

自主可控网关机在智能变电站数据通信处理中的应用

侯昌平 田小鹰 王巍巍 管晓静 何佳佳

南京国电南自软件工程有限公司 江苏南京 211100

DOI:10.12238/ems.v7i7.14287

[摘要] 在电力系统快速发展的今天,作为电力系统中的一个关键节点的智能化变电站,承担着电力数据的采集、传输、处理等功能。在智能变电站中,数据通信所涉及的设备种类多,网络环境复杂,其安全、可靠、高效,对电力系统的安全、可靠、高效地运行具有重要的意义。但是现有的智能变电站数据通信处理系统大多采用了进口的技术与设备,因此存在一定的安全隐患。自主可控网关机的出现为解决这些问题提供了有效的途径,其具有自主知识产权,能够更好地满足智能变电站数据通信处理的需求。

[关键词] 自主可控网关机;智能变电站;数据通信;处理;应用

随着智能电网的快速发展,作为电力系统中的核心节点的智能变电站,其数据传输的可靠性、实时性和安全性显得尤为重要。智能变电站需要对海量设备(如变压器、断路器、智能电器等)进行实时采集、传输和处理,以达到精确监控和有效控制的目的。自主可控网关机基于我国自主开发的网络控制系统,具有较高的自主性、可控性,可以有效地防止人为操纵所带来的技术风险。

一、自主可控网关机的概述

在智能化变电站中,自主可控网关机是一种非常有意义的通信处理设备。在自主方面,通过自主开发的软硬件平台,实现对国外技术与产品的过分依赖,实现对智能电网的自主控制,能够有效地保证国家的能源与信息安全。在可控性上,可以根据变电站的具体要求,灵活地进行组态与调节,达到精确的数据通信管理。在硬件方面,采用自主研发的硬件平台和软件系统,具备高可靠性和稳定性,能够适应变电站复杂的运行条件。在软件方面,通过自主研发的操作系统及通信协议栈,对数据处理过程进行了优化,使数据的传递更加高效、准确。在智能变电站中,自主可控网关机作为数据中心,负责对包括保护设备、测控设备等在内的站内各类设备的数据进行采集,并对协议进行变换和集成,并将已处理好的数据准确地传送到调度中心等有关部门。自主可控网关机能够接受来自调度中心的命令,能够对变电站内部的各种设备进行遥控,从而为实现智能化变电站的安全、稳定运行奠定了基础。

二、自主可控网关机在智能变电站数据通信处理中应用的优势

(一) 保障国家安全

随着信息技术的快速发展,智能变电站已成为我国重要的能源基础设施,其数据传输安全问题对我国能源供给的稳定性和安全性具有重要意义。传统的网关机具有一定的安全

性缺陷,若被外力所利用,有可能引发电网故障,引发大范围停电,给我国经济和社会的稳定带来巨大的冲击。自主可控的网关机,在芯片、操作系统、软件等方面,完全自主掌握了核心技术。在产品的设计与开发中,能够对各种潜在的安全风险进行全面的预防与控制,从而有效地防止由于外来的技术依赖性而造成的安全风险。

(二) 降低成本

从硬件采购方面来看,由于传统的进口网关机价格较高,并且还要支付昂贵的技术授权费用,而自主可控网关机,采用了国产芯片与硬件及设备,使得制造成本较低,能够为智能变电站节省大量的硬件采购资金。在软件使用和维护中自主可控网关机也具有明显优势。由于国产软件的授权费用较低,能够根据实际需求进行定制化开发,避免不必要的功能冗余。同时由于采用自主研发技术,在后期软件升级维护过程中可以自主进行维护和创新,使维护成本以及时间成本得到有效降低。除此之外,自主可控网关机还能够使智能变电站运行效率得到明显提升,并且还能够减少由于设备故障和通信问题导致的停电损失,使总体运营成本得到进一步降低。

(三) 技术支持便利

一方面,国内的研发团队和技术人员能够对智能变电站的技术需求进行快速响应,当出现设备故障和技术难题时,能够及时到达现场进行诊断和修复,从而有效减少故障对变电站正常运行造成的影响。相比之下,进口设备在技术支持方面存在响应不及时,沟通成本较高的问题。另一方面,自主可控网关机的研发和生产企业能够根据智能变电站的发展及变化对网关机进行不断的技术创新与升级,研发团队能够对国内智能变电站实际应用场景和需求进行深入考虑,针对性地对相关功能和特点进行有效开发,使网关机的性能和适应性得到有效提升,确保智能变电站数据通信处理系统的正常运行。

三、自主可控网关机在智能变电站数据通信处理中的应用

(一) 数据采集

由于智能变电站内分布着大量的电气设备，如变压器、断路器、互感器等，这些设备在运行过程中会产生各种各样的数据，包括实时运行参数（如电压 U 、电流 I 等）、状态信息等。

自主可控网关机具备高效且精确的数据采集能力，它能够按照设定的采样周期 T ，从各类智能电子设备（IED）中收集所需的数据。其数据采集过程可近似看作是一个离散时间采样过程，采样点数据 $x(n)$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) 可根据采样定理获取，采样定理指出，为了能从采样信号中无失真地恢复原始连续信号，采样频率 $f_s = T_1$ 必须大于或等于原始信号最高频率 $f_{\max}$ 的两倍，即 $f_s \geq 2f_{\max}$ 。

自主可控网关机支持多种通信协议，像 Modbus、IEC61850 等，可适应不同厂家、不同类型设备的数据接口。它能够同时对多个数据源进行并行采集，假设有 m 个数据源同时进行数据采集，每个数据源的采样数据量分别为 $D_1, D_2, \dots, D_m$ ，则总的数据采集量 D_{total} 为：

$$D_{total} = \sum_{i=1}^m D_i$$

通过并行采集方式，可以确保数据的完整性和及时性。在采集过程中，网关机会对采集到的数据进行初步的校验和过滤，剔除错误或无效的数据，保证进入后续处理环节的数据质量。例如，对于采集到的电压数据 U_i 和电流数据 I_i ($i = 1, 2, \dots, N$ ， N 为采样点数)，可根据设备的正常运行范围设定阈值，如电压阈值 $U_{\min}$ 和 $U_{\max}$ ，电流阈值 $I_{\min}$ 和 $I_{\max}$ ，若某个采样点的数据满足 $U_i < U_{\min}$ 或 $U_i > U_{\max}$ ，或者 $I_i < I_{\min}$ 或 $I_i > I_{\max}$ ，则认为该数据为异常数据，网关机会进

行标记和进一步核实，避免错误数据对后续分析和决策产生影响。

(二) 数据传输

1. 多协议支持

在智能化变电站的数据通信中，网络自动控制系统需要对多种协议进行有效地支持。自主可控网关机可以与 IEC61850、Modbus 等多种通信协议相兼容。自主可控网关机可与变电站中各类智能设备（如保护设备、测控设备、计量设备等）实现无缝通信。通过对多种协议的支援，网关可以消除设备间的通信壁垒，使各种数据能够流畅地进行交互，使整个变电站的数据集成度与工作效率得到了明显提升。

2. 高速可靠传输

自主可控网关机可以实现高速、可靠的数据传输。自主可控网关机使用了先进的硬件体系结构，经过优化的软件算法，具有较强的处理功能，可以实现对海量数据的快速处理与转发。另外，该方案具有冗余设计及容错功能，在网络发生故障或者设备出现异常时，可以快速切换至备份信道，以确保数据的连续传输。数据传输速度快，可靠性高，是实现智能化变电站实时监测和快速处理故障的有力保证，保证了电力系统的平稳运行。

3. 数据加密传输

为了保证智能变电站的数据安全，在自动控制系统中使用数据加密传送技术。该系统采用 AES 等高级密码算法，对传输的数据进行加密，并将其转化为密文。即使在传输过程中遭到了非法拦截，攻击者也不可能得到任何机密信息。这样可以有效地避免数据泄露、篡改等安全隐患，对重要数据及操作信息进行保护，为智能变电站构筑起一道安全、可靠的通信防线。数据传输流程如表 1 所示。

表 1 数据传输流程图

数据传输流程	优点
多协议支持	具备多协议支持，兼容 IEC61850、Modbus 等， 实现与变电站内各类智能设备无缝通信
高速可靠传输	使用先进硬件和优化软件，能快速处理和转发大量数据； 具有冗余设计和容错机制，确保数据传输连续
数据加密传输	使用数据加密技术传输数据， 采用 AES 等先进算法，确保数据安全

(三) 数据存储

为了便于以后的查询、分析和统计，应对收集的海量数据进行有效保存。网关系统配置有大容量储存设备，可以根据资料的重要程度及使用频度而采取不同的储存策略。针对实时性要求高的关键数据，如设备的实时状态、重要操作参

数等，网关机通过高速存储，保证数据的读取与写入，以满足实时监测和控制的需要。而对历史数据，则采用大容量磁盘阵列来实现长时间的存储。同时，为避免数据遗失，网关机还采取了数据备份与冗余存储等方法，对数据进行周期性的备份，并将其存放在不同的物理地点。另外，该自动可控

网络关机还具有数据存储管理功能,可以对所储存的数据进行分类、索引和存档,便于使用者迅速地查找和存取所需要的数据。

(四) 数据处理

自主可控网关机采集到的原始数据一般是较为杂乱的,需要通过网关机的处理才能转化为有价值的信息。网关机先对数据进行清洗和预处理,去除噪声和干扰,使数据的准确性和可靠性得到有效提升。这一过程可简单用数学方式表达其目的,假设原始数据集合为 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$,其中包含噪声数据 $N = \{n_1, n_2, \dots, n_k\}$,清洗后的有效数据集合为 D_{clean} ,则有 $D_{clean} = D - N$ 。

通过数据清洗操作,能够使数据质量得到有效提升,从而为后续分析奠定基础,然后应用各种数据分析算法对数据进行挖掘,例如通过趋势分析算法能够对设备运行状态以及故障隐患进行及时预测,从而提前采取维护措施,避免设备故障的发生。以线性趋势分析为例,假设某设备关键参数的历史数据序列为 $x_1, x_2, \dots, x_t$ (t 为时间点),我们可以通过最小二乘法拟合一条直线 $y = a_x + b$ 来近似描述该参数随时间的变化趋势。其中, a 和 b 的计算公式如下:

$$a = \frac{t \sum_{i=1}^t x_i - \sum_{i=1}^t i \sum_{i=1}^t x_i}{t \sum_{i=1}^t i^2 - \left(\sum_{i=1}^t i \right)^2}$$
$$b = \frac{\sum_{i=1}^t x_i - a \sum_{i=1}^t i}{t}$$

通过计算得到的直线斜率 a 和截距 b ,能够预测未来时间点 $t+1, t+2, \dots$ 的参数值,进而判断设备运行状态和潜在故障隐患。通过关联分析算法能够有效地挖掘各设备的信息,为实现智能化变电站的最优调度提供科学依据。另外,网关系统还可以按照预先设置的规则,对数据进行实时判定与处理,一旦超出设置的阈值,就会发出警报,提醒操作人员采取相应的对策。该系统具有较强的数据处理能力,可以有效地将大量的数据转换成有效的信息,从而有效地提升智能变电站的自动化程度与运行效率。

(五) 网络安全防护

1. 访问控制

由于自主可控网关机,具有严格的访问控制机制,对外部设备和用户访问进行严格管理,并且可以设置不同的访问权限。只有经过授权的设备和用户才能访问网关机,从而避免非法访问和数据泄露。

2. 入侵检测与防范

网关机内部布置了入侵检测系统以及入侵防范系统,能够对网络中异常行为以及攻击行为进行实时检测,一旦发现入侵行为,网关机能够及时采取措施进行防范。同时,网关机还能够对攻击行为进行分析和记录,从而为后续的安全决策调整提供依据。

3. 安全审计

网关机还具有安全审计功能,能够对所有操作以及事件进行记录和审计,能够对用户登录信息以及数据访问记录,系统操作日志等进行记录,从而在需要时开展安全审计以及追溯,通过安全审计能够对潜在的安全问题进行及时发现,从而保障智能变电站网络的安全稳定运行。

四、结束语

总之,自动可控网关机是实现智能化变电站信息通信的关键。自动可控网关机能较好地解决智能化变电站在数据传输过程中所面临的安全性、兼容性、可靠性以及数据处理能力等方面的问题。在今后的研究中,随着信息技术的进步与应用深入,自主可控网关机必将成为智能变电站的重要组成部分,为我国电网的安全、稳定运行提供强有力的保证。

[参考文献]

- [1] 栗江泽, 张世强, 吴奕卯, 等. 自主可控智能变电站监控信息验收设备研制与应用[J]. 河北电力技术, 2025, 44 (01): 7176.
- [2] 俞正洪, 戴志兰. 智能变电站网络通信异常因素分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41 (12): 348349.
- [3] 池斌兵. 基于 5G 技术的智能变电站继电保护系统设计[J]. 集成电路应用, 2024, 41 (11): 294295.
- [4] 牛元泰, 尚明纪, 张永晖, 等. 基于 5G 通信的智能变电站设备在线监测数据处理方法[J]. 自动化与仪器仪表, 2023, (09): 6973.
- [5] 刘庭瑞, 商巍, 聂冰青, 等. 智能变电站通信故障的研究与分析[J]. 电工技术, 2023, (14): 232234.
- [6] 于一三, 袁文海, 张永熙, 等. 智能变电站变压器内部故障诊断系统设计与实现[J]. 电气自动化, 2020, 42 (06): 8083.
- [7] 李世群, 顾颖, 郭飞, 等. 智能变电站数据通信网关机遥测处理优化研究[J]. 电工电气, 2020, (11): 6971.
- [8] 夏立萌, 宋巍, 郭飞, 等. 智能变电站监控信息自动传动验收方法研究[J]. 电气工程学报, 2020, 15 (02): 104109.