

文章编号: 1674—8247(2023)05—0062—07

DOI: 10.12098/j.issn.1674-8247.2023.05.012

基于 IEEE 标准的某国外项目牵引变电所镍镉电池容量计算研究

曹毅峰 文 策

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要: 国外项目的电气化铁路工程设计中, 通常需要采用与国内项目有较大区别的设计方法, 特别是在典型设备的选型计算上, 需要运用 IEC、EN、IEEE 等国际规范。针对牵引变电所的直流系统, 国外项目中通常使用镍镉型蓄电池, 而不是国内通用的铅酸型蓄电池。本文以国外项目的典型工程实例为研究对象, 根据 IEEE-1115 规范中对镍镉型蓄电池容量的计算要求, 阐述了牵引变电所内直流负荷的统计原则和计算条件, 探讨了所内直流电源系统蓄电池容量的计算方法和步骤, 并将其与国内规范选型计算结果进行了对比分析。研究结论可为国外项目的牵引变电所直流系统设计提供参考, 帮助习惯于国内规范的设计人员快速适应并正确运用国际标准和规范。

关键词: 国外项目; 牵引变电所; 镍镉电池; 电池容量计算

中图分类号: U224

文献标志码: A

62

A Study on Calculation of Capacity of Nickel-cadmium Accumulators in Traction Substation for an Overseas Project Based on IEEE Standard

CAO Yifeng WEN Guo

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: The electrical railway engineering design of overseas projects often requires design methods that differ significantly from those used in domestic projects, especially when it comes to the selection and calculation of some typical equipment. These projects mostly adhere to the requirements specified in international standards such as IEC, EN, IEEE, etc. For the traction substation's direct current system, overseas projects often require the use of nickel-cadmium accumulators instead of lead-acid accumulators which are commonly used in domestic projects. The paper, based on an overseas project as a typical case, provided a detailed description of the statistical principles and calculation conditions for the direct current load in the traction substation in accordance with the calculation requirements for the capacity of nickel-cadmium accumulators in the IEEE-1115 standard. It discussed the calculation methods and steps for determining the accumulator capacity of the direct current power supply system within the station and compares them with the selection calculations based on Chinese standards. The findings can serve as a reference for the design of the direct current system in traction substations for overseas projects, enabling designers accustomed to Chinese standards to quickly adapt to and correctly apply international standards and specifications.

Key words: overseas project; traction substation; nickel-cadmium accumulator; calculation of accumulator capacity

收稿日期: 2022-09-26

作者简介: 曹毅峰(1984-), 男, 高级工程师。

引文格式: 曹毅峰, 文策. 基于 IEEE 标准的某国外项目牵引变电所镍镉电池容量计算研究[J]. 高速铁路技术, 2023, 14(5): 62-68.

CAO Yifeng, WEN Guo. A Study on Calculation of Capacity of Nickel-cadmium Accumulators in Traction Substation for an Overseas Project Based on IEEE Standard [J]. High Speed Railway Technology, 2023, 14(5): 62-68.

近年来,高速铁路作为最闪亮的国家名片取得了飞速发展^[1]。国外电气化铁路工程中,牵引变电所作为铁路供电系统中的核心设施,不仅担负着向电气化铁路各种负荷供电的任务,往往也是当地重要的电力设施。

牵引变电所直流系统是牵引变电所的重要部分,它为一次设备控制、开关分合闸、保护、信号、自动装置、通讯、事故照明等负荷提供工作电源。在所用交流电中断供电的情况下,由后备电源装置——蓄电池继续提供直流电源,以保证对一次设备的可靠操作。因此,蓄电池的正确选型是直流系统设计的核心,对工程设计人员提出了较高的要求。

国外项目的牵引变电所功能、规模、设备配置等与国内存在较大的差异,故所内直流系统蓄电池的选型计算也有不同的要求,直接套用国内的常规设计方法往往不能满足要求。蓄电池选取需按照 IEEE、EN、IEC 等国际规范标准的要求,结合牵引变电所的工况及当地运维习惯,确定最终的技术方案。

本文结合牵引变电所直流电源蓄电池设计的基本原则,对国内、外的牵引变电所蓄电池设计要点及影响因素进行对照分析,叙述了基于 IEEE-1115 规范的蓄电池容量计算方法、步骤及相关数据的确定原则,旨在为未来国外电气化铁路工程项目提供参考。

1 国内外项目牵引变电所的差异

从功能而言,国内的电气化铁路牵引变电所均从电网引入2路独立的电源,经过降压后向铁路用户提供电源^[2]。其中,多数为将三相的110 kV、220 kV、330 kV 降压为单相27.5 kV 向牵引负荷(主要是牵引网,供电对象是电力机车)提供电源,如图1所示。部分牵引变电所与电力配电所合建,将三相的110 kV、220 kV、330 kV 降压为三相10 kV 或35 kV 向铁路沿线非牵引负荷供电(主要包括沿线车站等设施的电力照明负荷,及通信、信号、信息等设备用电负荷)。

与国内牵引变电所被视为电网的终端不同,国外项目中牵引变电所通常是电网的重要组成部分,一旦牵引变电所退出运行,电网结构将发生重大变化。故在国外项目中,牵引变电所在电网的地位和重要性明显高于国内,电力部门对其的建设、运行、管理、维护的关注度也相应提高,其运维管理工作也由铁路运营部门与电力系统运营部门共同完成。因此,国外项目中,设计牵引变电所时应考虑铁路或电力的设计规范和运维管理办法^[3]。

以某国外项目的220 kV 牵引变电所为例,该牵

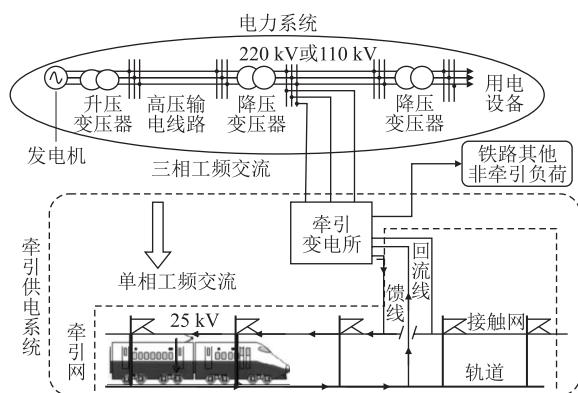


图1 国内牵引变电所功能示意图

引变电所采用220 kV 电压等级进线,同时为铁路提供27.5 kV 电源(牵引负荷)和20 kV 电源(非牵引负荷)。牵引变电所采用4路220 kV 进线接入电网,其中2路接入地方电网变电站,另外2路与相邻的牵引变电所相连。所内220 kV 采用双母线分段接线,220 kV 母线存在穿越功率。所内设置4台220 kV 变压器,其中2台为220/27.5 kV 牵引变压器,另外2台为220/20 kV 电力变压器。主接线图如图2所示。

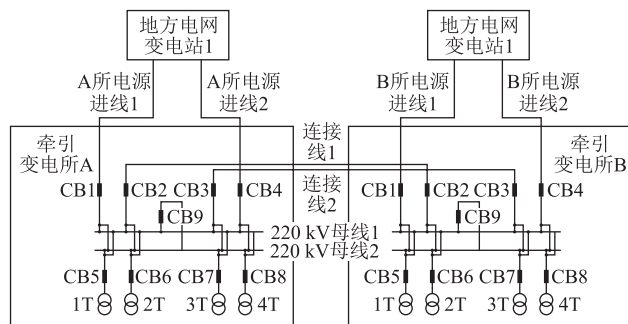


图2 国外典型牵引变电所主接线图(220 kV 侧)

所内包括电力、铁路2个部门的运营维护人员,其中电力部门负责高压侧(即与电网相关的220 kV 部分设备设施)的运营维护;铁路部门负责低压侧(即直接向铁路负荷供电的27.5 kV 和20 kV 设备设施)的运营维护。可以看出,相对国内同类工程,此工程中牵引变电所具有规模较大、设备数量较多、运行方式复杂、运营维护困难的特点。相比于国内牵引变电所,国外工程中电力部门在牵引变电所的设计、运维等工作中的介入更多、更深入。国内外牵引变电所特点对照如表1所示。

2 牵引变电所蓄电池的选型

2.1 直流系统蓄电池的分类及特点

蓄电池是直流电源常用的电能来源,它是一种将

表 1 国内外牵引变电所特点对照表

项目	国内牵引变电所	国外牵引变电所
规模	较小	较大
设备数量	较少	较多
运行方式及要求	仅考虑铁路,较简单	结合电网要求,较复杂
运维部门	仅为铁路部门	铁路与电力部门共同运维
其他	电网终端,对系统影响小	系统的重要部分

化学能直接转化为电能的装置,使用过程中需经历充放电的过程。按照国内规范,变电站工程中常用蓄电池主要有铅酸蓄电池及镍镉蓄电池两类^[4]。两种电池的技术性能对照如表 2 所示。

表 2 镍镉电池及阀控式铅酸电池技术性能对照表

性能说明	镍镉电池	铅酸电池
电池价格	较高	较低
环境影响	低温性能较好	高、低温下性能显著下降
运维要求	较高	较低
使用寿命	较长, > 10 年	5 ~ 8 年
故障率	较低	较高

相较于铅酸电池,镍镉电池具有以下优势:电池能量高;放电安全,无需超容量设计;力学性能好;低温性能良好;内阻低,允许大电流输出;允许快速充电;放电过程中电压稳定且易于维护。镍镉电池主要缺点在于其价格比铅酸电池高,电池效率低。此外,镍镉电池的运维要求相对较高,需要定期进行补液,且镉有剧毒,使用后需回收;电池还需进行完全放电,否则会出现“记忆效应”。

此外,近年来发展出的蓄电池还包括硅能电池、燃料电池、锂电池、钠离子电池等,但由于技术和经济等原因,它们尚未在牵引变电站工程中得到广泛应用。

2.2 牵引变电所蓄电池的选型原则和设计思路

国内牵引变电所早期同时使用了镍镉电池和铅酸蓄电池,但近年来经过多方面的技术经济综合对比,行业内已普遍使用阀控式密封铅酸蓄电池^[5]。一个重要的原因是铅酸蓄电池成本较低,运维简单,然而其寿命相对较短。

国外项目中蓄电池的选型思路有很大不同。镍镉电池的使用寿命通常可以达到 10 年以上,且较为结实耐用,具有明显的经济优势。因此,国外变电站工程通常更倾向于选择镍镉型蓄电池,并有完整的设计和运维规范参照执行,因此设计人员掌握镍镉电池的容量计算方法具有十分重要的意义。

3 国外工程牵引变电所蓄电池计算实例

目前,镍镉电池容量的计算通常要求按照美标

IEEE - 1115 Std - 2015 执行,即镍镉蓄电池的计算选择,主要包括负荷统计、电池选择及电池容量计算。该标准对镍镉电池的容量计算全过程进行了系统而详细的论述,不仅做了定义和理论推导,还提供了实用算例以供参考,在国外工程中有较高的认可度。

以此国外项目牵引变电所实际数据为例,进行直流系统镍镉蓄电池容量的计算。该牵引变电所采用 DC220 V 直流系统,为 220 kV、27.5 kV 及 20 kV 设备提供直流电源,要求停电时间为 10 h。

3.1 负荷统计

在直流电源容量计算时,通常需先进行直流负荷统计。直流负荷一般分为连续负荷、间歇负荷(间断性负荷)及随机负荷^[6-8]。以此牵引变电所实际数据为例,分别统计各部分负荷。

(1) 连续负荷

牵引变电所的连续负荷包括所内控制、信号、保护、监控系统的负荷,如表 3 所示。

表 3 牵引变电所连续负荷统计表

序号	负荷名称	负荷统计/W
变电所综合自动化系统		
1	220 kV 部分综自屏	2 557
2	27.5 kV & 20 kV 部分综自屏	1 060
3	220 kV 部分综自系统 UPS 电源	1 978
4	27.5 kV & 20 kV 部分综自 UPS 电源	1 112
网间隔监控系统		
1	接触网开关监控系统屏	600
GIS, SWG 和 SVG		
1	220 kV GIS 本地控制柜	1 500
2	27.5 kV GIS 开关柜	320
3	20 kV AIS 开关柜	450
4	SVG 控制装置	264
连续负荷合计		9 841 W
连续负荷计算电流合计		89.46 A

牵引变电所内设置有两套综自系统,并分别配置了 UPS 设备,负荷应单独统计。220 kV GIS 本地控制柜每个间隔 1 面,单面负荷为 100 W,共计 15 个间隔;27.5 kV 开关柜单柜负荷为 32 W,共计 32 台;20 kV 开关柜单柜负荷为 25 W,共计 18 台。

(2) 间歇负荷

直流间歇负荷,主要是各部分断路器的分闸线圈、合闸线圈及充电电机负荷。所内断路器的各部分负荷统计如表 4 所示。

表 4 牵引变电所间歇负荷统计表			
直流负荷	220 kV GIS CB	27.5 kV GIS CB	20 kV AIS CB
分闸负荷/W	3 168	295	50
计算电流/A	28.800	2.682	0.455
合闸负荷/W	1 452	237	180
计算电流/A	13.200	2.156	1.636
储能电机负荷/W	1 800	100	100
计算电流/A	16.364	0.909	0.909

上述负荷表根据供货商提供的数据进行统计计算,其中 220 kV GIS 断路器采用双分闸绕组,每个分闸绕组负荷为 1 584 W。

有了以上直流连续负荷和间歇负荷的数据,就可以进行初步的直流电池容量需求汇总。

3.2 蓄电池各阶段容量需求的计算汇总

在变电所直流系统失电后,整个蓄电池放电需经历所内断路器分闸-合闸-分闸的过程,分、合闸之间需有一次断路器储能线圈充电。结合本牵引变电所的运行情况,可以分为以下几个阶段,各阶段单台断路器负荷电流如表 5 所示。

(1)阶段 1:根据前文提到的牵引变电所主接线及运行方式,考虑一次最严重的故障,即所内 220 kV 母线上发生故障,此时 5 个 220 kV GIS 间隔断路器同时分闸,负荷电流为 5 台断路器分闸电流的总和,动作时间取分闸完成的时间,可取 0.1 s。此时负荷电流 $I_1 = 28.800 \times 5 = 144.000$ A,动作时间:0.1 s。

(2)阶段 2:断路器分闸完成后,各储能电机同时开始储能,负荷电流取 5 台断路器储能电流的总和,动作时间为储能过程完成的时间,按供货商提供数据,取 15 s。此时负荷电流 $I_2 = 16.364 \times 5 = 81.818$ A,动作时间:15 s。

(3)阶段 3:分闸后的断路器合闸,过程是依次合闸,负荷电流为单台断路器的合闸电流,动作时间为 5 台断路器依次合闸的总和,断路器合闸时间 0.1 s。此时负荷电流 $I_3 = 13.200 \times 1 = 13.200$ A,动作时间:0.5 s。

(4)阶段 4:断路器合闸完成后,各储能电机同时开始储能,负荷电流取 5 台断路器储能电流的总和,动作时间为储能过程完成的时间,按供货商提供数据,取 15 s。此时负荷电流 $I_4 = 16.364 \times 5 = 81.818$ A,动作时间:15 s。

(5)阶段 5:连续负荷;负荷时间考虑牵引变电所的停电时间,国内规范一般取 2 h,当地电网规范要求取 10 h。负荷电流 $I_5 = 89.464$ A。

(6)阶段 6:再考虑一次牵引变压器故障分闸,此

时所内 1 台 220 kV GIS 断路器分闸,2 台 27.5 kV GIS 断路器同时分闸,负荷电流为各断路器分闸电流的总和,动作时间取分闸完成的时间,可取 0.1 s。此时负荷电流 $I_6 = 28.800 \times 1 + 2.682 \times 2 = 34.164$ A,动作时间:0.1 s。

表 5 蓄电池容量需求汇总表						
阶段	阶段 1	阶段 2	阶段 3	阶段 4	阶段 5	阶段 6
参数名称	断路器分闸	断路器储能	断路器合闸	断路器储能	连续	断路器分闸
断路器数量	5	5	5	5	-	3
单台设备电流/A	28.800	16.364	13.200	16.364	89.464	34.164
计算电流/A	144.000	81.818	13.200	81.818	89.464	34.164
裕量 10% 电流/A	158.400	90.000	14.520	90.000	98.410	37.580
需要系数	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	1.000
单台设备时间/s	0.100	15.000	0.100	15.000	-	0.100
备用时间/s	0.100	15.000	0.500	15.000	36 000.000	0.100
备用时间/h	0.000 03	0.004 17	0.000 14	0.004 17	10.000	0.000 03
直流电流需求/A	158.400	90.000	14.520	90.000	59.046	37.580
直流容量需求/Ah	0.003	0.375	0.002	0.375	590.460	0.001
容量合计/Ah	591.217					

最后得到初步的直流电池容量需求,591.217 Ah。按照当地电网设计经验,设备均考虑了 10% 的裕量,连续负荷的同时系数取 0.6 (此系数与 DL/T 5044 中要求相同)。

另外,可考虑一次牵引变压器分闸后的恢复供电作为随机负荷,负荷电流取 1 台 220 kV GIS 断路器和 2 台 27.5 kV GIS 断路器的合闸负荷之和,即 17.51 A,负荷持续时间取 10 s。

3.3 重要系数的取值

按照 IEEE - 1115 标准要求,在最终计算电池容量前,需确定一些重要的参数,包括温度下降系数、设计裕度系数、老化系数及容量额定系数。

(1)温度下降系数

电池的可用容量受其工作温度的影响。电池容

量的标准温度为 25 ℃。然而,在本项目中,最低预期电解液温度为 0 ℃ (32 F)。电池容量温度曲线如图 3 所示。

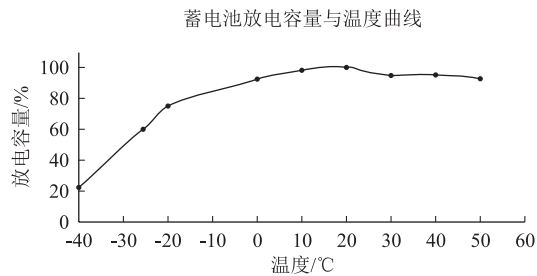


图 3 镍镉电池温度曲线图

由图 3 可知,0 ℃时放电容量的相应值为 90%,因此温度下降系数为 $T_1 = \frac{1}{0.9} \cong 1.11$ 。考虑到电池的实际工作温度将在一定程度上升高,1.11 是计算电池容量时具有足够裕度的系数。

(2) 设计裕度系数和老化系数

设计裕度的计算方法是在单元尺寸上乘以一个百分比因子。在本项目中,预计负荷增长 20%,设计裕度系数可取 1.2。

电池容量的损失率取决于工作温度、电解液比重、放电深度和频率等因素,因此应根据所需的使用寿命选择老化系数。在本项目中,电池的尺寸能够承载负载,直到其容量降低到额定容量的 80%,因此老化系数可取 1.25。

(3) 容量额定系数

容量额定系数是计算过程中的一个关键参数。因此,在进行最终的电池容量计算前,需先进行一项重要系数的计算。直流电源电池容量系数根据式(1)进行计算:

$$K_1 = K_{t_2} - \frac{(K_{t_2} - K_{t_1}) \times (t_2 - t)}{(t_2 - t_1)}$$

(1)

式中: K_1 ——容量额定系数;
 t ——各阶段放电时间(min)。

根据表 3,把充放电过程的各个阶段划分成 4 个时间段即可完成计算。其中不满 1 s 按 1 s 计,每个时间段的负荷取各阶段的最大安培 + 直流连续负荷,统计结果为:

第一时间段: 阶段 1 + 阶段 2

$$M1 = 0.1\text{ s} + 15\text{ s} = 16\text{ s} = 0.27\text{ min};$$

$$A1 = 158.040\text{ A} + 59.046\text{ A} = 217.446\text{ A}。$$

第二时间段: 阶段 3 + 阶段 4,

$$M2 = 0.5\text{ s} + 15\text{ s} = 16\text{ s} = 0.27\text{ min};$$

$$A2 = 90.000\text{ A} + 59.046\text{ A} = 149.046\text{ A}。$$

第三时间段: 阶段 5

$$M3 = 36000\text{ s} - 16\text{ s} - 16\text{ s} - 1\text{ s} = 35967\text{ s} = 599.45\text{ min};$$

$$A3 = 59.046\text{ A}。$$

第四时间段: 阶段 6

$$M4 = 0.1\text{ s} \approx 1\text{ s} = 0.02\text{ min};$$

$$A4 = 37.580\text{ A} + 59.046\text{ A} = 96.626\text{ A}。$$

根据初步计算结果,直流容量需求为 591.217 Ah,因此初步选择 600 Ah 电池的参数进行计算。电池参照图和各阶段计算值如图 4、表 6 所示。

20 ℃ ± 5 ℃ 下根据 IEC62259 可用电流恒流充满电后
放电性能数据

终止放电电压
1.05 V/只

型号	容量 Ah	h							min							s		
		10	8	5	3	2	1.5	1	45	30	20	15	10	5	1	30	5	1
KGL 600	600	634	791	122	184	254	311	400	439	442	518	561	612	682	788	855	961	1 012

图 4 电池参数图

表 6 各阶段 K_1 计算表

放电时间 t/min	时间 t_1/min	时间 t_2/min	(1) t_1 时间电流 I/A	(2) t_2 时间电流 I/A	t_1 时间系数 $K_{t_1}/600 \div (1)$	t_2 时间系数 $K_{t_2}/600 \div (2)$	t 时间系数 K_t
0.02	0.02	—	1 012.00	—	0.59	—	0.592 9
0.27	0.08	0.50	961.00	855.00	0.62	0.70	0.659 1
0.27	0.08	0.50	961.00	855.00	0.62	0.70	0.659 1
0.54	0.50	1.00	855.00	788.00	0.70	0.76	0.706 5
599.46	480.00	600.00	79.10	63.40	7.59	9.46	9.455 3
599.73	480.00	600.00	79.10	63.40	7.59	9.46	9.459 5
600.00	600.00	—	63.40	—	9.46	—	9.463 7

由表 6 可知,无论是 K_1 系数计算公式的表现形式,还是其计算结果, K_1 系数都表示实际放电时间与额定整数时间对应的容量折算关系,是最终精确计算电池容量所必备的换算系数。

3.4 IEEE - 1115 标准计算表格编制及结果

IEEE - 1115 标准计算表格(表 A.3)所要求的计算数据已全部得到,接着代入本变电所数据,结果如表 7 所示。

表 7 蓄电池容量计算结果表

阶段	负荷/A	负荷差值/A	持续时间/min	各阶段总操作时间/min	系数 K_t	系数 T_t	需要容量/Ah	
							+ ve 值	- ve 值
第一部分(前 1 个时间段) 如果 $A_2 > A_1$, 转向第二部分 2-否								
1	$A_1 = 217.45$	$A_1 - 0 = 217.45$	$M_1 = 0.27$	$t = M_1 = 0.27$	0.66	1.11	159.3	0
					合计		159.3	
第二部分(前 2 个时间段) 如果 $A_3 > A_2$, 转向第三部分-否								
1	$A_1 = 217.45$	$A_1 - 0 = 217.45$	$M_1 = 0.27$	$t = M_1 + M_2 = 0.54$	0.71	1.11	171.4	0
2	$A_2 = 149.05$	$A_2 - A_1 = -68.4$	$M_2 = 0.27$	$t = M_2 = 0.27$	0.66	1.11	0	-50.1
					合计		121.3	
第三部分(前 3 个时间段) 如果 $A_4 > A_3$, 转向第四部分-是								
1	$A_1 = 217.45$	$A_1 - 0 = 217.45$	M_1	$t = M_1 + M_2 + M_3$	-	-	0	0
2	$A_2 = 149.05$	$A_2 - A_1 = -68.4$	M_2	$t = M_2 + M_3$	-	-	0	0
3	$A_3 = 59.05$	$A_3 - A_2 = -90$	M_3	$t = M_3$	-	-	0	0
					合计		0	
第四部分(前 4 个时间段) 如果 $A_5 > A_4$, 转向第五部分-否								
1	$A_1 = 217.45$	$A_1 - 0 = 217.45$	$M_1 = 0.27$	$t = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = 600$	9.46	1.11	2 283.3	0
2	$A_2 = 149.05$	$A_2 - A_1 = -68.4$	$M_2 = 0.27$	$t = M_2 + M_3 + M_4 = 599.73$	9.46	1.11	0	-718.
3	$A_3 = 59.05$	$A_3 - A_2 = -90$	$M_3 = 599.45$	$t = M_3 + M_4 = 599.46$	9.46	1.11	0	-945.1
4	$A_4 = 96.63$	$A_4 - A_3 = 37.62$	$M_4 = 0.02$	$t = M_4 = 0.02$	0.71	1.11	31.7	0
					合计		649.6	
随机负荷/Ah								
R	$AR = 17.51$	$AR - 0 = 17.51$	$MR = 0.17$	-	0.66	1.11	12.8	0

根据表 7 的数据, 蓄电池最终计算容量 = 设计裕度系数 \times 老化系数 \times (最大时间段计算负荷 + 随机负荷), 即: $Se = 1.2 \times 1.25 \times (649.6 + 12.8) = 993.7 \text{ Ah}$ 。按照蓄电池产品额定容量的标准值, 最终选择 1 100 Ah 的蓄电池。

4 总结及与国内规范的对比分析

国外工程的牵引变电所由于本身规模较大、所内设备较多, 故统计出来的直流负荷较大, 加之停电时间要求长达 10 h (国内规范要求 2 h), 因此计算出的蓄电池容量远超国内的牵引变电所 (国内牵引变电所一般不会超过 200 Ah)。

由前文的计算过程可知, IEEE - 1115 中要求的电池容量计算方法的本质是容量换算, 这是一种基于现有电池额定参数精确换算到实际使用情况的计算方式。特别明显的是引入的温度下降系数和容量额定系数, 是蓄电池容量在不同使用环境和不同放电时间要求下的具体体现, 因此此种计算方式较为严谨。

国内采用的蓄电池容量计算方法一般是 DL/T 5044 - 2014, 计算方法是简化计算法和阶梯计算法。这两种方法是根据不同的蓄电池型式、终止电压和放电时间, 在此标准附录中查找容量换算系数, 然后分

阶段计算容量, 再将计算确定后的容量考虑裕度系数、老化系数和温度修正系数后得到最终结果。从基本原理而言, IEEE 标准和 DL 标准的计算思路是一致的, 而 2 个标准给出的容量换算系数存在一定差异^[8]。将本文提到的典型牵引变电所的数据代入计算后发现, 计算结果差别在 10% 左右。

很多工程项目及设计人员在计算蓄电池容量时, 习惯于仅把所有的直流用电量简单相加汇总。这种方法是不严谨的, 易导致所选择的电池容量偏小, 主要是因为没有考虑电池在实际工作情况下的放电过程。由于蓄电池容量将直接决定直流系统的很多关键参数 (如充电电流、开关容量等), 如电池容量选择不当将严重影响直流系统的整体设计质量。

5 结论

本文针对国外项目电气化铁路牵引变电所直流系统蓄电池容量计算的问题, 研究了基于 IEEE 标准的镍镉电池容量计算的具体设计方法, 得到主要结论如下:

(1) 国外项目的牵引变电所是地方电网的重要组成部分, 其建设规模、设备配置、运行方式都与国内的牵引变电所有很大的不同, 不能直接将国内项目的蓄

电池选型经验套用到国外项目上去。

(2) 国外项目变电所工程中经常选用镍镉电池,因为它比铅酸电池更为耐用,寿命更长,其全周期寿命内的经济性指标更优。当选用镍镉电池时,应使用国际标准规范 IEEE-1115 的要求开展设计工作。

(3) 负荷计算中应结合牵引变电所的主接线及运行工况要求,确定各阶段需要进行分合闸的断路器等开关设备、分合闸负荷、分合闸时间等参数计算确定,并考虑一定的裕量和同时系数。

(4) 使用 IEEE-1115 进行蓄电池容量计算时,应根据供货商提供的蓄电池温度曲线和放电数据来确定温度下降系数和容量额定系数,再使用标准计算表格得到最终计算结果。其中各时间段的计算值是解决问题的关键。在确定各时间段参数时,可将多个分合闸阶段进行合并简化。

(5) 参与国外电气化铁路牵引变电所工程的设计人员在进行蓄电池容量计算时,不能简单地将各设备的用电量相加汇总,否则可能导致计算出的电池容量偏小,进而影响直流系统的整体设计质量。

参考文献:

- [1] 谢毅,寇峻瑜,姜梅,等. 中国铁路发展概况与技术展望[J]. 高速铁路技术, 2020, 11(1): 11-16.
XIE Yi, KOU Junyu, JIANG Mei, et al. Development and Technical Prospect of China Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(1): 11-16.
- [2] TB 10009-2016 铁路电力牵引供电设计规范[S].
TB 10009-2016 Design Standard of Railway Electric Power System [S].
- [3] 铁总运〔2015〕50号,高速铁路牵引变电所运行检修规则[S].
Tie Zong Yun〔2015〕No. 50, Rules for Operation and Maintenance of High-speed Railway Traction Substations [S].
- [4] DL/T 5044-2014 电力工程直流电源系统设计技术规程[S].
DL/T 5044-2014 Technical Code for Design of DC Auxiliary Power Supply System for Power Engineering [S].
- [5] JB/T 13517-2018 电气化铁路用直流电源装置[S].
JB/T 13517-2018 DC Power Supply Unit for Electrified Railway [S].
- [6] 张海申,刘莉. 基于 IEEE Std 485 和 DL/T 5044 的城轨变电所蓄电池容量计算研究[J]. 现代城市轨道交通, 2021(8): 29-33.
ZHANG Haishen, LIU Li. Research on Battery Capacity Calculation for Urban Rail Transit Substation Based on IEEE Std 485 and DL/T 5044 [J]. Modern Urban Transit, 2021(8): 29-33.
- [7] 魏源,李颖,李慧音. 基于 IEEE 标准的直流系统蓄电池容量计算[J]. 电工技术, 2018(1): 33-35.
WEI Yuan, LI Ying, LI Huiyin. IEEE Standard Based Calculation of Storage Battery Capacity in DC System [J]. Electric Engineering, 2018(1): 33-35.
- [8] 田羽,何仲,范春菊. 变电站蓄电池容量计算和算法改进[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(22): 210-213.
TIAN Yu, HE Zhong, FAN Chunju. Storage Battery Capacity Calculation and Algorithm Improvement [J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(22): 210-213.