac{0.06128^2 \times 830.3^2}{2 \times 103} \right) \text{N/mm}^2 = 115.57 \text{N/mm}^2$$

$$l_{OB} = \frac{l}{2} + \frac{\sigma_0}{\gamma} \tan \beta = \left(\frac{400}{2} + \frac{103}{0.06128} \times 0.375 \right) \text{m} = 830.3 \text{m}$$

$$\tan \beta = \frac{h}{l} = \frac{150}{400} = 0.375$$

或者

$$f_m = \frac{\gamma l^2}{8\sigma_0} = \frac{0.06128 \times 400^2}{8 \times 103} \text{m} = 11.9 \text{m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_B &= \sigma_0 + \gamma f_m \left(1 + \frac{h}{4f_m} \right)^2 = \left[103 + 0.06128 \times 11.9 \times \left(1 + \frac{150}{4 \times 11.9} \right)^2 \right] \text{N/mm}^2 \\ &= 115.56 \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

（4）排位时，该耐张段内某塔水平档距为 400m，垂直档距为 800m，不计绝缘子串重量、风压，应该采用的绝缘子串为（ ）。（不考虑断线、断联及常年满载工况，不计纵向张力差）

- （A）单联 120kN 绝缘子串 （B）单联 160kN 绝缘子串
（C）双联 210kN 绝缘子串 （D）双联 160kN 绝缘子串

► 答案：[C]

► 解答过程：由《电力工程电气设计手册 电气一次部分》附表 8-4 得 LGJ-300/40

导线计算拉断力为 92220N。根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999) 第 7.0.3 及第 8.0.1 条: 导线的设计安全系数不小于 2.5, 取 2.5, 则导线在最低点的最大张力 $T_{\max}=T_p/2.5=92220 \times 4/2.5=147552\text{N}$; 绝缘子最大使用荷载时, 安全系数不低于 2.7, 取 2.7, 故绝缘子的额定破坏荷载 $=2.7 \times 147552\text{N}=398.4\text{kN}$, 若选择双联串, 由以上讨论可知绝缘子串每联的破坏荷载为 $398.4/2=199.2\text{kN}$ 。故选 C 为正确答案。

题 11: 单回路 220kV 架空送电线路, 导线直径为 27.63mm, 截面为 451.55mm^2 , 单位长度质量为 1.511kg/m , 本线路在某档需跨越高速公路, 该档档距为 450m, 导线在 40°C 时最低点张力为 24.32kN, 导线在 70°C 时最低点张力为 23.1kN, 两塔均为直线塔, 悬垂串长度为 3.4m, $g=9.8\text{N/kg}$ 。(2008)

(1) 若某气象条件下(无冰)单位风荷载为 3N/m , 则该导线的综合荷载应为下列哪组数值?

- (A) 14.8N/m (B) 17.8N/m (C) 16.2N/m (D) 15.1N/m

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 第 3-2 节(电线的机械特性和比载) 第 177 页表 3-2-3 可得导线自重荷载为 $p_1 g = 1.511 \times 9.8\text{N/m} = 14.81\text{N/m}$ 。由已知条件导线风荷载 3N/m , 故综合荷载为 $\sqrt{14.81^2 + 3^2}\text{N/m} = 15.1\text{N/m}$, 故本题选 D。

(2) 假设跨越高速公路时, 两侧跨越直线塔呼称高度相同, 则两侧直线塔的呼称高应至少为下列哪项数值?(用平抛物线公式)

- (A) 27.6m (B) 26.8m (C) 24.2m (D) 28.6m

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程: 呼称高又称为杆塔呼称高、杆塔标志高, 指杆塔最下层横担的绝缘子悬挂点至地面水平面的垂直距离。为计算出呼称高, 先应算出最大弧垂, 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 表 3.3-1, 使用平抛物线时, 最大弧垂的计算公式为

$$f_m = \frac{\gamma l^2}{8\sigma_0} = \frac{1.511 \times 9.8 / 451.55 \times 450^2}{8 \times \frac{23100}{451.55}} \text{m} = 16.23\text{m}$$

根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999) 表 16.0.10, 220kV 送电线路跨越高速公路, 最小垂直距离为 8m。故该高速公路两侧线塔的呼称高的高度最小为 16.2m (弧垂) $+ 8\text{m}$ (最小净空距离) $+ 3.4\text{m}$ (悬垂串长度) $= 27.6\text{m}$ 。故本题选 A。

▶ 分析: 根据呼称高的定义, 应该是悬垂绝缘子串悬挂点至地面水平面之间的距离, 应该计入悬垂串的长度。

(3) 求在跨越档中距铁塔 150m 处, 40°C 时导线弧垂应为下列哪项数值?(用平抛物线公式)

- (A) 14.43m (B) 12.51m (C) 13.71m (D) 14.03m

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 表 3-3-1, 40°C 时导

线弧垂为

$$f_m = \frac{\gamma l^2}{8\sigma_0} = \frac{1.511 \times 9.8 / 451.55 \times 450^2}{8 \times \frac{24320}{451.55}} \text{m} = 15.41 \text{m}$$

设坐标 O 点位于电线悬挂点 A ，档中距铁塔 150m 处的弧垂为

$$f_x = \frac{4x'}{l} \left(1 - \frac{x'}{l} \right) f_m = \frac{4 \times 150}{450} \times \left(1 - \frac{150}{450} \right) \times 15.41 \text{m} = 13.7 \text{m}$$

故选 C 答案。

(4) 若塔水平档距为 425m ，垂直档距为 500m ，若导线大风时的垂直比载为 $33 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ ，水平比载为 $28 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ ，则该塔悬垂串的摇摆角（即风偏角）应为下列哪项数值（不考虑绝缘子影响）？

- (A) 35.8° (B) 44.9° (C) 54.2° (D) 25.8°

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）第 103 页式（2-6-44），悬垂绝缘子串摇摆角计算：

$$\varphi = \arctan \left(\frac{P_1/2 + PL_h}{G_1/2 + W_1 L_v + \alpha T} \right) = \arctan \left(\frac{28 \times 10^{-3} \times 425 \times 451.55}{1.511 \times 9.8 \times 500} \right) \approx 35.8^\circ$$

或者

$$\varphi = \arctan \left(\frac{P_1/2 + PL_h}{G_1/2 + W_1 L_v} \right) = \arctan \left(\frac{28 \times 10^{-3} \times 425 \times 451.55}{0.033 \times 500 \times 455.1} \right) = 35.8^\circ$$

题 12：某单回路架空送电线路，导线的直径为 23.94mm ，截面为 338.99mm^2 ，单位长度质量为 1.133kg/m ，设计最大覆冰厚度为 10mm ，设计风速为 10m/s （提示 $g=9.8\text{N/kg}$ ）。（2008）

(1) 请设计导线的自重比载应为下列哪项数值？

- (A) $32.8 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ (B) $3.34 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$
(C) $32.8 \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ (D) $38.5 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$

► 答案：[A]

► 解答过程：由《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）表 3-2-3（电线的荷载和比载）导线自重比载为

$$\gamma_1 = \frac{g_1}{A} = \frac{p_1 g}{A} = \frac{1.133 \times 9.8}{338.99} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2) = 32.75 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$$

(2) 若导线的自重比载为 $35 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ ，请计算在设计最大覆冰时导线的垂直比载为下列哪组数值？

- (A) $37.8 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ (B) $55.1 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$
(C) $62.7 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ (D) $58.1 \times 10^{-3} \text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$

► 答案：[C]

► 解答过程：由《电力工程高压送电线路设计规程》（第二版）第 3-2 节（电线的荷载和比载）表 3-2-3 可得

1) 导线冰重比载：

$$\begin{aligned}\gamma_2 &= 9.806 \, 65 \times 0.9 \pi \frac{\delta(\delta+d)}{A} \times 10^{-3} \\ &= 9.806 \, 65 \times 0.9 \times 3.141 \, 59 \times \frac{10 \times (10 + 23.94)}{338.99} \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2) \\ &= 27.73 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)\end{aligned}$$

2) 导线自重比载为 $35 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$ ，故覆冰时导线的垂直比载为

$$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2 = (35 \times 10^{-3} + 27.75 \times 10^{-3}) \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2) = 62.75 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$$

(3) 若大风时的垂直比载为 $40 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$ ，水平比载为 $30 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$ ，请计算大风时的综合比载为下列哪组数值？

- (A) $70 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$ (B) $60 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$
(C) $50 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$ (D) $65 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$

► 答案：[C]

► 解答过程：由《电力工程高压送电线路设计手册》（第二版）表 3-2-3 可得大风时的综合荷载为

$$\sqrt{30^2 + 40^2} \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2) = 50 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$$

(4) 若大风时的垂直比载为 $30 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$ ，水平比载为 $20 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$ ，请计算大风时导线的风偏角应为下列哪项数值？

- (A) 33.7° (B) 56.3°
(C) 41.8° (D) 25.8°

► 答案：[A]

► 解答过程：导线的受力示意图如图 14-3 所示。

则风偏角

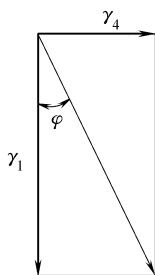


图 14-3 导线的受力示意图

$$\varphi = \arctan\left(\frac{\gamma_4}{\gamma_1}\right) = \arctan\left(\frac{20 \times 10^{-3}}{30 \times 10^{-3}}\right) = 33.69^\circ$$

题 13：某交流 220kV 架空送电线路架设双地线，铁塔采用酒杯塔，导线为 LGJ-400/65（直径 $d=28\text{mm}$ ），线间 $d_{12}=d_{23}=7.0\text{m}$ 。（2008）

(1) 若档距按 600m 考虑，请计算在气温为 15°C ，无风情况下档距中央导地线间的最小安全距离为下列哪项值（按经验公式计算）？

- (A) 7.2m (B) 8.7m (C) 8.2m (D) 7.0m

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》（DL/T 5092—1999）第 9.0.10 条可知，一般档距的档距中央，导线与地线间距离，应由下式校验（计算条件为

气温 15°C ，无风)：

$$S \geq 0.012L + 1 = (0.012 \times 600 + 1) \text{ m} = 8.2\text{m}$$

(2) 若该线路耐雷水平要求为 80kA ，当仅按线路耐雷水平要求考虑时，请计算在气温为 15°C ，无风情况下档距中央导、地线间的最小安全距离为何值？

- (A) 6m (B) 8m (C) 7m (D) 9m

► 答案：[B]

► 解答过程：《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620—1997) 附录 C13 规定，线路档距中央导线与避雷线间的距离按雷击档距中央避雷线时不致击穿导线与避雷线间的间隙来确定。当仅按线路耐雷水平要求考虑时，导线与避雷线间的距离可按式 (C26) 计算如下：

$$S = 0.1I = 0.1 \times 80\text{m} = 8\text{m}$$

式中， I 为耐雷水平。

(3) 若档距按 600m 考虑，悬垂绝缘子串长为 2.5m ，导线最大弧垂为 25m ，请计算此时要求的最小线间距离为下列何值？

- (A) 6.25m (B) 5.25m (C) 8.2m (D) 7.0m

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999) 第 10.0.1 条：导线间距离应按下列要求并结合实际经验确定，对于 1000m 以下的档距，水平线间距离宜按下式确定：

$$D = 0.4L_k + \frac{U}{110} + 0.65\sqrt{f_c} = \left(0.4 \times 2.5 + \frac{220}{110} + 0.65\sqrt{25} \right) \text{m} = 6.25\text{m}$$

(4) 若杆塔上地线距导线的垂直距离为 4m ，则两地线间的距离不应超过多少米？

- (A) 10m (B) 15m (C) 20m (D) 25m

► 答案：[C]

► 解答过程：由 DL/T 5092—1999 第 9.0.10 条可知，杆塔上两根地线之间的距离，不应超过地线与导线垂直距离的 5 倍，即 $4\text{m} \times 5 = 20\text{m}$ 。

(5) 说明在高土壤电阻率地区，为提高线路雷击塔顶时的耐雷水平，应采用下列哪项有效措施？

- (A) 减小地线对边相线的保护角 (B) 降低杆塔接地电阻
(C) 增加导线绝缘子串的绝缘子片数 (D) 避雷线对杆塔绝缘

► 答案：[B]

► 解答过程：本题和题 5 的第 (5) 小题解答过程一样。

题 14：有数基 220kV 单导线按 LGJ-300/40 设计的铁塔，导线的安全系数为 2.5，想将该塔用于新设计的 220kV 送电线路，采用的气象条件与本工程相同，本工程中导线采用单导线 LGJ-400/50，地线不变，导线参数见表 14-5。(2008)

表 14-5 导线参数

型 号	最大风压/(N/m)	单位重量/(N/m)	覆冰时总重/(N/m)	破坏拉力/N
LGJ-300/40	10.895	11.11	20.522	87 609
LGJ-400/50	12.575	14.82	25.253	117 230

(1) 按 LGJ-300/40 设计的直线铁塔(不带转角), 水平档距为 600m, 用于本工程 LGJ-400/50 导线时, 水平档距应取以下哪项数值(不计地线影响)?

- (A) 450m (B) 480m (C) 520m (D) 500m

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 按最大风压工况下受力相同选择导线的水平档距:

$$600\text{m} \times 10.895 = x \times 12.575$$

$$\Rightarrow x = 519.8\text{m}$$

(2) 按 LGJ-300/40 设计的直线铁塔(不带转角), 覆冰时的垂直档距为 1200m, 用于本工程 LGJ-400/50 导线时, 若不计同时风的影响, 垂直档距应取以下哪项数值?

- (A) 910m (B) 975m (C) 897m (D) 1050m

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 按覆冰时所受力相等(不计风压的作用)选择垂直档距。

$$1200\text{m} \times 20.522 = x \times 25.253$$

$$\Rightarrow x = 975.2\text{m}$$

(3) 计算 LGJ-400/50(导线截面 $S=451.55\text{mm}^2$) 在最大风时导线的综合比载为以下哪项数值?

- (A) $43.04 \times 10^{-3}\text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ (B) $34.5 \times 10^{-3}\text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$
(C) $45.25 \times 10^{-3}\text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ (D) $38.22 \times 10^{-3}\text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)表 3.2.3, 覆冰时的综合比载为

$$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2} = \sqrt{12.575^2 + 14.82^2} / 451.55\text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2) = 43.04 \times 10^{-3}\text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$$

(4) 本工程中若转角塔的水平档距不变, 且最大风时 LGJ-400/50 导线与 LGJ-300/40 导线的张力相同, 按 LGJ-300/40 设计的 30° 转角塔用于 LGJ-400/50 导线时, 指出下列说法中哪个正确, 并说明理由。

- (A) 最大允许角等于 30°
(B) 最大允许转角大于 30°
(C) 最大允许转角小于 30°
(D) 按 LGJ-300/40 设计的 30° 转角塔不能用于 LGJ-400/50 导线

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 导线横担的受力示意图如图 14-4 所示。

由题意知，最大风时 LGJ-400/50 导线与 LGJ-300/40 导线的张力相同，按横担所受的水平张力相等计算如下：

$$\sqrt{(P_4 l_h)^2 + \left(2T \sin \frac{\alpha}{2}\right)^2} = \sqrt{(P_4' l_h')^2 + \left(2T' \sin \frac{\alpha'}{2}\right)^2}$$

因为 $P_4 < P_4'$, $T = T'$, $l_h = l_h'$, 故 $\alpha' < \alpha = 30^\circ$, 故本题选 C 为正确答案。

题 15: 某架空送电线路采用单导线，导线的最大垂直荷载为 25.5N/m，导线的最大使用张力为 36900N，导线的自重荷载为 14.81N/m，导线的最大风时风荷载为 12.57N/m。（2008）

（1）若要求耐张串采用双联，请确定本工程采用下列哪种型号的绝缘子最合适？

- （A）XP-70 （B）XP-100 （C）XP-120 （D）XP-160

▶ 答案：[A]

▶ 解答过程：1) 已知导线的最大使用张力为 36900N，单导线。根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》（DL/T 5092—1999）第 8.0.1 条及表 8.0.1 可得盘形绝缘子在最大使用荷载的情况下的安全系数为 2.7，则盘形绝缘子的额定机械破坏荷载为

$$T_R = K_1 T = 2.7 \times 36.9 \text{ kN} = 99.63 \text{ kN}$$

2) 取双联 XP-70, $70 \times 2 \text{ kN} = 140 \text{ kN} > 99.63 \text{ kN}$ 。

3) 根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》（DL/T 5092—1999）第 8.0.1 条知双联及以上的多联绝缘子串应验算断一联后的机械强度，荷载及安全系数按断联情况考虑。按表 8.0.1 断联情况下盘形绝缘子的安全系数为 1.5，即 $\frac{T_R}{T} = \frac{70}{36.9} = 1.89 > 1.5$ ，故在断联的情况下也能满足导线机械强度的要求。

（2）直线塔上的最大垂直档距为 $L_V = 1200 \text{ m}$ ，请确定本工程单联悬垂串应采用下列哪种型号的绝缘子？

- （A）XP-70 （B）XP-100 （C）XP-120 （D）XP-160

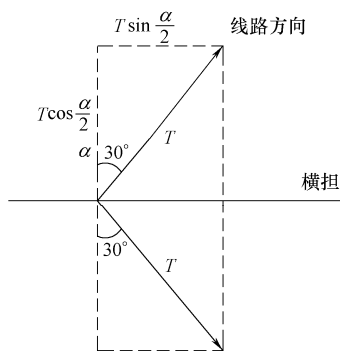
▶ 答案：[B]

▶ 解答过程：1) 根据垂直档距，先算出垂直荷载为

$$1200 \times 25.5 \text{ N} = 30600 \text{ N} = 30.6 \text{ kN}。$$

2) 在最大使用荷载情况下盘形绝缘子的安全系数取 2.7，故有该盘形绝缘子最大使用荷载为 $2.7 \times 30.6 \text{ kN} = 82.6 \text{ kN}$ ，因此可选型号为 XP-100 的绝缘子。

（3）某 220kV 线路悬垂绝缘子串组装型式见表 14-6，计算允许荷载应为下列哪项数值。
注：线夹强度为 59kN。



其中 $\alpha = 30^\circ$ 为线路转角

图 14-4 导线横担的受力示意图

表 14-6 某 220kV 线路悬垂绝缘子串组装型式

编 号	名 称	型 号	每串数量/个	每个质量/kg	共计质量/kg
1	U 形挂板	UB-70	1	0.75	0.75
2	球头挂环	QP-70	1	0.25	0.25
3	绝缘子	XP-70	13	4.7	61.1
4	悬垂线夹	XGU-TA	1	5.7	5.7
5	铝包带				0.1

- (A) 26.8kN (B) 23.6kN (C) 25.93kN (D) 28.01kN

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999) 第 7.0.3 条规定, 悬挂点的安全系数为 2.25, 故允许荷载为

$$[59 - (0.75 + 0.25 + 61.1 + 5.7 + 0.1) \times 9.8 \times 10^{-3}] / 2.25 \text{ kN} = 25.93 \text{ kN}$$

(4) 直线塔所在耐张段在最高气温下导线最低点张力为 26.87kN, 当一侧垂直档距为 $L_V=581\text{m}$, 请计算该侧的导线悬垂角应为下列哪项数值?

- (A) 19.23° (B) 17.76° (C) 15.20° (D) 18.23°

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 导线悬垂角示意图如图 14-5 所示。

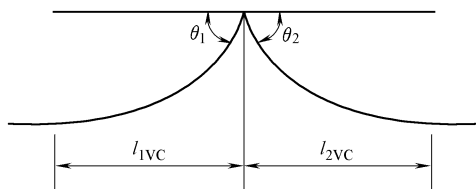


图 14-5 导线悬垂角示意图

根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 式 (8-2-10) 可知

$$\theta_{1,2} = \arctan \left(\frac{\gamma_c l_{xvc}}{\sigma_c} \right) = \arctan \left(\frac{14.81/s \times 581}{26\,870/s} \right) = 17.76^\circ$$

题 16: 某 10kV 架空配电线路设计采用钢筋混凝土电杆、铁横担、钢芯铝绞线, 直线杆采用针式绝缘子, 耐张杆采用悬式绝缘子组成的绝缘子串, 请解答下列线路导线力学计算中的几个问题。(2008)

(1) 假定某杆塔两侧档距分别为 90m 和 110m, 与其对应的高差角分别为 15° 和 20°, 请计算该杆塔的水平档距与下面哪个值最接近?

- (A) 95m (B) 100m (C) 105m (D) 110m

▶ 答案: [C]

▶ 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版) 式 (3-3-10) 有

$$l_h = \frac{\frac{l_1}{\cos \beta_1} + \frac{l_2}{\cos \beta_2}}{2} = \frac{\frac{90}{0.9659} + \frac{110}{0.9397}}{2} = \frac{93.17 + 117.06}{2} \text{m} \approx 105 \text{m}$$

(2) 一般情况下导线弧垂最低点的应力不应超过破坏应力的 40%，当导线弧垂最低点应力为破坏应力的 40% 时，说明导线悬挂点的最大应力可为下列哪项数值？（以破坏应力为基准）

- (A) 34% (B) 38% (C) 44% (D) 48%

► 答案：[C]

► 解答过程：《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 5.0.7 条。

(3) 假定导线的破坏应力为 260.29N/mm^2 ，计算该导线最大使用应力应为下列哪项数值？

- (A) 65.07N/mm^2 (B) 74.37N/mm^2 (C) 86.76N/mm^2 (D) 104.12N/mm^2

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》(GB 50545—2010) 第 5.0.7 条可知，导、地线在弧垂最低点的设计安全系数不应小于 2.5，悬挂点的设计安全系数不应小于 2.25。故本题最大使用应力应该是采用悬挂点应力。由式 (5.0.8) 有

$$\sigma_{\max} = \frac{T_{\max}}{S} \leq \frac{T_p}{SK_c} = \frac{\sigma S}{SK_c} = \frac{\sigma}{K_c} = \frac{260.29}{2.25} \text{N/mm}^2 = 115.69 \text{N/mm}^2$$

► 分析：若取安全系数为 2.5，则计算结果为 $\sigma_{\max} = \frac{260.29}{2.5} \text{N/mm}^2 = 104.116 \text{N/mm}^2$ ，答案也为 D。

题 17：某企业变电站拟新建一条 35kV 架空电源线路，采用钢筋混凝土电杆、铁横担、钢芯铝绞线。请回答下列问题。

(1) 在架空电力线力学计算中，下列关于导线比载的表述，哪一项是正确的？

- (A) 导线上每米长度的荷载折算到单位截面上的数值
(B) 导线上每米长度的荷载
(C) 导线单位截面上的荷载
(D) 长度为代表档距的导线上的荷载折算到单位截面上的数值

► 答案：[A]

► 解答过程：比载的单位为 $\text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ ，指单位长度、单位面积线路上承受的力。

(2) 已知该架空电力线路设计气象条件和导线的物理参数如下：

导线单位长度质量 $P_1=0.6 \text{kg/m}$ ，导线截面 $A=170 \text{mm}^2$ ，导线直径 $d=17 \text{mm}$ ，覆冰厚度 $b=20 \text{mm}$ ，重力加速度 $g=9.8 \text{m/s}^2$ ，请计算导线的自重加冰重的比载 Y_3 与下列哪项最接近？[单位为 $\text{N}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$]

- (A) 128×10^{-3} (B) 150×10^{-3} (C) 6000×10^{-3} (D) 20560×10^{-3}

► 答案: [B]

► 解答过程: 由《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)表 3-2-3 有

$$\begin{aligned}\gamma_3 &= \gamma_1 + \gamma_2 = \frac{P_1}{A}g + 0.9\pi \frac{b(b+d)}{A}g \times 10^{-3} \\ &= \frac{0.6}{170} \times 9.8 + 0.9\pi \frac{20 \times (20+17)}{170} \times 9.8 \times 10^{-3} \\ &= 155 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)\end{aligned}$$

(3) 已知某杆塔相邻两档等高悬挂, 档距分别为 120m 和 100m, 电线截面 $A=170\text{mm}^2$, 出现灾害性天气时的比载 $=100 \times 10^{-3} \text{ N/(m} \cdot \text{mm}^2)$, 请计算此时一根导线施加在杆塔上的水平荷载最接近下列哪项数值?

- (A) 500N (B) 1000N (C) 1500N (D) 2000N

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)式 (3-3-9) 有

$$l_H = \frac{l_1 + l_2}{2} = \frac{120 + 100}{2} \text{ m} = 110 \text{ m}$$

根据水平档距的物理意义, 施加在杆塔上的水平荷载为

$$F_n = \gamma l_H A = 100 \times 10^{-3} \times 110 \times 170 \text{ N} = 1870 \text{ N}$$

题 18: 某单回路 220kV 架空送电线路, 设计覆冰厚度为 10mm, 某直线塔的最大设计档距为 800m, 使用的悬垂绝缘子串 (I 串) 长度为 2.5m, 地线串长度为 0.5m。(提示:

$K = \frac{\gamma}{8\sigma}$, γ 为导线的比载, σ 为导线的应力)

(1) 根据该线路的导线及气象条件计算出的 K 值如下, 杆塔定位设计中控制对地距离的气象条件应为下列哪个工况?

- (A) 高温 $7.65 \times 10^{-5} (\text{l/m})$ (B) 覆冰 $7.475 \times 10^{-5} (\text{l/m})$
(C) 大风 $7.0 \times 10^{-5} (\text{l/m})$ (D) 验冰 $8.0 \times 10^{-5} (\text{l/m})$

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力工程高压送电线路设计手册》(第二版)表 3-3-1, 对平抛物线公式, 最大弧垂公式为

$$f_m = \frac{\gamma l^2}{8\sigma_0} = Kl^2$$

K 值越大, 则弧垂越大, 因此应该选 K 值大的作为控制条件。

(2) 若最大弧垂 K 值为 $8.0 \times 10^{-5} (\text{l/m})$, 相导线按水平排列, 则相导线最小水平线间距离为下列哪项数值?

- (A) 9.08m (B) 7.65m (C) 6.08m (D) 3.23m

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999)

式 (10.0.1-1) 有

$$D = 0.4L_K + \frac{U}{110} + 0.65\sqrt{f_c} = 0.4L_K + \frac{U}{110} + 0.65\sqrt{Kl^2}$$

$$= \left(0.4 \times 2.5 + \frac{220}{110} + 0.65 \times \sqrt{8 \times 10^{-5} \times 800} \right) m = 7.65m$$

► 分析：本题应用到了上一题的结论 $f_m = \frac{\gamma l^2}{8\sigma_0} = Kl^2$ 。

(3) 若最大弧垂 K 为 $8.0 \times 10^{-5} (l/m)$ ，塔头的猫头塔，中相比边相高 4m，边相对称排列，两边相间距为 12m，为满足导线的线间距离，该塔允许的最大档距为下列哪项数值？

- (A) 516m (B) 722m (C) 724m (D) 865m

► 答案：[D]

► 解答过程：显然，本题的导线应该是三角形排列。根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999) 式 (10.0.1-2) 有

$$D_X = \sqrt{D_p^2 + (4/3D_z)^2} = \sqrt{6^2 + \left(\frac{4}{3} \times 4\right)^2} m = 8.03m$$

代入式 (10.0.1-1) 有

$$D_X = 0.4L_K + \frac{U}{110} + 0.65\sqrt{f_c} = 0.4L_K + \frac{U}{110} + 0.65\sqrt{Kl^2}$$

$$= 0.4 \times 2.5m + \frac{220}{110}m + 0.65 \times \sqrt{8 \times 10^{-5}} \times l = 8.03m$$

$$\Rightarrow l = 865m$$

► 分析： D_X 为导线三角形排列的等效水平线间距离。

(4) 地线和导线间最小水平偏移为下列哪项数值？

- (A) 0.5m (B) 0.7m (C) 1.0m (D) 1.5m

► 答案：[C]

► 解答过程：根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999) 表 10.0.2。

► 分析：注意本题题干给出了 10mm 冰厚的条件。

(5) 若导线为水平排列，地线与导线间的水平偏移为 1.5m，从张力曲线知道 15℃、无风时档距中央导地线的弧垂为 5m，计算地线串挂点应比导线串挂点至少高出下列哪项数值？

- (A) 2.993m (B) 3.493m (C) 3.600m (D) 6.121m

► 答案：[B]

► 解答过程：根据《110kV~500kV 架空送电线路设计技术规程》(DL/T 5092—1999) 第 9.0.10 条知，一般档距中央，导线与地线间的距离，应按下式校验：

$$S \geq 0.012L + 1 = (0.012 \times 800 + 1) m = 10.6m$$

设地线串挂点比导线串挂点至少高出 h ，依题意有

$$S = \sqrt{(h + 2.5 + 5 - 0.5)^2 + 1.5^2} \Rightarrow h = 3.493\text{m}$$

分析：本题需要一点空间想象力，导地线在档距中央位置示意图如图 14-6 所示，上式中应用了档距中央导地线弧垂差为 5m 的条件。

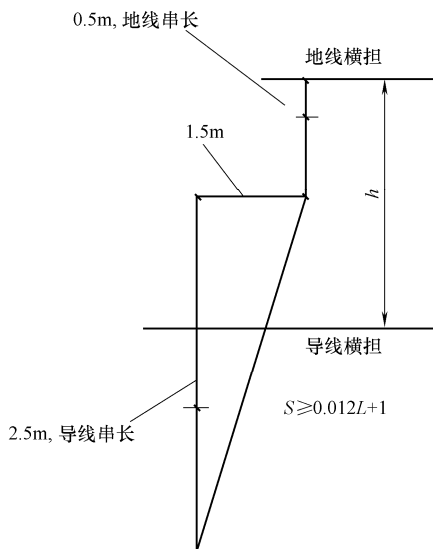


图 14-6 导地线在档距中央位置示意图

第十五章 电力系统规划设计

一、大纲要求 ★★★

- 1) 了解电力系统规划设计的内容和方法;
- 2) 了解电力系统安全稳定运行的基本要求;
- 3) 熟悉无功补偿型式选择及容量配置。

二、高频考点提示 ★★★

本章在整个考试里大概占 20 分,其中专业知识占 10 分左右,案例占 10 分左右。答题依据主要有《电力系统设计手册》、《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008)、《电力系统设计技术规程》(DL/T 5429—2009)、《电力系统调度自动化设计技术规程》(DL/T 5003—2005)、《地区电网调度自动化设计技术规程》(DL/T 5002—2005)、《电力系统安全稳定导则》(DL/T 755—2001)、《电力系统安全稳定控制技术导则》(DL/T 723—2000)。重点考查电力系统规划设计的一些基本概念,安全稳定运行基本要求、无功补偿型式选择以及容量配置(特别是电容器无功补偿相关内容几乎年年出题)。

三、例题精选 ★★★

1. 单项选择题

(1) 某一市区电网日供电量为 5568 万 kWh,日最大负荷为 290 万 kW,则该电网日负荷率为()。(2012)

- (A) 75% (B) 80% (C) 90% (D) 60%

▶ 答案: [B]

▶ 依据: 根据《电力系统设计手册》式(2-8)有

$$\gamma = \frac{P_p}{P_{\max}} = \frac{5568/24}{290} = 0.8 = 80\%$$

▶ 分析: 日负荷率 γ 是日平均负荷与日最大负荷的比值。《电力系统设计手册》每年均有考核,但分值不大。

(2) 某变电所的三相 35kV 电容器组采用单星形接线,每相由单台 500kvar 电容器并联组合而成,请选择允许的单组最大组合容量是()。(2012)

- (A) 9000kvar (B) 10500kvar (C) 12000kvar (D) 13500kvar

▶ 答案: [B]

▶ 依据: 依题意,每相由单台 500kvar 电容器并联组合而成,则每相只有一个串段,根

据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008)第4.1.2条第3款,每个串联段的电容器并联总容量不应超过3900kvar,本题为单星形接线,故三相总容量为3900kvar×3=11700kvar。

► 分析:每个串联段的电容器并联总容量不应超过3900kvar在《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—1995)中并没有,答题时注意以最新的规范为准。

(3)某城市电网2009年用电量为225亿kWh,最大负荷为3900MW,请问该电网年最大负荷利用小时数和年最大负荷利用率各为多少?(2011)

- (A) 1733h、19.78% (B) 577h、6.6%
(C) 5769h、65.85% (D) 5769h、57.86%

► 答案:[C]

► 依据:最大负荷利用小时数为

$$\frac{225 \times 10^8}{3900 \times 10^3} \text{h} = 5769 \text{h}$$

年平均负荷为

$$\frac{225 \times 10^5}{8760} \text{MW} = 2568 \text{MW}$$

最大负荷利用率为

$$\frac{2568}{3900} \times 100\% = 65.85\%$$

(4)某大型电厂采用四回500kV线路并网,其中两回线路长度为80km,另外两回线路长度为100km,均采用4×LGJ-400导线(充电功率为1.1Mvar/km)。如在电厂母线上安装高压并联电抗器对线路充电功率进行补偿,则高抗的容量宜选为()。(2011)

- (A) 356Mvar (B) 396Mvar (C) 200Mvar (D) 180Mvar

► 答案:[D]

► 依据:解法1):《电力系统设计手册》式(8.3),变电所或发电厂的电抗器补偿总容量 Q_{kb} 可按式计算:

$$Q_{kb} = \frac{l}{2} q_c B = \frac{2 \times 80 + 2 \times 100}{2} \times 1.1 \times 0.9 \text{Mvar} = 178.2 \text{Mvar}$$

故选D为正确答案。

解法2):根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式(9-50)有

$$Q_L = K_L Q_C = (0.4 \sim 0.8) \times (80 \times 2 + 100 \times 2) \times 1.1 \text{Mvar} = 158.4 \sim 316.8 \text{Mvar}$$

D答案也在范围内。

► 分析:《电力工程电气设计手册 电气一次部分》式(9-50)下面有个解释,80%~100%补偿度是一相或两相开断的谐振区,应尽量避免采用,即应该避开A和B答案所给的值,故综合以上讨论,D答案为正确答案。

(5)电力系统设计时,电力系统的总备用容量不得低于系统最大发电负荷的()。(2008)

- (A) 8% (B) 10% (C) 15% (D) 20%

► 答案: [D]

► 依据:《电力系统设计技术规程》(DL/T 5429—2009)有关条款:系统的总备用容量不低于系统最大发电负荷的20%。

► 分析:根据《电力系统设计手册》第三章的内容:系统的备用容量是指为了保证系统的不间断供电,并保证在额定频率下运行而设置的装机容量。它包括有负荷备用、事故备用和检修备用容量三部分。其中负荷备用容量是指为担负电力系统一天内瞬时的负荷波动和计划外的负荷增长所需要的发电容量。一般为最大负荷的2%~5%。事故备用容量是指电力系统中发电设备发生故障时为保证正常供电所需要的发电容量,一般为最大负荷的10%。检修备用容量是指在电力系统一年内的低负荷季节,不能满足全部机组按年计划检修二必须增设的发电容量,初步计算可取8%~10%。

(6) 电力系统网络设计时,选择电压等级应根据网络现状和下列多长时间的输电容量、输电距离的发展进行论证?(2008)

- (A) 今后3~5年 (B) 今后5~8年 (C) 今后8~10年 (D) 今后10~15年

► 答案: [D]

► 依据:《电力系统设计技术规程》(DL/T 5429—2009)有关条款:选择电压等级应根据网络现状,今后10~15年的输电容量,输电距离的发展进行论证。

(7) 电力系统暂态稳定是指()。(2008)

- (A) 电力系统受到事故扰动后,保持稳定运行的能力
(B) 电力系统受到大扰动后,各同步电动机保持同步运行并过渡到新的或恢复到原来稳态运行方式的能力
(C) 电力系统受到小的或者大的干扰后,在自动调节和控制装置的作用下,保持长过程的运行稳定性的能力
(D) 电力系统受到小扰动后,不发生非周期性失步

► 答案: [B]

► 依据:《电力系统安全稳定导则》(DL/T 755—2001)附录A的A2.2条:电力系统暂态稳定是指电力系统受到大扰动后,各同步电机保持同步运行并过渡到新的或恢复到原来稳定运行方式的能力。通常指保持第一或第二振荡周期不失步的功角稳定。

► 分析:静态稳定是指电力系统受到小干扰后,不发生非周期性失步,自动恢复到初始运行状态的能力。动态稳定是指电力系统受到小的或大的干扰后,在自动调节和控制装置的作用下,保持长过程的运行稳定性的能力。持续时间为十秒到几分钟。

2. 多项选择题

(1) 下列哪些遥测量信息,应向省级电力系统调度中心调度自动化系统传递?(2011)

- (A) 10MW 热电厂发电机有功功率 (B) 220kV 母线电压
(C) 300MW 火电厂高压起备变无功功率 (D) 水电厂上游水位

► 答案: [B、C、D]

● **依据：**《电力系统调度自动化设计技术规程》(DL/T 5003—2005) 第 5.1.2 条。

(2) 当电网中发生下列哪些故障时，采取相应措施后应能保证稳定运行，满足电力系统第二级安全稳定标准？(2011)

- (A) 向城区供电的 500kV 变电所中一台 750MVA 主变故障退出运行
- (B) 220kV 变电所中 110kV 母线三相短路故障
- (C) 某区域电网中一座±500kV 换流站双极闭锁
- (D) 某地区一座 4×300MW 电厂，采用 6 回 220kV 线路并网。当其中一回线路出口处发生三相短路故障时，继电保护装置拒动

▶ **答案：**[B、C]

▶ **依据：**根据《电力系统安全稳定导则》(DL/T 755—2001) 第 3.2.2 条：正常运行方式下的电力系统受到下述较严重的故障扰动后，保护、开关及重合闸正确动作，应能保持稳定运行，必要时允许采取切机和切负荷等稳定控制措施。a) 单回线永久性故障重合不成功及无故障三相断开不重合；b) 任一段母线故障；c) 同杆并架双回线的异名两相发生单相接地故障重合不成功，双回线三相同时跳开；d) 直流输电线路双极故障。

(3) 电力系统暂态稳定计算应考虑以下哪些因素？(2011)

- (A) 考虑负荷特性
- (B) 在规划阶段，发电机模型可采用暂态电势恒定的模型
- (C) 考虑在电网任一地点发生金属性短路故障
- (D) 继电保护、重合闸和安全自动装置的动作状态和时间，应结合实际情况考虑

▶ **答案：**[A、B、D]

▶ **依据：**根据《电力系统安全稳定导则》(DL/T 755—2001) 第 4.4.3 条可知 A、B、D 正确。C 答案应为：应考虑最不利地点发生金属性短路故障。

(4) 电力系统出现大扰动时采取紧急控制，以提高安全稳定水平。紧急控制实现的功能有()。(2008)

- (A) 防止功角暂态稳定破坏、消除失步状态
- (B) 避免切负荷
- (C) 限制频率、电压严重异常
- (D) 限制设备严重过负荷

▶ **答案：**[A、C、D]

▶ **依据：**《电力系统安全稳定控制技术导则》(DL/T 723—2000) 第 6.1 条。

(5) 当电力系统失步时，可采取再同步控制，对于功率过剩的电力系统，可选用()。(2008)

- (A) 原动机减功率
- (B) 某些系统解列
- (C) 切除负荷
- (D) 切除发电机

▶ **答案：**[A、B、D]

▶ **依据：**《电力系统安全稳定控制技术导则》(DL/T 723—2000) 第 6.4.4.2 条。

► 分析：C 答案切除负荷是针对功率不足的电力系统。

(6) 进行电力系统电力电量平衡时，应确定总备用容量。系统总备用容量应包括（ ）。(2008)

(A) 负荷备用 (B) 事故备用 (C) 调峰备用 (D) 计划检修备用

► 答案：[A、B、D]

► 依据：《电力系统设计技术规程》(DL/T 5429—2009) 第 2.2.5 条，也可参考本章单项选择题的第 (5) 小题。

(7) 下列哪些措施可提高电力系统的暂态稳定水平？(2008)

(A) 采用紧凑型输电线路 (B) 快速切除故障和应用自动重合闸装置
(C) 发电机快速强行励磁 (D) 装设电力系统稳定器 (PSS)

► 答案：[B、C、D]

► 依据：《电力系统设计手册》第 367 页。提高电力系统暂态稳定的措施有：1) 快速切除故障和自动重合闸的应用；2) 发电机快速强行励磁；3) 电力系统稳定器 (PSS)；4) 发电机电气制动；5) 切发电机和切负荷；6) 输电线路的强行补偿；7) 快速关气门。

(8) 电力调度中心根据需要可向发电厂、变电站传送下列哪些遥控和遥调命令？(2008)

(A) 断路器分合
(B) 有载调压变压器抽头的调节，无功补偿装置的投切
(C) 火电机组功率调节，水轮发电机的启停和调节
(D) 线路保护投切

► 答案：[A、B、C]

► 依据：《电力系统调度自动化设计技术规程》(DL/T 5003—2005) 第 5.1.9 条：调度中心根据需要可向发电厂、变电站传送下列遥控或遥调命令：1) 断路器的分合；2) 无功补偿装置的投切；3) 发电厂功率调节装置远方投切；4) 有载调压变压器抽头的调节；5) 水轮发电机的启动/停止和调节；6) 火电机组功率调节。

3. 案例题

题 1：某地区拟建一座 500kV 变电站，站地位于Ⅲ级污秽区，海拔高度不超过 1000m，年最高温度为 40℃，年最低温度为 -25℃。变电站的 500kV 侧，220kV 侧各自与系统相连。3kV 侧接无功补偿装置。

该站远景规模为：主变压器 4×750 MVA，500kV 出线 6 回，220kV 出线 14 回，500kV 电抗器两组，35kV 电容器组 8×60Mvar，35kV 电抗器 8×60Mvar。

本期建设规模为：主变压器 2×750MVA，500kV 出线 2 回，220kV 出线 6 回，每组主变压器各接 35kV 电容器组 2×60Mvar，35kV 电抗器 2×60Mvar。

主变选用 3×250MVA 单相自耦无励磁电压变压器。

电压比： $(525/\sqrt{3})/(230/\sqrt{3} \pm 2 \times 2.5\%)/35kV$ ，

容量比：250MVA/250MVA/66.7MVA

接线组别：YNa0d11。（2012）

（1）本期的2回500kV出线为架空平行双线路，每回长约为120km，均采用4×LGJ400导线（充电功率1.1Mvar/km），在初步设计中为补偿充电功率曾考虑在本站配置500kV电抗器作调相调压，运行方式允许两回路公用一组高压并联电抗器。请计算本站所配置的500kV并联电抗器最低容量宜为下列哪一种？

（A）59.4MVA （B）105.6MVA （C）118.8MVA （D）132MVA

▶ 答案：[C]

▶ 解答过程：根据《电力系统设计手册》式（8-3）有：

$$Q_{kb} = \frac{l}{2} q_c B = \frac{120 \times 2}{2} \times 1.1 \times 0.9 \text{ Mvar} = 118.8 \text{ MVA}。$$

（2）如该变电站本期35kV母线的规矩容量1800MVA，每1435kV电容器串联电抗器的电抗率为4.5%，为了在投切电容器组时不发生3次谐波谐振则下列哪组容量不应选用？（列式计算）

（A）119Mvar （B）65.9Mvar （C）31.5Mvar （D）7.89Mvar

▶ 答案：[A]

▶ 解答过程：根据《并联电容器装置设计规范》（GB 50227—2008）第3.0.3条第3款：发生谐振的电容器容量，可按下式计算：

$$Q_{cx} = S_d \left(\frac{1}{n^2} - K \right) = 1800 \left(\frac{1}{3^2} - \frac{4.5}{100} \right) \text{ Mvar} = 119 \text{ Mvar}$$

应避开该容量的补偿电容器。

题2：某区域电网中现运行一座500kV变电所，根据负荷发展情况需要扩建，该变电所现状、本期及远景建设规模见表15-1。（2012）

表15-1 变电所现状、本期及远景建设规模

	现有规模	远景建设规模	本期建设规模
主变压器	1×750MVA	4×1000MVA	2×1000MVA
500kV出线	2回	8回	4回
220kV出线	6回	16回	14回
500kV配电装置	3/2断路器接线	3/2断路器接线	3/2断路器接线
220kV配电装置	双母线接线	双母线双分段接线	双母线双分段接线

（1）500kV线路均采用4×LGJ400导线，本期4回线路总长度为303km，为限制工频过电压，其中一回线路上装有120Mvar并联电抗器；远景8回线路总长度预计为500km，线路充电功率按1.18Mvar/km计算。请问远景及本期工程该变电所35kV侧配置的无功补偿低压电抗器容量为下列哪组数值？

（A）590Mvar、240Mvar

（B）295Mvar、179Mvar

(C) 175Mvar、59Mvar

(D) 116Mvar、23Mvar

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《330kV~750kV 变电站无功补偿装置设计技术规定》(DL/T 5014—2010) 条文说明第 5.0.7 条: 按就地平衡原则, 变电站装设电抗器的最大补偿容量, 一般为其所接线路充电功率的 1/2。故远景电抗器的补偿容量为 $500 \times 1.18 / 2 \text{Mvar} = 295 \text{Mvar}$, 现有一回线路上装有 120Mvar 并联电抗器, 可得低压电抗器的补偿容量为 $(295 - 120) \text{Mvar} = 175 \text{Mvar}$ 。同理, 本期的低压电抗器的补偿容量为 $(303 \times 1.18 / 2 - 120) \text{Mvar} \approx 59 \text{Mvar}$ 。

(2) 该变电所现有 750MVA 主变阻抗电压百分比为 $U_{k(1-2)}\% = 14\%$, 本期扩建的 $2 \times 1000 \text{MVA}$ 主变电抗电压百分比采用 $U_{k(1-2)}\% = 16\%$, 若三台主变并列运行, 它们的负载分布为下列哪种情况? 请计算并说明。

(A) 三台主变负荷均分布

(B) 1000MVA 主变容量不能充分发挥作用, 仅相当于 642MVA

(C) 三台主变安容量大小分布负荷

(D) 1000MVA 主变容量不能充分发挥作用, 仅相当于 875MVA

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力变压器应用导则》(GB/T 13499—2002) 第 6.3 条规定: 当两台变压器短路阻抗相等时, 这表示在相等的标么值负载下, 它们具有相同的电压降。如果并联运行, 它们所承担的负载与各自的额定容量成正比。当并联连接的变压器短路阻抗不相等时, 阻抗值低的变压器同阻抗值高的变压器相比, 其负载容量占有较高的额定容量百分数, 以使两台变压器绝对电压降相等。设 S_{ra} 、 S_{rb} 为两台变压器的额定容量, S 为它们要承担的负载, 各自承担的负载为 S_a 、 S_b , Z_a 、 Z_b 为其短路阻抗电压百分数, 则根据式 (65) 有:

$$\frac{S_a}{S_{ra}} = \frac{S}{S_{ra} + \frac{Z_a}{Z_b} \times S_{rb}}, \quad \frac{S_b}{S_{rb}} = \frac{S}{S_{rb} + \frac{Z_b}{Z_a} \times S_{ra}}$$

由题目已知 $S_{ra} = 750 \text{MVA}$, $S_{rb} = 1000 \text{MVA}$, $S_a + S_b = S$, $Z_a = 14\%$, $Z_b = 16\%$ 。代入上式有 $S_a = 0.46S$, $S_b = 0.54S$, 当 $S_a = 750 \text{MVA}$ 满载时, 可得 $S_b = 880.4 \text{MVA}$ 。

(3) 请计算本期扩建的两台 1000MVA 主变满载时, 最大无功损耗为下列哪项数? (不考虑变压器空载电流)

(A) 105Mvar

(B) 160Mvar

(C) 265Mvar

(D) 320Mvar

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《电力系统设计手册》式 (10-46) 可得:

$$\Delta Q_T = \frac{1}{n} \times \frac{S^2}{U^2} X_T = \frac{1}{2} \times \frac{2000^2}{500^2} \times \frac{16}{100} \times \frac{500^2}{1000} \text{Mvar} = 320 \text{Mvar}$$

► 分析: 本题不考虑变压器空载电流, 故公式的后半部分不需要带入。

(4) 该变电所 220kV 为户外配电装置, 采用软母线 (JLHA2) 型钢芯铝合金绞线, 若

远景 220kV 母线最大穿越功率为 1200MVA，在环境温度为 35℃，海拔高度低于 1000m 条件下，根据计算选择一下哪种导线经济合理？

- (A) $2 \times 900\text{mm}^2$ (B) $4 \times 500\text{mm}^2$ (C) $4 \times 400\text{mm}^2$ (D) $4 \times 630\text{mm}^2$

▶ 答案：[B]

▶ 解答过程：查《导体和电气选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 表 D.11 可得裸导体在不同海拔(1000m 以下)高度及环境温度(35℃)下的综合校正系数为 0.89。根据最大穿越功率算出 220kV 母线的工作电流为

$$I_g = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{1200}{\sqrt{3} \times 220} \text{ kA} = 3.149 \text{ kA} = 3149 \text{ A}$$

则应该选取的导线的最小载流量为 $I_{\min} = \frac{I}{0.89} = \frac{3149}{0.89} \text{ A} \approx 3538 \text{ A}$ ，查表 D.4，选取 $4 \times 500\text{mm}^2$ 的 JLHA2 型钢芯铝合金绞线的载流量为 $4 \times 988 \text{ A} = 3952 \text{ A} > 3538 \text{ A}$ ，满足要求。

题 3：某 220kV 变电所，最终规模为两台 180MVA 的主变，额定电压为 220/110/35kV，拟在 35kV 侧装设并联电容器进行无功补偿。(2010)

(1) 请问本变电所的每台主变的无功补偿容量取哪个为宜？

- (A) 15000kvar (B) 40000kvar (C) 63000kvar (D) 80000kvar

▶ 答案：[B]

▶ 解答过程：根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 3.0.2 条及其条文说明，电容器的安装容量可按变压器容量的 10%~30% 确定，即 $180 \times 1000 \times (10\% \sim 30\%) = (18000 \sim 54000) \text{ kvar}$ 。故选 B 为正确答案。

(2) 本变电所每台主变装设电容器组容量确定后，将分组安装，下列确定分组原则哪一条是错误的？

- (A) 电压波动 (B) 负荷变化 (C) 谐波含量 (D) 无功规划

▶ 答案：[D]

▶ 解答过程：根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 3.0.3 条及条文说明，变电所装设无功补偿电容器的总容量确定以后，将分组安装，分组的主要原则是根据电压波动、负荷变化、谐波含量等因素确定，与无功规划无关，故选 D 为正确答案。

(3) 本所 35kV 母线三相短路容量为 700MVA，电容器组的串联电抗器的电抗率为 5%，请计算发生三次谐波谐振的电容器容量是多少？

- (A) 42.8Mvar (B) 74.3Mvar (C) 81.7Mvar (D) 113.2Mvar

▶ 答案：[A]

▶ 解答过程：根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 3.0.3 条及式 (3.0.3) 可知，发生三次谐波谐振的电容器容量为

$$Q_{\text{cx}} = S_d \left(\frac{1}{n^2} - K \right) = 700 \times \left(\frac{1}{3^2} - 5\% \right) \text{ Mvar} = 42.8 \text{ Mvar}$$

故本题选 A 为正确答案。

(4) 若该所并联电容器接入电网的背景谐波为 5 次以上, 则并联电抗器的电抗率是 ()。

- (A) 1% (B) 5% (C) 12% (D) 13%

► 答案: [B]

► 解答过程: 根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 有关条款, 该所并联电容器接入电网的背景谐波为 5 次以上, 则并联电抗器的电抗率是 4.5%~6.0%。

(5) 若本所每台主变安装单组容量为 3 相 35kV, 12000kvar 的电容器两组, 若电容器采用单星形接线, 每相由 10 台电容器并联两台电容器串联而成, 请计算单台电容器容量为 ()。

- (A) 500kvar (B) 334kvar (C) 200kvar (D) 250kvar

► 答案: [C]

► 解答过程: 依题意, 每相电容器有两个串段, 采用单星形接线形式, 即每相电容器为 $2 \times 10 = 20$ 台, 而每相电容器容量 $12000/3 = 4000\text{kvar}$, 可知单台电容器容量 $4000/20 = 200\text{kvar}$ 。

题 4: 500kV 变电所, 750MVA, 500/220/35kV 主变两台, 拟在 35kV 侧装安装并联补偿电容器组。(2009)

(1) 电容器补偿容量不宜选 ()。

- (A) 150Mvar (B) 300Mvar (C) 400Mvar (D) 600Mvar

► 答案: [D]

► 解答过程: 根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 有关条款: 当不具备计算条件时, 电容器的安装容量可按变压器容量的 10%~30% 确定。即安装并联电容器的容量范围 $750 \times 2 \times (10\% \sim 30\%) \text{Mvar} = (150 \sim 450) \text{Mvar}$ 。故本题选 D。

(2) 为限制 3 次及以上谐波, 电容器组的串联电抗应该选 ()。

- (A) 1% (B) 4% (C) 13% (D) 30%

► 答案: [C]

► 解答过程: 根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 5.5.2.2 条: 串联电抗器的电抗率的选择, 当并联电容器装置接入电网处的背景谐波为 3 次及以上时, 宜取 12%; 或由《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 9-23, 为抑制 3 次谐波, 电抗率取 12%~13%。故本题选 C。

(3) 三相 35kV 60000kvar 的电容器 4 组, 双星形连接, 每相先并后串, 由两个串段组成, 每段 10 个单台电容器, 则单台电容器的容量为 ()。

- (A) 1500kvar (B) 1000kvar (C) 500kvar (D) 250kvar

► 答案: [C]

► 解答过程：1) 每相容量 $60000/3=20000\text{kvar}$ ；2) 每相二个串段组成，每段 10 个单台电容器，所以单星形每相 $2\times 10=20$ 台，双星形连接每相有 40 台；3) 单台电容器容量 $20000/40\text{kvar}=500\text{kvar}$ 。

(4) 本所 35kV 三相 4 组，双星形连接，先并后串，由二个串段组成，每段 10 个单台 334kvar 电容器并联，其中一组串 12% 的电抗器，这一组电容器的额定电压接近 ()。

- (A) 5.64kV (B) 10.6kV (C) 10.75kV (D) 12.05kV

► 答案：[D]

► 解答过程：由《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 5.2.2.3 条，串联电抗器引起的电容器运行电压升高，接入串联电抗器后，电容器运行电压按式 (5.2.2) 计算：

$$U_c = \frac{U_s}{\sqrt{3S}} \frac{1}{1-K} = \frac{1.05 \times 35}{\sqrt{3} \times 2} \times \frac{1}{1-12\%} \text{kV} = 12.05 \text{kV}$$

故本题选 D。

(5) 4 组三相 35kV 60000kvar 电容器，每组串 12% 电抗，当 35kV 母线短路容量为下面 () 时，可不考虑电容器对母线短路容量的助增。

- (A) 1200MVA (B) 1800MVA (C) 2200MVA (D) 3000MVA

► 答案：[D]

► 解答过程：根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 附录 F 的 F.7 条，对于采用 (12~13)% 串联电抗器的电容器装置满足 $Q_c/S_d < 10\%$ 时，可以不考虑其对短路电流的影响，由此可得

$$S_d > Q_c/10\% = 60\text{Mvar} \times 4/10\% = 2400\text{Mvar}$$

故选 D 为正确答案。

题 5：某变电站分两期工程建设，一期和二期在 35kV 母线侧各装一组 12Mvar 并联电容器成套装置。(2008)

(1) 一期的成套装置中串联电抗器的电抗率为 6%，35kV 母线短路电流为 13.2kA，试计算 3 次谐波谐振的电容器容量应为下列哪些数值？

- (A) 40.9Mvar (B) 23.1Mvar (C) 216Mvar (D) 89.35Mvar

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 第 3.0.3 条，当分组电容器按各种容量组合运行时，不得发生谐振，谐振电容器容量，按 3.0.3 式计算如下：

$$\begin{aligned} S_d &= \sqrt{3} U_c I_d = \sqrt{3} \times 35 \times 13.2 \text{Mvar} = 800.2 \text{Mvar} \\ Q_{CX} &= S_d \left(\frac{1}{n^2} - K \right) = 800.2 \times \left(\frac{1}{3^2} - 6\% \right) \text{Mvar} = 40.9 \text{Mvar} \end{aligned}$$

(2) 若未接入电容器装置时的母线电压是 35 kV，试计算接入第一组电容器时，母线

的稳态电压升高值应为下列哪项？

- (A) 0.525kV (B) 0.91kV (C) 1.05kV (D) 0.3kV

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 条文说明有关条款知，并联电容器装置接入电网后引起的母线电压升高值可按下列式计算：

$$\Delta U_s = U_{s0} \frac{Q}{S_d} = 35 \times \frac{12}{800.2} \text{ kV} = 0.525 \text{ kV}$$

(3) 若成套电容器组采用串并接方式，各支路内部两个元件串接，假设母线的电压为 36kV，计算单个电容器的端电压为下列何值？

- (A) 11.06kV (B) 19.15kV (C) 22.11kV (D) 10.39kV

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 有关条款及式 (5.2.2) 知，电容器额定电压的选择，应计入接入串联电抗器引起的电容器运行电压升高，其电压升高值按下式计算：

$$U_c = \frac{U_s}{\sqrt{3}S} \times \frac{1}{1-K} = \frac{36}{\sqrt{3} \times 2} \times \frac{1}{1-0.06} \text{ kV} = 11.06 \text{ kV}$$

(4) 对电容器与断路器之间连线短路故障，宜设带短延时的过电流保护动作于跳闸，假设电流互感器电流比为 300/1，接星形接线，若可靠系数为 1.5，电容器长期允许的最大电流按额定电流计算，计算过电流保护的動作电流应为下列何值？

- (A) 0.99A (B) 1.71A (C) 0.66A (D) 1.34A

► 答案：[A]

► 解答过程：根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》式 (27-3)，对电容器与断路器之间连线短路故障宜装设带短延时的过电流保护，动作于跳闸。其动作电流的计算如下：

$$I_{dz} = \frac{K_k K_{jx} I_c}{n_l} = \frac{1.5 \times 1 \times \frac{12}{\sqrt{3} \times 35}}{300} \text{ A} = 0.99 \text{ A}$$

题 6：某 35kV 变电站配置了三相并联电容器组作为无功补偿装置，请对下列问题作解答。(2008)

(1) 串联电抗器 L 可安装在电容器组的电源侧和中性点侧两个位置，其作用和要求有所不同，请判断下列论述中有关错误并说明理由。

- (A) 限制合闸涌流和抑制谐波的作用是不同的
(B) 限制合闸涌流和抑制谐波的作用是相同的
(C) 串联电抗器在中点侧对动、热稳定没有特殊要求
(D) 串联电抗器装在电容器的电源侧应校验动、热稳定电流

► 答案：[A]

► **解答过程：**根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008)有关条款可知，串联电抗器无论装在电容器组的电源侧或中性点侧，从限制合闸涌流和抑制谐波来说，作用都一样。但串联电抗器装在中性点侧，正常运行串联电抗器承受的对地电压低，可不受短路电流的冲击，对动热稳定没有特殊要求，可减少事故，使运行更加安全。当需要把串联电抗器装在电源侧时，普通电抗器是不能满足要求的，应采用加强型电抗器，但这种产品是否满足安装点对设备动热稳定的要求，也应经过校验。

(2) 电容器组单星形接线，回路串有 12% 的电抗器，每相由两台电容器串联组合而成，请计算确定单台电容器的 U_e 值为 ()。

- (A) 3kV (B) 6.3kV (C) 10.5kV (D) 11kV

► **答案：**[D]

► **解答过程：**根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 条文说明有关条款可知，电容器的额定电压可先由公式求出计算值再从产品标准系列中选取，计算公式如下：

$$U_{CN} = \frac{1.05 \times U_{SN}}{\sqrt{3}S(1-K)} = \frac{1.05 \times 35}{\sqrt{3} \times 2 \times (1-12\%)} \text{ kV} = 12.05 \text{ kV}$$

(3) 某 35kV 母线三相短路容量为 2000MVA，采用 6% 串联电抗器，计算电容器组容量不超过下列何值时，可不考虑电容器组对短路电流的助增作用，说明理由。

- (A) 100Mvar (B) 200Mvar (C) 300Mvar (D) 400Mvar

► **答案：**[A]

► **解答过程：**根据《导体和电器选择设计技术规定》(DL/T 5222—2005) 附录 F 第 F.7.1 条可知，对于采用 6% 串联电抗器的电容器装置 $Q_c / S_d \leq 5\%$ 时，可以不考虑其对短路电流的影响，由此可得

$$Q_c \leq S_d \times 5\% = 2000 \times 5\% \text{ Mvar} = 100 \text{ Mvar}$$

(4) 若电容器组三相容量为 20Mvar，选择的断路器额定电流最小不小于下列何值，并说明理由。

- (A) 297A (B) 330A (C) 445A (D) 660A

► **答案：**[C]

► **解答过程：**1) 电容器组额定电流为

$$I_n = \frac{S_c}{\sqrt{3}U_e} = \frac{20 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 35} \text{ A} = 329.9 \text{ A}$$

2) 根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 有关条款：并联电容器装置的总回路和分组回路的电器和导体的稳态过电流，应为电容器组额定电流的 1.35 倍。由此可得断路器额定电流为

$$I = 1.35 I_n = 1.35 \times 329.9 \text{ A} \approx 445 \text{ A}$$

(5) 若电容器组由额定电压 11kV，单台容量为 200 kvar 的电容器组成，请计算保护该

电容器熔断器的熔丝的 I_e 选何值，并说明理由。

- (A) 16A (B) 26A (C) 30A (D) 40A

► 答案: [A]

► 解答过程: 1) 单台电容器额定电流为

$$I_n = \frac{S_c}{\sqrt{3}U_c} = \frac{200}{\sqrt{3} \times 11} \text{ A} = 10.5 \text{ A}$$

2) 根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 有关条款可知，熔断器的熔丝额定电流选择，不应小于电容器额定电流的 1.43 倍，并不宜大于额定电流的 1.55 倍，即 I_e 应该满足

$$\begin{aligned} 1.43I_n &\leq I_e \leq 1.55I_n \\ \Rightarrow 1.43 \times 10.5 &\leq I_e \leq 1.55 \times 10.5 \\ \Rightarrow 15 \text{ A} &\leq I_e \leq 16.3 \text{ A} \end{aligned}$$

(6) 35kV 并联电容器组安装处母线短路容量为 2000MVA，电容器串 6% 电抗器，以免发生 5 次谐波谐振，请计算确定电容器容量不能选下列哪项？

- (A) 40Mvar (B) 37Mvar (C) 30Mvar (D) 20Mvar

► 答案: [A]

► 解答过程: 根据《并联电容器装置设计规范》(GB 50227—2008) 有关条款知，谐振电容器的容量可按式计算：

$$Q_{CX} = S_d \left(\frac{1}{n^2} - K \right) = 2000 \times \left(\frac{1}{5^2} - 6\% \right) \text{ Mvar} = 40 \text{ Mvar}$$

题 7: 有一台发电机 300MW，通过容量为 360MVA 额定电压 242/20kV 升压变，二回 220kV 2×LGJ-400/100km 与系统连接，正常运行时变压器中性点直接接地。(2005)

(1) 在做规划设计阶段，潮流计算哪些参数？

(A) 发电机的 X_d ，发电机出力 $P_G + jQ_G$ ，变压器正、负序电抗 (X_1 、 X_2)，线路正序零序阻抗分别为 ($R_1 + jX_1$) 和 ($R_0 + jX_0$)，负荷 ($P_L + jQ_L$)。

(B) 发电机出力 $P_G + jQ_G$ ，变压器正序电抗 (X_1)，线路正序阻抗 ($R_1 + jX_1$)，负荷 ($P_L + jQ_L$)。

(C) 发电机出力 $P_G + jQ_G$ ，变压器正序零序阻抗 (X_1 、 X_0)，线路正序零序阻抗 ($R_1 + jX_1$) 和 ($R_0 + jX_0$)，负荷 $P_G + jQ_G$ 。

(D) 发电机的同步电抗 X_d ；发电机出力 $P_G + jQ_G$ ，变压器正序电抗 (X_1)，线路正序阻抗 ($R_1 + jX_1$)，负荷 ($P_L + jQ_L$)。

► 答案: [B]

► 解答过程: 在潮流计算中并不需要负序和零序阻抗。负序和零序阻抗主要用于短路电流计算中。

(2) 360MVA 变压器 $U_d\% = 14\%$ 基准电压 $U_B = 230\text{kV}$ ， $S_B = 100\text{MW}$ ，其正序、零序标么值为 ()

- (A) 0.0431/0.0431 (B) 0.0389/0.0389

(C) 0.0431/0.1293

(D) 0.0389/0.1167

▶ 答案: [B]

▶ 解答过程: 1) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 4-2 节表 4-2 公式可得变压器正序阻抗标么值为

$$X_{*d} = \frac{U_d \%}{100} \times \frac{S_j}{S_e} = \frac{14}{100} \times \frac{100}{360} = 0.0389$$

2) 对于中性点直接接地变压器, 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》表 4-17 可得, 变压器的零序阻抗标么值为 $X_0 = X_1 = 0.0389$ 。

(3) 220kV 架空线路 2×LGJ-400 导线及良导体避雷线, 单长 100km, 电抗有名制 0.297Ω/km, $U_B=230\text{kV}$, $S_B=100\text{MW}$ 。二回路的正序、零序电抗的标么值为 ()。

(A) 0.056/0.168 (B) 0.056/0.0187 (C) 0.0181/0.0843 (D) 0.0281/0.0094

▶ 答案: [A]

▶ 解答过程: 1) 根据《电力工程电气设计手册 电气一次部分》第 4-2 节表 4-2 及表 4-3 可得

$$X_1^* = X_1 \frac{S_j}{U_j^2} = 0.297 \times 100 \times \frac{100}{230^2} = 0.056$$

2) 对于有良导体避雷线的架空输电双回路线路 $X_0 = 3X_1 = 3 \times 0.056 = 0.168$ 。

(4) 下列哪种在故障下保护开关正确动作, 为保持系统稳定运行, 可以采取切荷?

- (A) 300MW 发电机跳闸
- (B) 一回 220kV 线路无故障断开不重合
- (C) 一回 220kV 线路三相故障断开不重合
- (D) 220kV 母线单相接地故障

▶ 答案: [D]

▶ 解答过程: 根据《电力系统安全稳定导则》(DL/T 755—2001) 第 3.2.2 条第 b 款可知, 当发生任一段母线故障时, 保护、开关及重合闸正确动作, 应能保持稳定运行, 必要时允许采取切机和切负荷等稳定性措施。

参 考 文 献

- [1] GB 50016—2006. 建筑设计防火规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2006.
- [2] GB 50049—2011. 小型火力发电厂设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- [3] GB 50052—2009. 供配电系统设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2009.
- [4] GB 50054—2011. 低压配电设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- [5] 中华人民共和国工程建设标准强制性条文 电力工程部分 (2011 年版) [S]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- [6] GB 50058—1992. 爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 1992.
- [7] GB 50059—2011. 35kV~110kV 变电站设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- [8] GB 50060—2008. 3kV~110kV 高压配电装置设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
- [9] GB/T 50062—2008. 电力装置的继电保护和自动装置设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
- [10] GB/T 156—2007. 标准电压 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [11] GB 50116—1998. 火灾自动报警系统设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 1998.
- [12] GB 50217—2007. 电力工程电缆设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2007.
- [13] GB 50227—2008. 并联电容器装置设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
- [14] GB 50229—2006. 火力发电厂与变电站设计防火规范 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [15] GB 50260—1996. 电力设施抗震设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 1996.
- [16] GB 311.1—1997. 高压输变电设备的绝缘配合 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [17] GB/T 26218.1—2010. 污秽条件下使用的高压绝缘子的选择和尺寸确定 第 1 部分: 定义、信息和一般原则 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [18] GB/T 7409.1~7409.2—2008. 同步电机励磁系统 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [19] GB 1094.1—1996. 电力变压器 第 1 部分 总则 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [20] GB 1094.2—1996. 电力变压器 第 2 部分 温升 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [21] GB/T 6451—2008. 油浸式电力变压器技术参数和要求 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [22] GB/T 17468—2008. 电力变压器选用导则 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [23] GB 15707—1995. 高压交流架空送电线 无线电干扰限值 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [24] GB 6830—1986. 电信线路遭受强电线路危险影响的容许值 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1986.
- [25] GB/T 12325—2008. 电能质量 供电电压偏差 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [26] GB/T 12326—2008. 电能质量 电压波动和闪变 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [27] GB/T 14549—1993. 电能质量 公用电网谐波 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1993.
- [28] GB/T 15543—2008. 电能质量 三相电压不平衡 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [29] GB 14285—2006. 继电保护和安全自动装置技术规程 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [30] GB 50660—2011. 大中型火力发电厂设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- [31] DL/T 5153—2002. 火力发电厂厂用电设计技术规定 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [32] DL/T 5186—2004. 水力发电厂机电设计规范 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [33] DL/T 5164—2002. 水力发电厂厂用电设计规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

- [34] DL/T 5044—2004. 电力工程直流系统设计技术规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [35] DL/T 5390—2007. 火力发电厂和变电站照明设计技术规定 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [36] DL/T 5140—2001. 水力发电厂照明设计规范 [S]. 北京: 中国中医药出版社, 2001.
- [37] DL 5061—1996. 水利水电工程劳动安全与工业卫生设计规范 [S]. 北京: 中国电力出版社, 1996.
- [38] DL 5454—2012. 火力发电厂职业卫生设计规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2012.
- [39] DL/T 5218—2005. 220kV~500kV 变电所设计技术规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [40] DL/T 5155—2002. 220kV~500kV 变电所所用电设计技术规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [41] DL/T 5242—2010. 35kV~220kV 变电站无功补偿装置设计技术规定 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [42] DL/T 5056—2007. 变电站总布置设计技术规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [43] DL 5027—1993. 电力设备典型消防规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 1993.
- [44] DL/T 5352—2006. 高压配电装置设计技术规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [45] SL 311—2004. 水利水电工程高压配电装置设计规范 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.
- [46] DL/T 5222—2005. 导体和电器选择设计技术规定 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [47] DL/T 583—2006. 大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置技术条件 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [48] DL/T 843—2010. 大型汽轮发电机自并励静止励磁系统技术条件 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- [49] DL/T 5103—2012. 35kV~110kV 无人值班变电站设计规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2012.
- [50] DL/T 5136—2001. 火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [51] DL/T 5149—2001. 220kV~500kV 变电所计算机监控系统设计技术规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [52] DL/T 5202—2004. 电能量计量系统设计技术规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [53] DL/T 620—1997. 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合 [S]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
- [54] DL/T 621—1997. 交流电气装置的接地 [S]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
- [55] DL/T 5224—2005. 高压直流输电大地返回运行系统设计技术规定 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [56] DL/T 5090—1999. 水力发电厂过电压保护和绝缘配合设计技术导则 [S]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- [57] DL/T 5091—1999. 水力发电厂接地设计技术导则 [S]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- [58] GB 50545—2010. 110kV~750kV 架空输电线路设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2010.
- [59] DL/T 5217—2005. 220kV~500kV 紧凑型架空送电线路设计技术规定 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2005.
- [60] DL/T 436—2005. 高压直流架空送电线路技术导则 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [61] DL/T 832—2003. 光纤复合架空地线 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [62] DL 5033—2006. 输电线路对电信线路危险和干扰影响防护设计规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [63] DL/T 691—1999. 高压架空送电线无线电干扰计算方法 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [64] DL/T 5429—2009. 电力系统设计技术规程 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [65] DL/T 5003—2005. 电力系统调度自动化设计技术规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [66] DL/T 5002—2005. 地区电网调度自动化设计技术规程 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [67] DL/T 5147—2001. 电力系统安全自动装置设计技术规定 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2001.

- [68] SD 325—1989. 电力系统电压和无功电力技术导则 [S]. 北京: 中国电力出版社, 1989.
- [69] DL/T 723—2000. 电力系统安全稳定控制技术导则 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- [70] DL/T 755—2001. 电力系统安全稳定导则 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
- [71] DL/T 5216—2005. 35kV~220kV 城市地下变电站设计规定 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [72] GB/T 7064—2008. 隐极同步发电机技术要求 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [73] SL 321—2005. 大中型水轮发电机基本技术条件 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [74] 水利电力部西北电力设计院. 电力工程电气设计手册(电气一次部分)[M]. 北京: 中国电力出版社, 1989.
- [75] 能源部西北电力设计院. 电力工程电气设计手册(电气二次部分)[M]. 北京: 中国电力出版社, 1991.
- [76] 国家电力公司东北电力设计院. 电力工程高压送电线路设计手册(第二版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [77] 电力工业部电力规划设计总院. 电力系统设计手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [78] 水利电力部水利水电建设总局. 水电厂机电设计手册(电气一次分册)[M]. 北京: 水利电力出版社, 1982.
- [79] 水利电力部水利水电建设总局. 水电厂机电设计手册(电气二次分册)[M]. 北京: 水利电力出版社, 1983.
- [80] GB/T 50063—2008. 电力装置的电测量仪表装置设计规范 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.

编著图书推荐表

姓名		出生年月		职称/职务		专业	
单位				E-mail			
通讯地址						邮政编码	
联系电话			研究方向及教学科目				
个人简历（毕业院校、专业、从事过的以及正在从事的项目、发表过的论文）							
您近期的写作计划有：							
您推荐的国外原版图书有：							
您认为目前市场上最缺乏的图书及类型有：							

地址：北京市西城区百万庄大街 22 号 机械工业出版社 电工电子分社

邮编：100037 网址：www.cmpbook.com

联系人：张俊红 电话：13520543780 010-68326336（传真）

E-mail：buptzjh@163.com（可来信索取本表电子版）

读者需求调查表

亲爱的读者朋友：

您好！为了提升我们图书出版工作的有效性，为您提供更好的图书产品和服务，我们进行此次关于读者需求的调研活动，恳请您在百忙之中予以协助，留下您宝贵的意见与建议！

个人信息

姓名：		出生年月：		学历：	
联系电话：		手机：		E-mail：	
工作单位：				职务：	
通讯地址：				邮编：	

1. 您感兴趣的科技类图书有哪些？

- ☐自动化技术 ☐电工技术 ☐电力技术 ☐电子技术 ☐仪器仪表 ☐建筑电气
☐其他（ ）以上各大类中您最关心的细分技术（如 PLC）是：（ ）

2. 您关注的图书类型有：

- ☐技术手册 ☐产品手册 ☐基础入门 ☐产品应用 ☐产品设计 ☐维修维护
☐技能培训 ☐技能技巧 ☐识图读图 ☐技术原理 ☐实操 ☐应用软件
☐其他（ ）

3. 您最喜欢的图书叙述形式为：

- ☐问答型 ☐论述型 ☐实例型 ☐图文对照 ☐图表 ☐其他（ ）

4. 您最喜欢的图书开本为：

- ☐口袋本 ☐32 开 ☐B5 ☐16 开 ☐图册 ☐其他（ ）

5. 图书信息获得渠道：

- ☐图书征订单 ☐图书目录 ☐书店查询 ☐书店广告 ☐网络书店 ☐专业网站
☐专业杂专 ☐专业报纸 ☐专业会议 ☐朋友介绍 ☐其他（ ）

6. 购书途径

- ☐书店 ☐网络 ☐出版社 ☐单位集中采购 ☐其他（ ）

7. 您认为图书的合理价位是（元/册）：

- 手册（ ） 图册（ ） 技术应用（ ） 技能培训（ ） 基础入门（ ） 其他（ ）

8. 每年购书费用

- ☐100 元以下 ☐101～200 元 ☐201～300 元 ☐300 元以上

9. 您是否有本专业的写作计划？

- ☐否 ☐是（具体情况： ）

非常感谢您对我们的支持，如果您还有什么问题欢迎和我们联系沟通！

地址：北京市西城区百万庄大街 22 号 机械工业出版社电工电子分社 邮编：100037

联系人：张俊红 联系电话：13520543780 传真：010-68326336

电子邮箱：buptzjh@163.com（可来信索取本表电子版）

机械工业出版社相关图书 (电气自动化与新能源及节能减排类)

序号	书号	书名	定价
1	20286	S7-300/400PLC实用开发指南	50
2	22522	大功率变频器及交流传动	30
3	23224	基于MATLAB的线性控制系统分析与设计 (原书第5版)	88
4	23475	永磁无刷直流电机控制技术与应用	35
5	24871	S7-300/400PLC原理与实用开发指南	36
6	25157	S7-200PLC原理与应用开发指南	39
7	25158	STEP7开发基础与应用指南	38
8	25240	模糊集理论及其电力行业应用	36
9	25308	粗糙集理论及其电力行业应用	35
10	25414	柔性交流输电系统	47
11	26146	S7-300/400 PLC梯形图与语句表编程	40
12	26538	三菱FX系列PLC设计与开发——原理应用与实训	40
13	26795	工业企业供电实用技术速培指南	40
14	27268	三菱PLC基础与系统设计	40
15	27626	电气测量原理与应用	78
16	27850	电力系统与谐波	48
17	28098	移动设备的电源管理	68
18	28560	电磁屏蔽原理与应用	88
19	30505	单片机电路设计、分析与制作	44
20	31328	控制系统仿真及Matlab应用	30
21	32360	AutoCAD电气设计快速入门与提高	40
22	32494	风力发电的模拟与控制	58
23	33190	图解西门子S7-300/400 PLC控制系统设计快速入门	37
24	34207	风能原理、风资源分析及风电场经济性	58
25	35258	机电系统中的传感器与驱动器——设计与应用	88
26	35295	太阳能光伏发电系统	69.8
27	35496	自动调节系统的工程设计方法	58
28	35522	可再生能源系统: 100%可再生能源解决方案的选择与模型	59.8
29	35540	碳捕获与封存	98
30	36308	双凸极电机的结构设计与系统控制	33
31	37261	磁悬浮轴承——理论、设计及旋转机械应用	99
32	38028	变配用电设备电气试验与典型故障分析及处理	49.8
33	38047	三菱FX系列PLC原理及工程应用	39.8
34	38076	变频器故障信息与维修代码速查手册	49.8
35	39725	风力发电工程指南	78

以上图书在全国各大新华书店和主要网络书店均有销售。

2013



地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

电话服务

社服务中心:010-88361066

销售一部:010-68326294

销售二部:010-88379649

读者购书热线:010-88379203

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工微博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

上架指导 考试

上架指导 工业技术 / 电气工程

ISBN 978-7-111-41094-2

策划编辑◎张俊红 / 封面设计◎马精明

ISBN 978-7-111-41094-2



9 787111 410942 >

定价: 39.80元