

# 调速电气传动系统的国家标准简析

柴青<sup>1</sup>, 陈实<sup>2</sup>, 连孝藩<sup>3</sup>, 罗深<sup>4</sup>

(1. 天津电气科学研究院有限公司, 天津 300180; 2. 苏州汇川技术有限公司, 江苏 苏州 215104; 3. 施耐德电气(中国)有限公司上海分公司, 上海 201203; 4. 希望森兰科技股份有限公司, 四川 成都 610207)

**摘要:** 调速电气传动系统的国家标准是调速电气传动行业发展现状的需求。标准是发布的建立设计规格和设计流程的文档, 通过建立被普遍理解和采纳的一致性协议, 形成产品研发、生产的基本构件, 用于确保产品等的可靠性、功能和兼容性, 增强交互性, 以保证消费者的安全等权益。通过使用标准, 能够保证互连性和交互性的要求; 通过标准的应用, 能够验证新产品和新市场的可信度。调速电气传动系统的国家标准目前有9个部分, 这9个部分既相互关联, 又各有侧重, 基本涵盖了关于调速电气传动系统产品的各个方面。应根据技术进步以及行业新变化, 制定符合时代特点的国家标准。

**关键词:** 标准; 调速电气传动系统; 产品; 可信度; 市场

**中图分类号:** TM46 **文献标识码:** A **DOI:** 10.19457/j.1001-2095.dqed22130

## Brief Analysis of National Standards for Adjustable Speed Electrical Power Drive Systems

CHAI Qing<sup>1</sup>, CHEN Shi<sup>2</sup>, LIAN Xiaofan<sup>3</sup>, LUO Shen<sup>4</sup>

(1. Tianjin Research Institute of Electric Science Co., Ltd., Tianjin 300180, China; 2. Suzhou Inovance Technology Co., Ltd., Suzhou 215104, Jiangsu, China; 3. Schneider Electric(China)Co., Ltd. Shanghai Branch, Shanghai 201203, China; 4. Hope Senlan Science and Technology Holding Corp., Ltd., Chengdu 610207, Sichuan, China)

**Abstract:** The national standard of adjustable speed electrical power drive system is the demand of the development status of this industry. A standard is a document issued to establish design specifications and design processes. By establishing a consensus agreement that is widely understood and adopted, a standard form the basic components of product development and production, which is used to ensure the reliability, function and compatibility of products, enhance interactivity, and ensure the safety and other rights and interests of consumers. The use of standards can ensure the requirements of interconnection and interactivity; the application of standards can verify the credibility of new products and new markets. At present, there are nine parts in the national standard of speed regulation electric drive system. These nine parts are related to each other, and each part has its own emphasis, which basically covers all aspects of the products of speed regulating electric drive system. The national standards should be upgraded to international standards according to the technical progress and new changes in the industry.

**Key words:** standard; adjustable speed electrical power drive system (PDS); product; credibility; market

## 1 调速电气传动系统的国家标准存在的意义

### 1.1 调速电气传动行业现状

#### 1.1.1 交流调速的广泛应用

随着交流调速理论、电力电子技术不断成熟和发展, 交流调速系统无论在控制性能、效率和

可靠性等方面都得到很大的提升。由于交流调速系统克服了直流调速系统中存在机械换向器这个主要缺点, 目前已经成为电气设备调速传动的主流配置。

#### 1.1.2 调速电气传动系统带来的节能和工艺提升

降低生产成本, 提高效益。通过变频器调速满足生产工艺的要求, 使调速电气传动系统及传

**基金项目:** 天津电气科学研究院有限公司科研开发创新基金(JC2018ZL001)

**作者简介:** 柴青(1982—), 女, 硕士, 高级工程师, Email: aimee\_chai@hotmail.com

动设备保持高效运行,节能降耗。

提高产品质量和生产效率。以变频器为核心的调速电气传动系统,功能灵活,动、静态性能优良,有利于现场产品工艺的提升和工业自动化控制水平的提高。

## 1.2 对标准的需求

标准是建立设计规范和设计流程的文档,通过建立被普遍理解和采纳的一致性协议,形成产品研发、生产的基本构件,用于确保产品等的可靠性、功能和兼容性,增强交互性,以保证消费者的安全等权益。只有通过使用标准,才能保证互连性和交互性的要求;只有通过标准的应用,才能验证新产品和新市场的可信度。

### 1.2.1 企业产品研发、测试的规范化需求

在企业研发和生产的进程中,一个好的研发流程和生产流程,在设计环节,需要严格按照相关国家标准来规范产品规格说明书和总体技术方案。当然,国家标准作为通用标准,只能作为基本原则。在测试环节中,也需要严格参照相关标准制定测试用例。

### 1.2.2 用户购买和验收商品的参考

客户从自身利益出发,提出的一些产品需求有可能超出合理的产品标准规格。制造商为此需要花费大量的人力、物力,而且产品质量会存在极大的风险;同时,客户也十分困惑,因为没有合适的参考标准,只能根据自己有限的产品知识和制造商沟通,有可能导致得到的产品并不是实际想要的产品或可靠的产品。这样对制造商和客户而言,可能由于没有标准这座“桥梁”,造成沟通的失败和实际结果的“双输”。因此产品相关基础技术标准的实施,对制造商和客户乃至整个行业发展都十分有利。

### 1.2.3 参与竞争的需求

随着我们越来越深入地融入经济全球化,企业不可避免地要参与激烈的国际竞争。

在大多数行业都走向数字化或已经转型到数字化的今天,标准化和竞争之间的关系已经发生了实质性的变化,企图设置专有接口,只能在自己的生态系统中使用,而不能与竞争对手进行互操作性的策略不再适合目前的趋势。通用的基础标准的广泛应用协调了市场的发展,它创造了“网络效应”,并赢得了行业从业者和客户的信任,使市场增长到最大的潜力。

竞争由制造商在标准之上的独特功能或标

准之外的因素的差异化来推动。标准化并不能减少竞争。相反,它迫使公司考虑其核心能力和想为人所知的具体竞争优势。也就是说,标准化迫使企业在竞争战略上更加清晰。

## 2 调速电气传动系统国家标准及相互关系

全国电力电子系统和设备标准化技术委员会含半导体电力变流器的调速电气传动系统分技术委员会(SAC/TC60/SC1)负责制修订本领域的国家标准。调速电气传动系统领域国家标准共分为9个部分,均等同采用国际电工委员会(IEC)第61800系列标准。转化后发布的国家标准标号为GB/T 12668,且均为推荐性国家标准。

第1部分为《GB/T 12668.1—2002调速电气传动系统第1部分:一般要求低压直流调速电气传动系统额定值的规定》<sup>[1]</sup>。本部分适用于一般用途的直流调速传动系统,并且该系统适用于连接交流电源电压1 kV及以下、50 Hz或60 Hz的电气传动系统,但是不包括牵引和电动汽车的传动系统。它规定了直流电气传动系统的额定值,给出了变流器的特性及其与整个直流传动系统的关系。这一部分等同采用IEC 61800—1:1997,在技术内容和编写格式上完全一致。目前IEC 61800—1:1997正在修订中。

第2部分为《GB/T 12668.2—2002调速电气传动系统第2部分:一般要求低压交流变频电气传动系统额定值的规定》<sup>[2]</sup>。本部分适用于一般用途的交流调速传动系统,该系统适用于连接交流电源电压1 kV以下、50 Hz或60 Hz,负载侧频率达600 Hz的电气传动系统(PDS),给出了变流器的特性及其与整个交流传动系统的关系。这一部分等同采用IEC 61800—2:1998,在技术内容和编写格式上完全一致。目前更新的版本IEC 61800—2:2015正在修订中。

第3部分为《GB/T 12668.3—2012调速电气传动系统第3部分:电磁兼容性要求及其特定的试验方法》<sup>[3]</sup>。本部分给出产品的电磁兼容性标准及其特定的实验方法,规定了电气传动系统(PDS)的电磁兼容性(EMC)要求,同样不包含牵引应用和电动车辆。本部分根据预期用途对变频调速系统进行分类:第一类环境,第二类环境,C1类PDS,C2类PDS,C3类PDS和C4类PDS。一方面,考虑PDS对抗外界电磁干扰的能力;另一方面,

考虑PDS产生的电磁干扰。这一部分等同采用IEC 61800-3:2004,在技术内容和编写格式上完全一致。目前更新的版本IEC 61800-3正在修订中。

第4部分为GB/T 12668.4为《调速电气传动系统 第4部分:一般要求 交流电压1 kV以上但不超过35 kV的交流调速电气传动系统额定值的规定》<sup>[4]</sup>。本部分适用于包括功率转换、控制设备和电动机的交流电压1 kV以上但不超过35 kV的高压交流调速电气传动系统额定值的规定(不包括铁路和电动车辆牵引的应用);给出了1 kV以上但不超过35 kV变流器的基本特性、拓扑结构及其与整个交流电气传动系统的关系,并且还说明了关于变流器的输入输出额定值、正常使用条件、过载能力、浪涌、系统稳定性、保护功能、交流线路接地、拓扑和试验等性能要求;此外,还给出了诸如控制方案、扭振分析以及高压交流电气传动系统部件集成、接地的推荐方法等应用指南。GB/T 12668.4等同采用IEC 61800-4:2002,在技术内容和编写格式上完全一致。这部分的内容会包含在IEC 61800-2的新版本中。

第5部分包括2个子项:《GB 12668.501-2013 调速电气传动系统 第5-1部分:安全要求 电气、热和能量》<sup>[5]</sup>和《GB/T 12668.502-2013 调速电气传动系统 第5-2部分:安全要求功能》<sup>[6]</sup>。第5-1部分,关于设计,它规定了对调速传动系统设计和结构的最低要求,以保证产品或者系统在安装过程中、正常工作条件下和维护过程中的安全;关于测试,按照设计的要求进行试验,要求制造商和试验机构在充分考虑到公差和测量不确定度的情况下,采用规定的最大或最小值;对于制造商,为了保证用户在各个环节的安全,要求提供各种必需的信息。第5-2部分侧重功能安全。这一部分等同采用IEC 61800-5-1:2007和IEC 61800-5-2:2007,更新的版本IEC 61800-5-1目前正在修订中。

第6部分为《GB/T 12668.6-2011 调速电气传动系统 第6部分:确定负载工作制类型和相应电流额定值的导则》<sup>[7]</sup>。本部分确定负载工作制类型和相应电流额定值的导则,为规定调速电气传动系统(PDS),特别是其基本传动模块(BDM)的额定值提供了可供选择的方法。本部分涉及电机、风机、泵类等负载的相关应用。这一部分等同采用IEC 61800-6:2003。目前IEC 61800-6修

订工作将启动。

第7部分为3个子项:GB/T 12668.701为《调速电气传动系统 第7-1部分:电气传动系统的通用接口和使用规范 接口定义》<sup>[8]</sup>;GB/T 12668.7201为《调速电气传动系统 第7-201部分:电气传动系统的通用接口和使用规范 I型规范说明》<sup>[9]</sup>;GB/T 12668.7301为《调速电气传动系统 第7-301部分:电气传动系统的通用接口和使用规范 I型规范对应至网络技术》<sup>[10]</sup>。本部分描述了控制系统和电气传动系统之间的一种通用接口,此接口可嵌入到控制系统中,控制系统本身也可位于传动装置上;规定了映射到传动协议集中的一系列常用的传动控制功能、参数、状态及操作顺序的描述;提供了一种访问传动系统功能和数据的方法,该方法不依赖于已使用的传动协议和通信接口。这一部分等同采用IEC 61800-7系列,此部分将不断扩充完善,增加新的子项。

第8部分为《调速电气传动系统 第8部分:功率接口的电压规范》<sup>[11]</sup>。本部分给出了确定电气传动系统(PDS)功率接口电压的方法;适用于确定变流器以及电动机端子的相对相电压(线电压)和相对地电压(相电压);所指的逆变器都是脉冲宽度调制型的,每个输出电压脉冲的宽度是根据实际需求的电压变化的。这一部分等同采用IEC 61800-8:2017。

第9部分为《调速电气传动系统 第9部分:电气传动系统、电机起动机、电力电子设备及其传动应用的生态设计》,有3个子部分,目前9-1和9-2部分已经发布实施<sup>[12-13]</sup>。9-1部分对调速电气传动系统能效标准相关基本概念进行了定义,规范了扩展产品及其部件的功耗计算方法,适用于由电机起动机或变频器(CDM)控制的电机系统;引入并详细介绍了半解析模型(semianalytic model, SAM)、扩展产品(extended product, EP)、扩展产品法(extended product approach, EPA)等概念和方法。9-2部分是对9-1部分具体细化的过程,即如何具体地实现第9-1部分的2个半解析模型(SAM)。9-2部分认为,电气传动系统(PDS)可能的工作点(力矩、速度)的集合是无限的。理论上,有必要知道每个点产生的功耗值,然而,在实践中,知道有限(8个)特定工作点的功耗就足够了。

GB/T 12668.1, GB/T 12668.2对额定值进行了规定,可以理解为调速电气传动系统标准的总索

引。需要了解和应用交直流调速电气传动系统标准,先通览这两个标准,再根据具体需要找到具体的相关标准。比如在第1部分找到关于产品EMC方面的内容,如果需要进一步,就可以按照指示找到第3部分GB/T 12668.3。GB/T 12668.7是调速传动系统适应当今设备网络化、自动化需求而产生的。GB/T 12668.9是通过对PDS以及延伸产品的能效按标准合理评级,可以让用户获得高效的产品和更高的使用价值。

总之,这9个部分既相互关联,又各有侧重,基本涵盖了关于调速电气传动系统产品的各个方面。

### 3 调速电气传动系统的国家标准发展趋势

#### 3.1 根据需要及时修订相应的国家标准

IEC标准的权威性是世界公认的,这是由IEC的宗旨决定的:促进电气、电子工程领域中标准化及有关问题的国际合作,增进国际间的相互了解。为了更好地和世界接轨,我国的大部分电气传动行业的标准是基于IEC国际标准等同翻译和整理得来的。

随着技术的进步和行业发展的需要,IEC定期对现有的标准进行修订:更新、增加或废除相应的标准。这样一来,对于我们而言,要积极参与IEC标准的变化,比如IEC 61800-1:1997的制修订。中国标委会抓住了机会,成立了相应的工作组MT20。在工作过程中,中国专家可以熟悉国际标准修订的方法和流程,规范国内标准工作者的工作组织方式和文档管理方式。充分地 and IEC各方面专家交流,学习相应的知识和经验。

参与不是目的,而是可以很好地培养国内标准化工作者的能力,这样他们能够更好地跟进国家标准相应的修订工作。目前来看,国际上的本领域龙头企业,例如西门子、施耐德、丹佛斯等,在IEC标准的制修订中是投入了大量的人力和物力的。相比而言,国内标准化组织的实力和所获得的支持还不够,人员的专业程度和专注程度都还有待提高。在标准的制修订工作中,我们需要加快步伐。例如,对于国际标准IEC61800-2,IEC已成立MT9维护组,新版本将IEC 61800-2和IEC 61800-4合并,形成高低压交流传动系统的统一标准,此项IEC标准已经发布。我们需要及时地参与和跟踪这项标准修订的进程,以便在

第一时间修订相应的国家标准,为国内企业服务。

#### 3.2 根据技术进步以及行业新变化,制定符合时代特点的国家标准

集成电路的飞速发展,使CPU的功能越来越强大,能够处理复杂的运算,而且面对网络安全的威胁,CPU已经集成了安全引导等功能。随着新材料的革新应用,功率半导体器件的功率密度越来越高,产品越来越小型化,但是也会带来电磁兼容性的难题。制造商为了满足客户需求,不再追求集成更多的功能,而是努力细分产品,使其满足不同的应用,以优化不同类型产品的成本和尺寸,同时,产品的用户界面日趋于当今手机的外观,为用户提供图形显示和直观菜单,以导航日益多样化的操作设置。随着物联网的广泛应用,以太网等通信得到了广泛应用,这带来了网络安全的话题。

在这种大背景和环境,需要关注电气传动系统在网络化、智能化方向的发展。这样可以从事业细分的角度出发,研究一些新兴子行业的专有电气传动系统的行业标准以及国家标准,为我国先进制造2025保驾护航。

#### 3.3 把国家标准升级到国际标准

由于国外电气传动行业起步比我们早几十年,因此很多相关国际标准都是以国外大公司(如西门子、施耐德等)的企业标准为蓝本起草的。同时在修订的过程中,也是这些大公司或西方专家为主。我们在未来需要逐步增加话语权。一方面,我们要积极吸收国际标准的优点为我所用,从本质上理解,以扬弃的思想来实现我们的国家标准,而不是一味的照搬照抄。另一方面,随着中国在世界经济贸易中份额的增加,我们要积极争取把我们的国家标准“逐步转化”为国际标准,这样中国相关的电气传动企业设计或生产的产品就能引领行业的发展方向,进而在国际贸易中保持优势。

#### 参考文献

- [1] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.1—2002 调速电气传动系统第1部分:一般要求低压直流调速电气传动系统额定值的规定[S]. 北京:中国标准出版社,2003.  
SAC/TC60/SC1, GB/T 12668.1—2002 adjustable speed electrical power drive systems—part 1: general requirements—rating specifications for low voltage adjustable speed DC power drive systems[S]. Beijing: Standards Press of China, 2003.

- [2] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.2—2002 调速电气传动系统第2部分:一般要求低压交流变频电气传动系统额定值的规定[S]. 北京:中国标准出版社,2003.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.2—2002 adjustable speed electrical power drive systems—part 2: general requirements—rating specifications for adjustable speed a.c. power drive systems[S]. Beijing: Standards Press of China, 2003.
- [3] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.3—2012 调速电气传动系统第3部分:电磁兼容性要求及其特定的试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2013.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.3—2012 adjustable speed electrical power drive systems—part 3: EMC requirements and specific test methods for PDS and machine tools with embedded PDS[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- [4] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.4—2006 调速电气传动系统第4部分:一般要求交流电压1 000 V以上但不超过35 kV的交流调速电气传动系统额定值的规定[S]. 北京:中国标准出版社,2006.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.4—2006 adjustable speed electrical power drive systems—part 4: general requirements—rating specifications for a.c. power drive systems above 1 000 V a.c. and not exceeding 35 kV[S]. Beijing: Standards Press of China, 2006.
- [5] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.501—2013 调速电气传动系统第5-1部分:安全要求电气、热和能量[S]. 北京:中国标准出版社,2014.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.501—2013 adjustable speed electrical power drive systems—part 5-1: safety requirements—electrical, thermal and energy[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.
- [6] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.502—2013 调速电气传动系统第5-2部分:安全要求功能[S]. 北京:中国标准出版社,2014.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.502—2013 adjustable speed electrical power drive systems—part 5-2: safety requirements—functional[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.
- [7] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.6—2011 调速电气传动系统第6部分:确定负载工作制类型和相应电流额定值的导则[S]. 北京:中国标准出版社,2011.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.6—2011 adjustable speed electrical power drive systems—part 6: guide for determination of types of load duty and corresponding current ratings[S]. Beijing: Standards Press of China, 2011.
- [8] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.701—2012 调速电气传动系统第7-1部分:电气传动系统的通用接口和使用规范[S]. 北京:中国标准出版社,2013.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.701—2012 adjustable speed electrical power drive systems—part 7-1: generic interface and use of profiles for power drive systems interface definition[S]. Beijing: Standards Press of China, 2013.
- [9] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.7201—2019 调速电气传动系统第7-201部分:电气传动系统的通用接口和使用规范1型规范说明[S]. 北京:中国标准出版社,2019.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.7201—2019 adjustable speed electrical power drive systems—part 7-201: generic interface and use of profiles for power drive systems—profile type 1 specification[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.
- [10] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.7301—2019 调速电气传动系统第7-301部分:电气传动系统的通用接口和使用规范1型规范对应至网络技术[S]. 北京:中国标准出版社,2019.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.7301—2019 adjustable speed electrical power drive systems—part 7-301: generic interface and use of profiles for power drive systems—mapping of profile type 1 to network technologies[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.
- [11] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.8—2017 调速电气传动系统第8部分:功率接口的电压规范[S]. 北京:中国标准出版社,2018.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.8—2017 adjustable speed electrical power drive systems—part 8: specification of voltage on the power interface[S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.
- [12] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.901—2020 调速电气传动系统第9-1部分:电气传动系统、电机起动机、电力电子设备及其传动应用的生态设计采用扩展产品法(EPA)和半解析模型(SAM)制定电气传动设备能效标准的一般要求[S]. 北京:中国标准出版社,2021.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.901—2020 adjustable speed electrical power drive systems—part 9-1: ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications—general requirements for setting energy efficiency standards for power driven equipment using the extended product approach (EPA) and semi analytic model (SAM) [S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [13] 国家标准化管理委员会第60技术委员会第1分技术委员会. GB/T 12668.902—2020 调速电气传动系统第9-2部分:电气传动系统、电机起动机、电力电子设备及其传动应用的生态设计电气传动系统和电机起动器的能效指标[S]. 北京:中国标准出版社,2021.  
SAC/TC60/SC1. GB/T 12668.902—2020 adjustable speed electrical power drive systems—part 9-2: ecodesign for power drive systems, motor starters, power electronics and their driven applications—energy efficiency indicators for power drive systems and motor starters[S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.

收稿日期:2020-07-05

修改稿日期:2020-09-25