

团 体 标 准

T/CNS 42—2020

高温气冷堆核动力厂应急电力系统 设计准则

Design criteria for the emergency power system of high temperature gas
cooled reactor nuclear power plant

2020-12-31 发布

2021-04-01 实施

中 国 核 学 会 发 布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国核学会提出。

本文件由核工业标准化研究所归口。

本文件起草单位：清华大学核能与新能源技术研究院。

本文件主要起草人：孙卫东、陈凡、黄晓津、丁云。

高温气冷堆核动力厂应急电力系统 设计准则

1 范围

本文件规定了球床模块式高温气冷堆(简称高温气冷堆)核动力厂应急电力系统的组成、边界和设计原则,并对高温气冷堆核动力厂应急电力系统的设计提出了具体要求,同时还对某些与应急电力系统有接口关系的电厂设备提出要求。

本文件适用于高温气冷堆核动力厂应急电力系统的设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 12727 核电厂安全级电气设备鉴定
- GB/T 13177 核电厂优先电源
- GB/T 13286 核电厂安全级电气设备和电路独立性准则
- GB/T 13538 核电厂安全壳电气贯穿件
- GB/T 22158 核电厂防火设计规范
- GB 50057 建筑物防雷设计规范
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- EJ/T 625 核电厂备用电源用柴油发电机组准则
- HAD 003/06 核电厂设计中的质量保证
- HAD 102/13 核电厂应急动力系统
- HAF 003 核电厂质量保证安全规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

应急电力系统 emergency power system

保证在运行状态和事故工况期间及事故工况以后安全系统能足够可靠地执行其功能而向该系统提供电力的系统,包括分配动力的系统(配电系统)和产生动力或贮存能量以供在正常电源不可用时使用的应急电源。

3.2

备用电力系统 standby power system

当正常电源不可用时为供应电能而投入使用的包括其辅助设备和能量贮存装置在内的非安全级电力系统。

3.3

正常电源 normal power supply

来自电网或电厂主发电机的电源。

4 应急电力系统的组成

4.1 概述

高温气冷堆核动力厂应急电力系统包括产生、变换电力和将电力进行分配所必需的设备。根据安全负荷对供电要求的不同,高温气冷堆核动力厂应急电力系统可分为应急交流电力系统、安全级直流电力系统和安全级不间断交流电力系统,如附录 A 所示。

4.2 应急交流电力系统

4.2.1 应急交流电力系统包括应急交流电源及配电设备,用于向允许一定时间内供电中断的交流负荷供电。在给此系统供电的电源失电后,应在与安全功能要求相一致的时间内起动应急电源并按预定的时间顺序带负荷。

4.2.2 如果高温气冷堆核动力厂不要求应急交流电力系统执行安全功能,即:不存在大容量的、在失去正常电源后要求长时间持续运行的、与反应堆安全和限制放射性物质释放相关的安全系统负荷,可以不设置安全级的应急交流电力系统。但为了满足电气系统纵深防御的功能需求,应配置非安全级的备用电力系统(包括备用交流电源及配电设备)作为应急电力系统的后备电源,以降低应急电力系统的风险。

4.2.3 考虑到非安全级设备的可用性问题,应对需要长时间连续运行和监测的安全级特别是事故后监测的设备提供可以较快恢复供电的外接移动电源接口或较长时间的蓄电池供电。

4.3 安全级直流电力系统

安全级直流电力系统是使用蓄电池贮能而不间断地为直流负荷供应电力的系统。直流系统通过蓄电池充电器与高温气冷堆核动力厂的应急交流电力系统(或备用电力系统)相连接。

4.4 安全级不间断交流电力系统

安全级不间断交流电力系统是给需要得到不间断交流电力供应的负荷提供电力的交流电力系统。该系统通过逆变器与应急电力系统的直流电力系统相连接,并且还可以与应急交流电力系统(或备用电力系统以及其他优先电源)相连接。

5 应急电力系统的边界

应急电力系统可由正常电源供电。应急电力系统的边界是在将该系统联接到非安全级供电电源的断路器输入端子处,在安全系统负荷的输入端子处以及在从应急电力系统得到电力的非安全系统负荷的隔离装置负荷侧。高温气冷堆核动力厂应急电力系统根据安全负荷的要求进行以上系统设置,附录 A 的图 A.1 为高温气冷堆核动力厂应急电力系统一个单元的例子,分别表示了应急电力系统在设置和未设置应急交流电力系统情况下的单元组成和边界。

6 总设计原则

6.1 概述

6.1.1 应急电力系统的设计应保证:

- a) 对于预计运行事件,向为保持放射性物质的释放在规定限值以内所必需的系统提供电力;
- b) 对于事故工况,向在整个事故期间使放射性物质释放保持在可接受限值以内所必需的系统提供电力。

6.1.2 为完成这些任务,应急电力系统应向所有的安全系统和指定的安全重要物项提供电力,其他非安全重要物项在不降低应急电源质量、不对系统可靠性产生不利影响的情况下,也可以从应急电力系统获得电力。

6.1.3 应急电力系统应具有符合被提供电力的安全系统的所有要求的类型和配置方式。应具有足够的容量和能力在发生设计基准事故时实现其安全功能。

6.1.4 应急电力系统应具有高可靠性,满足多重性、单一故障准则、独立性原则要求。

6.1.5 设计应具有可维护性,保证在反应堆寿期内,系统设备便于检查、维护、修理、试验和更换。

6.1.6 系统设备及材料的选择,除满足电气性能要求外,还应满足对老化、防辐射效应及抗震性能的相关要求。

6.2 设计基准

6.2.1 应急电力系统的设计应保证在发生向应急电力系统供电的正常电源全部丧失,或者核电厂发生其他设计基准事故时,有足够的力量向所有的安全系统和指定的安全重要物项提供电力,以便它们能够执行相应的安全功能。

6.2.2 应急电力系统的设计基准应规定对应急电力系统在功能任务、特性、性能目标、运行和环境条件及可靠性方面的要求。具体应包括以下内容:

- a) 在正常运行、预计运行事件和事故工况期间要求应急电力系统工作的那些事件;
- b) 应急电力系统的可靠性设计要求;
- c) 为触发应急电力系统适当动作应监测的假设变量或变量组合;
- d) 在正常运行、预计运行事件和事故工况期间应急电力系统所处的环境条件;
- e) 会使应急电力系统性能变坏而为此应采取保护措施的情况;
- f) 当需要使用应急电力系统时它可能经受的正常运行,预计运行事件和事故工况期间会出现的稳态和瞬态工况;
- g) 由应急电力系统供给电力的所有负荷,区别哪些是安全重要的,哪些是非安全重要的,并标明负荷的机械、电气特性和要求;
- h) 要求应急电力系统给负荷提供电力,使它们能满足其功能要求的时间顺序;
- i) 对所有应急电力系统设备所要求的工作特性;
- j) 应急电力系统电源的运行工况,包括允许连接、断开和停用电源的那些工况;
- k) 为满足运行限值和条件对应急电力系统设备进行维修和试验的要求;
- l) 要求应急电力系统工作的最短持续时间;
- m) 人因的考虑。

6.3 向应急电力系统供电的正常电源

6.3.1 高温气冷堆核动力厂应急电力系统的正常电源来自电网的输电线路和电厂主发电机的组合配置,这种配置应保证在所有工况下既可从电厂主发电机、也可从输电线路得到连续的供电。

6.3.2 为了使应急电力系统的正常电源达到所需的可靠性,应按照 HAD 102/13 的要求在对厂址所在地电网的可靠性进行评价基础上,对核电厂与电网联接的输电线路的设置应进行分析,设置合适的输电线路与核电厂相连接。可按照 GB/T 13177 的要求,对正常电源的配置和运行进行合理设计,建立与应急电力系统之间的合适的接口系统。

6.3.3 为了向应急电力系统提供高可靠性的电源,应对与正常电源有关的电网、输电线路和厂内、外替

代电源系统等问题进行适当考虑,但这些问题的讨论并不包括在本文件范围之内。

6.4 多重性

应急电力系统应分成几个冗余序列,使它们具有与由其供电的安全系统相一致的多重性。每一个这样的序列应具有使供电的安全系统能执行其安全功能所必需的可靠性、容量和能力。

6.5 独立性

6.5.1 为保持安全级电气设备和电路的独立性,设计应按照 GB/T 13286 相关要求。

6.5.2 在设计中应考虑冗余序列间有害影响或共因故障的可能性,这种故障会使应急电力系统在需要工作时不能执行其安全功能。设计可以采用实体隔离和功能隔离(电气隔离)的独立性原则,防止由于安全系统设备本身、人的因素(例如运行和维修)或设计基准中所考虑的所有假设事件造成的可信共因故障。应用独立性原则可保证整个系统的不可用性主要取决于设备随机故障,而不取决于可以认识到的共因故障。

6.5.3 根据上述独立性原则,应急电力系统各个序列相互之间电路和设备的实体隔离应用构筑物、距离、屏障或其组合来实现。同样应使用隔离距离、隔离装置、屏蔽和布线技术、或其任何组合达到电气隔离的要求。防止一个序列的故障导致另一序列的不可用或失效。

6.5.4 应确定和说明有独立性要求的设备和电路,并且在设计文件和图纸中明确地标出。

6.5.5 安全系统电路和设备的独立性不得因安全系统辅助设施的功能故障而受到损害,例如,安全系统的辅助设施应接到与它所服务的安全系统相同的应急电力系统序列,以免一个序列电气功能丧失导致另一序列机械功能丧失。

6.5.6 由应急电力系统供给电力的非安全系统不得使应急电力系统的功能独立性、系统可靠性降低到它们执行其安全功能所必需的水平。

6.6 应急电力系统的控制和监测

6.6.1 应急电力系统为执行其安全功能所必需的仪表和控制设备应看作应急电力系统的一部分,应急电力系统应设置能完整地控制和监测每个序列运行状态的设备,并包含在本序列的相应构筑物内。在这些设备汇集的地方,不同序列所属设备之间应设置适当的实体隔离和电气隔离装置。控制设备的设计应考虑减少人员错误操作的可能性。

6.6.2 主控制室(必要时在备用停堆点)可根据正常运行,预计运行事件和事故工况的需要设置应急电力系统的必要的控制设备,设备应满足独立性设计要求。

6.6.3 为了在所有运行工况和事故工况下能确定应急电力系统的工作状态,需要为主控制室提供应急电力系统足够的运行状态信息。

6.6.4 为使运行人员有效和无差错地实施监测、诊断和行动,应设计与应急电力系统有关的报警信号系统,该报警系统可以是独立的,也可以作为主控制室报警系统的组成部分。

6.6.5 如果控制室的应急电力系统状态监测信号和报警信号作为安全操作的依据,则这些信号及相关设备应按安全级要求。

6.7 容量和能力

6.7.1 应急电力系统应具有在所有运行状态和事故工况下、当假定发生某一单一故障时执行其安全功能的容量和能力。容量和能力应通过适当的电气计算分析来确定,并通过试验加以验证。分析和试验应考虑所有连续的、断续的和瞬时的安全负荷及其未被自动断开的非安全重要负荷。

6.7.2 任何设计基准事故期间应急电力系统的电能质量的变化不得使任何安全系统负载的性能降低到可接受的水平之下,以至严重损坏防止裂变产物释出的屏障。

6.8 标识

应急电力系统设备及其配电线路,应用标签或色码作明确的标识,以便与非应急电力系统和电厂的其他系统区别开来。应急电力系统的不同冗余序列也应加以标识,以减少维护、试验、修理或校准时选错序列的可能性。识别这些标识时,不应要求参看图纸、手册或其他参考资料。对于安装在已清楚地标识为属于安全系统的一个冗余部分的设备或组件中的部件或模块可以不再要求进行标识。

6.9 向非安全系统负荷供电的规则

6.9.1 安全系统之外的物项,可以由应急电力系统供电,其中某些物项可以包括在应急电力系统的边界以内,而另一些则在应急电力系统的边界以外。应急电力系统边界以外的那些物项应通过隔离装置与应急电力系统相连接。所有在应急电力系统以内的物项,包括隔离装置在内,应满足安全系统设备的要求。

6.9.2 若将应急电力系统用于其他目的和为达到这种目的而把额外设备纳入应急电力系统供电范围中来,不得使应急电力系统的功能独立性、系统可靠性或能力降低到为执行其安全功能可接受的水平以下,并且不得影响本文件所规定的对应急电力系统进行试验的能力。例如,在应急电力系统供电以应付假设始发事件时不自动断开的的所有负荷,都应假定处于连接状态并且包括在总负荷计算值内。

6.10 接地

6.10.1 接地包括防雷接地、系统工作接地和设备保护接地,应采用分设接地干线、共用综合接地体的形式,由于电厂所有接地系统和装置相互之间可能有影响,应整体地加以考虑和分析,具体要求符合 GB/T 50065 中的相关内容。设备保护接地应设置等电位联结。

6.10.2 应急电力系统包括的低压交流电力系统部分的工作接地采用中性点直接接地的 TN-S 系统。直流电力系统部分的工作接地采用不接地系统,同时应配置接地故障探测装置。

6.11 防雷保护

6.11.1 应采取外部和内部保护措施使得雷击不会妨碍应急电力系统完成其所要求的安全功能,包括:防直击雷保护、防侧击雷保护、防闪电感应过电压保护。防雷保护设计的具体要求符合 GB 50057 中的相关内容。

6.11.2 防直击雷和防侧击雷保护都属于建筑物外部防雷措施,应由接闪器、引下线和防雷接地装置组成,此防雷接地装置与其他接地系统共用综合接地体。

6.11.3 防闪电感应过电压属于建筑物内部防雷措施,设置的目的是保护应急电力系统免受由闪电感应电压和闪电电涌侵入的影响,应采用屏蔽物、避雷器和浪涌保护器相结合的方式来实现。

6.12 防火

应急电力系统的设计按照 GB/T 22158 中规定的防火要求。

6.13 多堆核电厂的应急电力系统

高温气冷堆核动力厂的一个机组是多个反应堆模块共同推动一台发电机组的型式。高温气冷堆核动力厂每个机组应设置相互隔离和独立的应急电力系统,该系统不在不同机组间共用。一个机组内部的多个反应堆模块共用一个应急电力系统,不同反应堆模块的专设安全设施和保护系统在供电上作适当分隔。

6.14 应急电力系统的准入控制

考虑到对应急电力系统区域和设备的需要防止未经批准的进入,应限制对应急电力系统及其辅助

设备的接近,包括设备区域非正常进入、非规定操作、设备定值改变等。所采取的方法包括设备访问控制、实体上的保卫措施和行政措施的适当结合。

6.15 全厂断电与替代电源的设置

由于高温气冷堆紧急停堆和专设安全设施的负荷均由蓄电池组支持的安全级直流电力系统或不间断电力系统供电,执行的安全功能时执行落棒、关氮风机、隔离等短时动作,这些动作完成后不再需要电力即可维持反应堆在安全停堆状态。当发生全厂断电时,不需要采取专门措施,比如设置固定的厂内替代电源。考虑到全厂断电的时间不确定性,可在应急电力系统某些重要位置或为其供电的正常电源侧预留移动替代电源的接口。

6.16 设计使用年限

应急电力系统设备及电缆应合理确定其设计使用年限,以适应因可能的自然老化、辐照老化和运行老化等与服役年限有关因素而带来性能劣化,并考虑适当的裕度,从而保证其整个设计使用内执行所必需的安全功能的能力。对于设备设计使用年限低于电厂设计使用年限的应使其具有可更换性。

7 详细设计准则

7.1 总则

7.1.1 如果在应急电力系统中设置了应急交流电力系统,则该系统应当按照 7.2 的相关要求进行设计,满足对该系统的正常电源、应急电源(柴油发电机组)及配电系统在多重性、独立性、功能、容量、能力、可用性、可试验性各方面的相关要求。

7.1.2 在不设置应急交流电力系统的情况下,安全级直流电力系统以及不间断交流电力系统的应针对诸如事故监测的持续时间需求做适当的设计,比如针对事故后监测专门设置较长时间的蓄电池组和专用电源等,以满足相关后续监测的持续性需求。

7.2 应急交流电力系统

7.2.1 功能和描述

应急交流电力系统应在正常运行、预计运行事件和事故工况期间向所连接的负荷供电。该系统所连接的主要是那些大容量的、在失去正常电源后要求长时间持续运行的、与反应堆安全和限制放射性物质释放相关的安全系统负荷。系统应分为多重序列,并满足独立性要求。每一个序列包含正常电源、一个应急电源和一个配电系统。

7.2.2 供电原则

7.2.2.1 交流电力系统应既能从正常电源取得电力,也能从应急电源(柴油发电机组)取得电力。按照正常电源、应急电源的供电顺序向应急电力系统供电。

7.2.2.2 长时间使用应急电源会降低它们的可靠性而增加其维修频度和停运时间,以致可能与运行条件和限值发生矛盾。由于这些原因,不应使用应急电源连续地向应急电力系统供电。因此当正常电源可以使用时,应优先将其作为应急电力系统的电源。

7.2.2.3 当为应急电力系统供电的正常电源均不可用时,应在要求的启动时间内启动机组(自动或手动,自动优先)。同时,应能在应急交流电力系统母线上检测出不可接受的供电质量降低的情况,自动地将受影响的母线与正常电源断开。然后应能自动地将该应急电力系统母线直接连接到该序列的应急电源上,连接前应先自动执行扫负荷操作,防止系统内大量的负荷同时投入,以避免引起发电机组的剧烈

波动。

7.2.2.4 当应急电力系统使用应急电源供电时,母线应自动地与正常电源断开,防止应急电源逆向给大量和大容量的接在正常配电系统上的其他负荷供电。

7.2.2.5 在预计运行事件或事故工况后,从应急电源供电恢复到由正常电源的切换操作,应由运行人员按照一定的操作程序进行,每次只能涉及一个应急电力系统序列,为保持运行的连续性,可采用断电切换或应急电源与所需恢复的电源先同期后断开的操作方式,操作应选择在电厂最小运行风险时进行。

7.2.3 应急电源

7.2.3.1 高温气冷堆核动力厂应急交流电力系统每一个序列设置一台应急电源,应急电源是包含其全部辅助设施和能量储存装置在内的交流柴油发电机组。柴油发电机组应具有足够的能力在预计运行事件和事故工况下按照最大设计带载程序的要求起动所有负荷并向它们供电。确定应急柴油发电机组的能力应满足的要求包括:

- a) 起动和带负荷的时间;
- b) 按照规定程序带负荷期间的工作特性以及在要求时间内空载、轻载、带额定负载、起动负载以及过载运行的能力;
- c) 在整个负荷范围内阶跃变负荷的能力。

7.2.3.2 应当保证机组在最大的负荷增减所引起的瞬态电能质量的变化不会使任何负荷的性能降低至低于最低要求限值。

7.2.3.3 作为应急电源的柴油发电机组的起动成功率及其他指标应满足 EJ/T 625 的相关要求。应急柴油发电机组及辅助系统在反应堆运行期间应处于良好的备用状态,如:控制用蓄电池组处于充满电状态、启动用动力源充足,冷却水、润滑油系统保持合适的温度等。

7.2.3.4 应急电源处于“维修”等不可运行状态时应发出明确的指示信号。

7.2.4 独立性要求

应急电力系统的交流电力系统每一个序列从应急电源及其辅助设备到配电系统都应当按照独立性原则进行设计。不允许设置与其他序列自动连接的手段。

7.2.5 燃油及消耗品贮存

7.2.5.1 燃油储量及其他消耗品(如润滑油)运行储量应保证柴油发电机组在无外部补充的情况下,支持所需最大负荷运行 2 d~7 d 所需或从厂区外得到燃料补充供应所需的最短时间(二者以时间长的为限)。实际储量还应考虑包括补充间隔期用于机组各类试验期间的消耗。

7.2.5.2 柴油发电机的燃料贮存装置包括日用燃油箱和主储油罐设备,并且考虑从厂区外补充燃料的能力。日用燃油箱的燃料存储量应保证到达低液位报警点后不小于柴油发电机组按照最大需求负荷运行 1 h 所需的容量,并应从主储油罐得到自动的燃油补充。

7.2.5.3 日用燃油箱布置在同序列的柴油发电机房,不同序列的主储油罐的布置应满足相应的防火、防爆和隔离要求。

7.2.5.4 所选用燃油标号应与厂址环境条件以及安装条件相匹配,并需要制定相应的燃油评定大纲用于在必要时更换燃油。

7.2.6 保护措施

7.2.6.1 应急柴油发电机组及其辅助系统的(包括柴油机、发电机、燃油、冷却水、润滑等)应设置完备的电气和机械参数的检测、报警和保护执行装置,用于保证机组的可靠运行。

7.2.6.2 保护信号应根据对机组运行安全的重要性分类,并在系统设计中明确说明在应急供电过程中

哪些报警信号是应立即作用于机组的停机或分闸的,哪些是允许经过限定时间的处理后可恢复正常或因无法恢复正常而作用于机组的停机或分闸的。

7.2.6.3 机组在应急供电状态下,除超速、滑油压力低(三取二)和短路保护作用于停机、跳闸外,其他保护均仅作用于报警信号。

7.2.7 试验考虑

7.2.7.1 应急电源的试验每次只能涉及一个序列,提供必要的措施满足应急电源的在役检查、定期试验和维护修理的需要。这些措施包括提供起动、空载运行、负载运行等试验手段。

7.2.7.2 应急电源的试验负载可采用实际负载、与电网同期、假负载或相结合的手段。

7.2.7.3 应急电源可以以设计负载的容量作为试验容量。

7.3 安全级直流电力系统

7.3.1 功能和描述

安全级直流电力系统应在正常运行、预计运行事件和事故工况期间向直流负荷供电。直流电力系统应分为多重序列,并满足独立性要求。每一个序列至少包含一组蓄电池,一个蓄电池充电器和相应的配电系统。

7.3.2 蓄电池电源

7.3.2.1 蓄电池电源是在蓄电池充电器失去交流电时不中断地供应直流电的一种电源。它包括蓄电池,蓄电池之间的连接线和至配电系统或交流不间断电源装置的连接线。

7.3.2.2 在正常运行期间蓄电池应与蓄电池充电器连接,以保证蓄电池保持在充满电的状态。

7.3.3 蓄电池充电器

7.3.3.1 对于直流电力系统的每一个序列,当正常电源可用时,由蓄电池充电器供给稳态直流电。

7.3.3.2 蓄电池充电器应具有足够的容量,以便在允许的时间内,使蓄电池从已放电状态恢复到最低充电状态,同时还要供给失去正常供电的各种稳态负荷的最大综合需求。如果允许蓄电池充电器在蓄电池断开的情况下向该系统供电,充电器应具有供应最大综合负荷,包括瞬态负荷的能力。每台蓄电池充电器的交流和直流电路中设置适当的分离装置,以便能使充电器隔离。

7.3.4 蓄电池容量

考虑诸如设计裕量、温度效应和老化变质等因素后,最低充电状态的蓄电池的容量也足以满足所有负荷的需求和条件(包括有荷因数、运行工况和事故工况期间的电气瞬态过程),用于事故处理的蓄电池容量应至少可用 1 h。当采用非安全级的备用电力系统作为后备电源时,宜针对必要的用于事故后监测的负荷单独设置可用时间较长(不低于 24 h)的蓄电池组及其专用电源设备。

7.4 安全级不间断交流电力系统

7.4.1 功能和描述

安全级不间断交流电力系统应在正常运行、预计运行事件和事故工况期间向不允许供电中断的交流负荷供电。系统应分为多重序列,并满足独立性要求。作为最低限度,每一个序列应包含一个来自直流系统的电源,一个直流/交流逆变器和一个配电系统。

7.4.2 性能要求

7.4.2.1 系统的电气特性和供电连续性应满足所供负荷的要求,系统运行时优先使用来自逆变器的

电源。

7.4.2.2 还应该设置另一路交流电源作为旁路电源和一套自动的无间断切换装置。选择由直-交流逆变器供电还是由旁路交流电源供电取决于这些电源的可用性。

7.4.2.3 逆变器以及用于旁路的电气设备应经过计算分析和试验验证,保证在所要求的运行工况下(包括在反应堆正常运行工况、预计运行事件、事故工况期间及事故工况以后)均能为最大稳态负荷稳态运行提供足够的能力,并能在负荷的起动、退出的过程中,保持其供电电能质量不低于保持负荷性能的最低要求限值内。

7.5 配电系统

7.5.1 概述

此要求适用于 7.2~7.4 所属配电系统。

7.5.2 容量和能力

每个配电系统应具有应急电力系统要求的运行工况下供应所需负荷的足够容量,并且能在故障和瞬态工况下足以承受最大可信的过电流,而对设备不产生有害的影响。它应能按照控制指令的要求切换其电源和负荷。

7.5.3 独立性

冗余序列的配电电路应在实体上和电气上保持相互独立。

7.5.4 辅助设施

为了保持应急电力系统某一序列的多重性和独立性,该序列设备必要的辅助设施,应由该同一序列的电源供电。

7.5.5 主电路和支电路保护装置

7.5.5.1 配电系统的所有主电路和支电路应用合格的过载、接地故障和短路保护装置进行保护,同时应考虑提供必要的过电压保护及欠电压保护。这些保护装置应放置在为保护应急电力系统免受假设始发事件影响而设计的合适的箱柜和构筑物内。保护装置应作为安全系统的一部分,并且应按合格的过载和短路保护装置的要求进行鉴定。

7.5.5.2 应正确地选定过载和短路装置的容量,对它们进行校准和统调,以便使应急电力系统能按设计的要求动作,并在过载和故障情况下保护主电路和支电路的设备、母线和电缆免遭损坏。

7.5.5.3 在特殊情况下,为了保证完成某些安全动作,可能有必要使安全系统设备在过载状态下运行。例如电路保护装置的整定值可以设置得高于为保护设备免于因过负荷而损坏所需要的水平。在这种情况下,过载设备的支电路应按下述要求设计并加以保护,即这些运行情况的作用不会对同一或不同安全系统的其他电路或相连设备产生有害影响,以致它们各自的安全功能受到损害。在任何情况下,这些整定值的设置应使得既能保护它们自己的电路及其相连设备,也能保护其他电路免受可能发生的较大过负荷或短路的影响。

7.6 母线和电缆

7.6.1 总则

应急电力系统的母线和电缆均应采用铜质导体,承载能力应根据其用途和环境条件进行选择 and 估算。导线和电缆应采用低烟无卤阻燃型,并根据使用需求进行热老化、辐射老化鉴定筛选。鉴定可按照

GB/T 12727 进行。

7.6.2 额定值和截面的选择

7.6.2.1 母线和电缆的额定电压应不小于其所属系统的电压,其额定冲击电压应大于它们可能受到的任何可信瞬态电压。

7.6.2.2 母线和电缆的截面应按下列要求来选择:在整个寿期内在正常运行、预计运行事件和事故工况下电压变化和负荷需求时,能安全地承载所需的主电路和支电路电流,而不超过导线的允许温度。导体温度的计算应考虑到最高的环境温度、正常或故障电流、负荷因子同一或邻近电缆序列内其他电缆的布置。此外,还应考虑电缆支架、墙壁贯穿件、楼板贯穿件、挡火封堵件和阻燃包覆物对电缆发热及其温度的影响。

7.6.3 安装

母线、电缆托架和其支撑的设计应使其能承受由电缆和有关配件所施加的机械载荷。电缆序列应按它们各自的应急电力系统序列作永久性标识,并且为保证电缆安装在正确的电缆序列内,每根电缆安装时应做充分的标识,作为最低要求,电缆安装后应在每一端头处做永久性标识。

7.6.4 敷设

应急电力系统的各类电缆,包括信号电缆、控制仪表电缆和低压电力电缆宜按照电压等级分别敷设。

7.6.5 独立性

应急电力系统一个序列的母线、电缆和导线应同应急电力系统其他序列母线、电缆和导线进行实体隔离和电气隔离,以保证一个序列的故障不会蔓延到其他序列而妨碍应急电力系统完成其安全功能。需要特别注意的事故是由外部原因或内部设备电气故障所引起的火灾,以及导致电气绝缘熔化的过电流。故障的蔓延可能是由于相互邻接或存在将多重序列电路连通的实体通路所致。为防止这种蔓延应在不同序列的电缆和导线之间进行实体隔离和在可能使不同序列发生连接的所有电缆和导线上加装隔离装置。安全级和非安全级电缆在局部受限区域无法满足隔离要求的情况下,非安全级电缆可作为相关电路处理,并应经受施加于安全级电路的质量鉴定要求,以保证安全级电路的功能不会因其而降低至不可接受的程度。

7.6.6 实体保护

为了使应急电力系统能满足单一故障准则的要求,需要对同它连接的电缆和导线加以适当的保护,以避免由假设始发事件可能引起的危险,造成多序列同时失效。能影响应急电力系统的危险包括火灾以及流体系统,机械和结构部件的损坏或失常。

7.7 电气贯穿件

7.7.1 电气贯穿件是安装在压力容器或安全壳上用于实现放射性包容功能的导体连通设备,应满足所需的安全分级要求。应按照预期的设计参数、运行条件确定其额定参数并按照环境条件进行鉴定。设计符合 GB/T 13538 要求。

7.7.2 贯穿件的安装应符合与其相连接的电缆的隔离准则。

7.8 控制与监测

7.8.1 对于应急电力系统的控制应当包括以下内容:

- a) 当正常电源不可用时应能自动地将受影响的母线与该电源断开；
- b) 应急柴油发电机组的起动和与被供电母线连接的自动和手动控制；
- c) 应急柴油发电机组及其辅助系统的自动运行控制(包括自动调节、自动备机、自动供油等)；
- d) 由应急电源供电时母线负荷以及带载程序控制；
- e) 母线负荷的自动或手动的投入、退出控制；
- f) 正常电源恢复后,应急电源与正常电源的切换和应急电源退出控制；
- g) 充电器、逆变器的自动控制；
- h) 对蓄电池充放电的自动控制；
- i) 负荷设备运行的控制；
- j) 应急电力系统设备用于试验的控制。

7.8.2 对于应急电力系统的监测应当包括以下内容：

- a) 来自正常电源的参数和断路器的状态；
- b) 柴油发电机组的电气参数、机械参数、设备运行状态、辅助系统参数、报警和保护信号等；
- c) 蓄电池的电气参数；
- d) 充电器的电气参数和运行状态；
- e) 逆变器及其旁路电源的电气参数和运行状态；
- f) 配电系统母线参数和断路器状态；
- g) 重要的安全负荷的运行状态。

7.8.3 如果设置了应急交流电力系统,则需要按照上述相关要求实现,否则相关要求不再属于本文件要求范围。

8 试验和维修更换的设计要求

8.1 可试验性

8.1.1 应急电力系统及设备应具备可试验手段,为满足系统和设备的可用性要求,试验手段应与试验程序相协调。在确定试验频率时需考虑试验导致的故障率,并考虑某些试验只能在停堆期间执行。

8.1.2 在包括功率运行的所有正常运行模式下,应能对安全级系统设备进行试验和校准,同时应保持安全级系统执行其安全功能的能力。

8.1.3 制定相应的运行前试验大纲,试验用应急电力系统所有已安装好的部件进行,用以在应急电力系统投入运行前验证系统的设计要求均已达到。

8.1.4 应急电力系统应具有能按照预定的时间间隔进行定期试验的能力。这种试验的目的是检测设备或系统性能有无任何变坏,保持它们始终处于最佳的可运行状态,能满意地执行其安全功能,并证实应急电力系统序列之间的相互独立性。

8.1.5 应当编制应急电力系统设备定期试验规程性文件,文件中应规定可在正常运行期间进行的试验项目和应在反应堆停闭期间进行的利用实际负荷完成的试验项目。

8.1.6 每次只允许试验一个序列,并应保证因试验对系统或电厂运行产生的影响最小。定期试验项目取决于所选用的设备的特性。

8.2 检查、维修和更换方面的设计

除定期试验外,应急电力系统的所有设备还需进行检查和维修,检查和维修的范围和计划应确保应急电力系统在其寿期内保持适宜的功能特性。应急电力系统的所有设备的设计应能便于进行检查、维修和在必要的情况下进行更换,在设计中应考虑在正常运行期间对设备的维修、更换的方法和手段,以减少非计划停役。应急电力系统中安全级设备的更换,应采用经过安全级鉴定的产品。

9 设计确认

9.1 质量保证

9.1.1 应急电力系统从设计开始到建成的所有活动以及运行、维修和更换应按照 HAF 003 所规定的可接受的质量保证大纲进行。

9.1.2 应急电力系统各部分设计所选的质量保证等级应与它们对安全的重要性相适应。

9.2 设备鉴定

9.2.1 应急电力系统所用的设备应能在设备的设计寿命期内满足设计基准工况下的性能要求,具体鉴定要求和实现方法可按照 GB/T 12727 进行。

9.2.2 设备应加以鉴定,证实在需要它工作的环境条件下能满足或超过其设计基准的要求。这些条件包括正常运行、预计运行事件和事故工况下的预期变化。鉴定大纲应提出性能验收准则,并通过试验和分析,证实当受到设备寿命期内可能出现的环境条件影响时,设备是合格的。

9.2.3 鉴定内容至少应包括:

- a) 功能及性能的适用性和正确性;
- b) 环境适应性;
- c) 电磁兼容;
- d) 老化(如果需要);
- e) 抗震;
- f) 软件(如果有)。

9.2.4 鉴定可用几种方法来实现,或者单独地进行,或者需要时也可组合地进行,包括型式试验、运行经验、分析法等。

9.3 设计验证

9.3.1 应按安全导则 HAD 003/06 中给出的验证应急电力系统的设计充分性的措施和进行此验证的一般规定和方法。

9.3.2 作为验证工作的一部分,应进行下列工作,并将其写成适于监查的文件:

- a) 性能分析应证明应急电力系统能实现其设计基准所提出的安全功能;
- b) 在应急电力系统设计的适当阶段应进行系统的故障分析,以证明设计满足本准则的要求,包括符合单一故障准则。

9.4 文件

应急电力系统的设计文件应包以下材料:

- a) 本文件所描述的设计基准资料;
- b) 对系统的设计、安装和监测有重要意义的文件和技术规格书,文件内容包括:
 - 1) 整个供电系统的说明,包括:如何同电网连接的详细说明;应急电力系统多重性、独立性的说明;标明应急电力系统与辅助系统的接口;
 - 2) 单线图、功能控制图、原理图和系统描述;
 - 3) 相关电气计算;
 - 4) 电气保护的分析;
 - 5) 用来确定应急电力系统设备容量的电气负荷分析,包括总电气负荷和随时间变化的负荷两者的分析;

- 6) 设备布置图；
 - 7) 包括电缆托架、槽和管道,并包括多重序列的标识及电缆和其路径的标识在内的应急电力系统电缆路径布置图；
 - 8) 特殊的运行和维修要求；
 - 9) 安装设备电缆和通道分隔准则的说明。
- c) 相关的试验大纲文件及试验报告、质量保证文件、相关的维修文件、运行文件、鉴定文件等。

附录 A

(资料性)

高温气冷堆核动力厂应急电力系统单元

应急电力系统的一个单元见图 A.1。

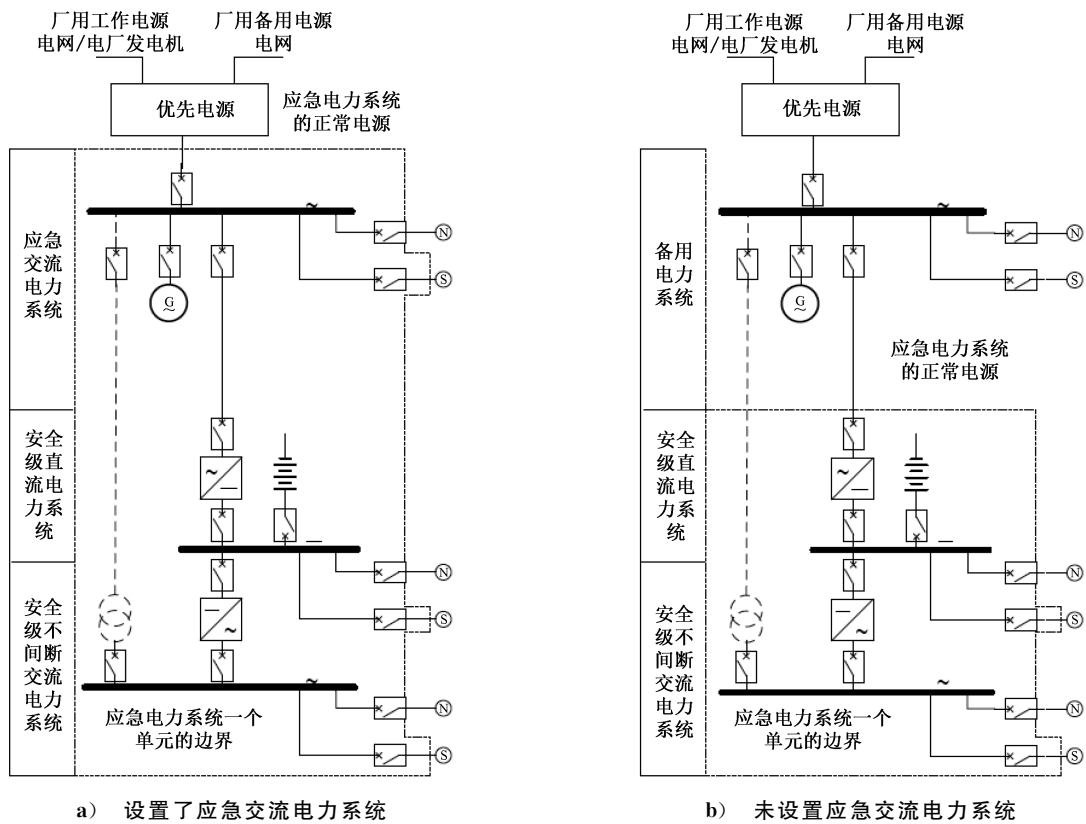


图 A.1 应急电力系统的一个单元

中国核学会
团体标准
高温气冷堆核动力厂应急电力系统
设计准则

T/CNS 42—2020

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 33 千字
2021年8月第一版 2021年8月第一次印刷

*

书号: 155066·5-3468 定价 21.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/CNS 42-2020



码上扫一扫 正版服务到