

文章

使用 VACON® NXP DCGuard™ 的直流电网和选择性

电流在

<5 μs

内切断



目录

摘要	3
1. 引言	3
2. 直流电网	4
2.1 然而, 总有例外	4
2.2 VACON® NXP DCGuard™	4
3. 选择性	5
3.1 熔断器选择性	5
3.2 需要快流切割机 / 直流母联装置	6
3.3 组件	6
3.4 双向系统	6
3.5 工作原理是什么?	7-9
3.6 选型方便	9
3.7 认证	10
4. 技术成熟	10
5. 联系方式	10

摘要

使用直流电网而非交流电网,可提高系统效率并减少系统能源足迹,最高可达 20%。尤其是将直流电网与能源存储装置和/或变速发电机相结合时,可大幅节约能源。

使用直流电网取代交流电网还可以较小的功率损耗进行配电。然而,确保选择性和有限的短路能量需要更精密的保护装置。

因此, Danfoss Drives 开发了 VACON® NXP DCGuard™,这是一种可检测并切断任何直流短路电流,以及可在数微秒内隔离系统中故障部分的半导体保护装置。

1. 引言

全球的主要能源来源正在迅速、稳定地朝着多元化方向发展。随我们从石油和煤炭等化石燃料转换为天然气和核能,并进一步转向太阳能、风能和水电,我们越来越需要克服能源供需规模失衡所产生的缺口。作为能源载体的电力非常灵活且用途广泛,而目前我们的社会正在“电气化”。

几十年来,交流电网系统效率和系统能源足迹都得到了优化,而直流电网则被忽视了。本文介绍了通过改用直流电网,系统如何实现重大改进。

过去,我们使用直流电网系统来进行长距离点对点输送高功率电力。后来,我们转换为交流电进行配电,然后针对不同应用在交流电和直流电之间来回转换。在现代社会,虽然 LED 照明、电话、电脑(数据中心)、电池等储能介质、生产线,甚至整个工厂都以交流电为基础,但直流电越来越普遍。

海事行业站在探索直流电网潜力的趋势的最前沿。

尤其是,《巴黎协定》要求增加排放控制区域,且 IMO 承诺于 2050 年¹将排放量减少一半,这就需要在船舶燃料消耗方面取得显著改进。

对交流和直流电网采用更加平衡的方法,将其应用于具有商业意义的方面,这种做法越来越受到青睐。

变频器代表了一项经过多年验证的成熟技术。从本质上讲,变频器可用于管理任何形式的电力,使我们的能源多元化变得更简便且更易于管理。丹佛斯变频器可以通过软件修改来管理直流电网,为系统配备已在市场上使用数十年的成熟可靠的硬件。它们允许使用以前超出商业范围的存储技术。

本文将介绍直流电网和选择性。

¹<http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/GHG/Pages/default.aspx>

2. 直流电网

所谓的“电流战争”发生在一个多世纪以前。托马斯·爱迪生 (Thomas Edison) 是直流 (DC) 电力传输的忠实支持者,而尼古拉·特斯拉 (Nikola Tesla) 则认为交流电 (AC) 才是正确的选择。当时,AC 似乎赢得了这场战斗。然而,如今可以很明显地看到,使用直流电而非交流电,可能会提高系统效率并减少系统能源足迹,最高可达 10-20%。

尤其是将直流电网与能源存储装置和/或变速发电机相结合时,可大幅节约能源。

使用直流电网的主要优势包括:

- 减少交流 - 直流和直流 - 交流转换
- 减少滤波器和变压器
- 没有无功电流
- 无需同步
- 在变频器系统中,再生制动能量(来自电机的能量)可以重复使用,而无需进行任何转换

2.1 然而,总有例外...

与任何电网一样,在直流电网中的任何位置,都存在电路发生故障的固有风险。直流电网面临的主要挑战之一是如何确保发生此类短路时的选择性和保护。

交流系统中的电流每周期通过两次 0A (零交叉)。因此,当短路通过 0A 时,基本上会在交流断路器内部被切断。

但是,直流系统中的短路永远不会通过 0A。它会在几微妙内变得非常高,并且只要有能量供应短路,就会一直保持高水平。

如果使用传统断路器切断直流短路电流,则可能会导致断路器内部产生致命电弧。尤其在船舶系统中,对系统的一个常见要求是“系统某一部分出现故障不应影响整个系统”。因此,需要快速直流切割机将状况良好的部分与系统的故障部分隔离。

2.2 VACON® NXP DCGuard™

为了防止事故或受伤,需要精密的短路保护装置。因此,Danfoss Drives 开发了新的 VACON® NXP CGuard™,这是一种基于通过 IGBT 晶体管的开关中断电流的短路电流抑制器。VACON® NXP DCGuard™ 可检测并切断任何故障直流短路电流,并在数微秒内隔离系统的故障部分,而使状况良好的部分不受故障影响。因此,可在直流电网之间实现完全选择性。

3. 选择性

如前所述，共直流系统的主要挑战是选择性，当多个逆变器连接到同一直流母线时，保持选择性甚至会变得更具挑战性。

3.1 熔断器选择性

当直流母线系统发生短路时，离故障最近的熔断器应烧毁以保护系统。然而，即使向同一系统内的其他重要设备供电的熔断器没有直接连接到（最靠近）短路，这些熔断器通常也会烧毁。

使用熔断器将故障部分与状况良好的部分断开的最大挑战之一是状态良好部分上的压降。发生短路时，故障侧的电压接近 0V。由于熔断器内部电阻低，状况良好侧的电压会被“下拉”。由于熔断器需要一些时间来清除故障，状况良好侧的电压将降低到低于状况良好侧逆变器的欠压跳闸。结果是完全断电。

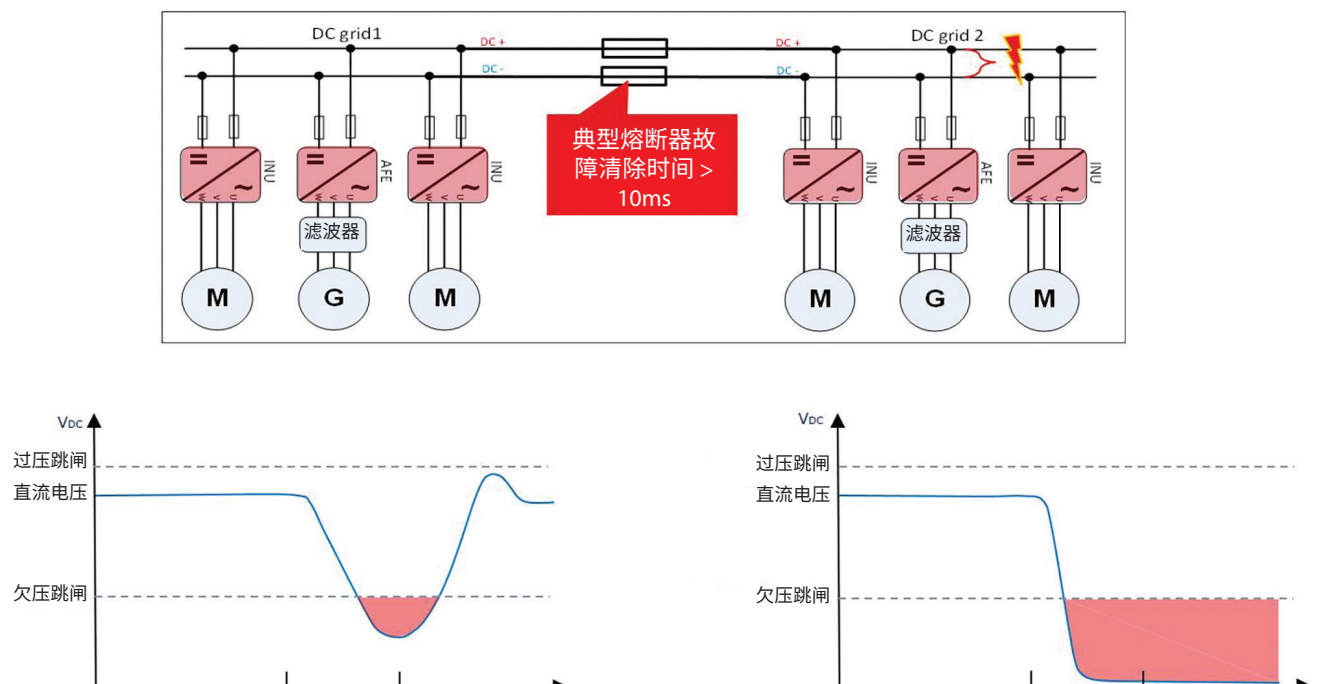


图1 直流电网中的熔断器故障清除时间过长会导致断电。

3.2 需要快流切割机 / 直流母联装置

通过将系统拆分为单独的直流母线,可以实现共直流母线系统的总选择性。这可通过使用快流切割机 / 直流母联装置来实现,例如 VACON® NXP DCGuard™,条件是单独的直流母线可以在相同的直流电压水平下工作。

然后,在两个直流母线之间无缝传输电源,同时确保在发生故障的情况下可以将每个系统隔离。这种连接不同直流母线的方法被命名为:
VACON® NXP DCGuard™,对等拓扑。

3.3 组件

VACON® NXP DCGuard™ 包括一个 VACON® NXP 逆变器和应用软件 ADFIF102。它们使任何 NXP 逆变器都可用作 VACON® NXP DCGuard™ 装置。

完整的产品范围包括 3-4140 A 和 465-1100 VDC 的电流和电压范围,已经过 DNV-GL和 ABS 的型式认证。

为确保正确功能和安全性,在 VACON® NXP DCGuard™ 对等系统中必须安装以下组件:

- 上游机械隔离开关,以确保将 VACON® NXP DCGuard™ 装置与馈电直流母线安全断开。
 - VACON® NXP DCGuard™ 功能(在前向或后向)均不依赖机械隔离开关来提供过流和短路保护²。
- 安装在每个直流电源线路中的 aR 电源熔断器,符合 VACON® NXP 变频器手册³。
- di/dt 滤波器,电感 ≈2%。

3.4 双向系统

VACON® NXP DCGuard™ 只能切断输出电流(从 DC+/- 端子到 U、V 和 W 端子)。因此,要切断来自两侧的电,需要两个独立的 VACON® NXP DCGuard™ 装置。

由于两个装置在未进行任何变频器间通信的情况下独立运行,因此应始终由 PMS/ 控制系统最终决定是否打开 VACON® NXP DCGuard™,因为此操作会影响整个船舶的运行。因此,系统集成商必须负责实施预防措施,以确保在发生故障情况时打开两个 VACON® NXP DCGuard™ 装置。

² VACON® NXP DCGuard™ 不具有任何防止机械隔离开关错误操作的功能。

³ 免责声明:在某些情况下,可能需要进行系统计算以找到正确的熔断器配置,这可能与手册中给出的默认熔断器配置不同。

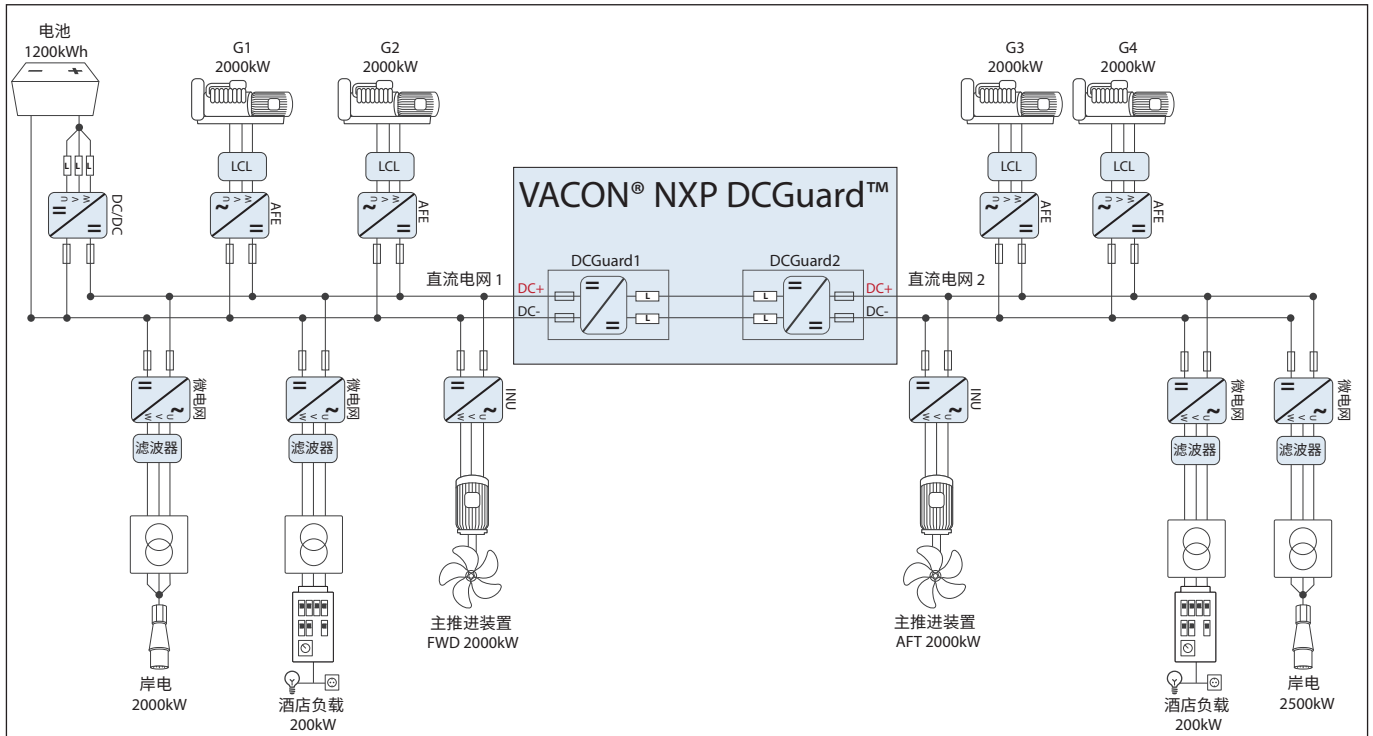


图2 说明 VACON® NXP DCGuard™ 的直流电网接线图。

3.5 工作原理是什么？

传统上，变频器用于以变速旋转电机。IGBT 在变频器内部通过直流电压脉冲产生调节速度所需的可变频电压和频率。这种产生正弦电压的方式称为脉冲宽度调制 (PWM)，需要每秒开关 IGBT 数千次。典型开关频率在 1.5-16 kHz 范围内。

为避免在 IGBT（发射器到集电极）上反向施加电压时造成损坏，所有 VACON® NXP 硬件都配备了与 IGBT 并联的二极管。该二极管可防止 IGBT 受损，同时允许“反向”能量返回直流回路电容器。这种类型的二极管通常被称为续流二极管。

因此 VACON® NXP DCGuard™ IGBT 将直流端子连接到输出端子，从而为通过的电流提供固定路径。所有通过 VACON® NXP DCGuard™ 的电流也将通过一个串联的电感。电感会限制电流上升时间 (di/dt)，使 VACON® NXP DCGuard™ 能够对其进行测量并采取行动。最重要的是，IGBT 旨在切断直流电流，并且可以在不磨损或损坏的情况下做到这一点。

切断通过线圈的电流的挑战之一是线圈中的电压感应。在此配置中，切断电流后，感应电压被释放回 VACON® NXP DCGuard™ 装置内的直流回路电容器中。

我们来了解一下发生故障情况时的系统行为。

正常运行

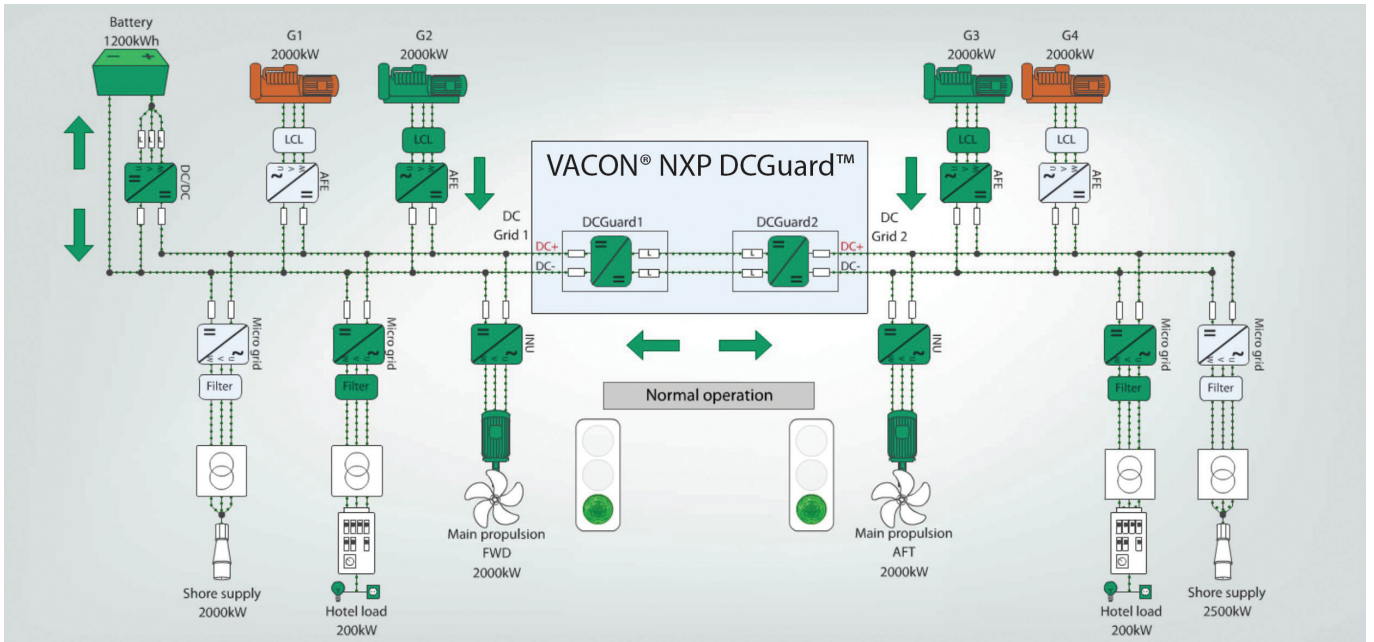


图3 正常运行。

短路

短路后 0-100 μ s。

电流将不断累积，直到达到 VACON® NXP DCGuard™ 的跳闸限值。在图 5 中，故障显示在右侧。红色箭头表示所有连接逆变器的电流影响。

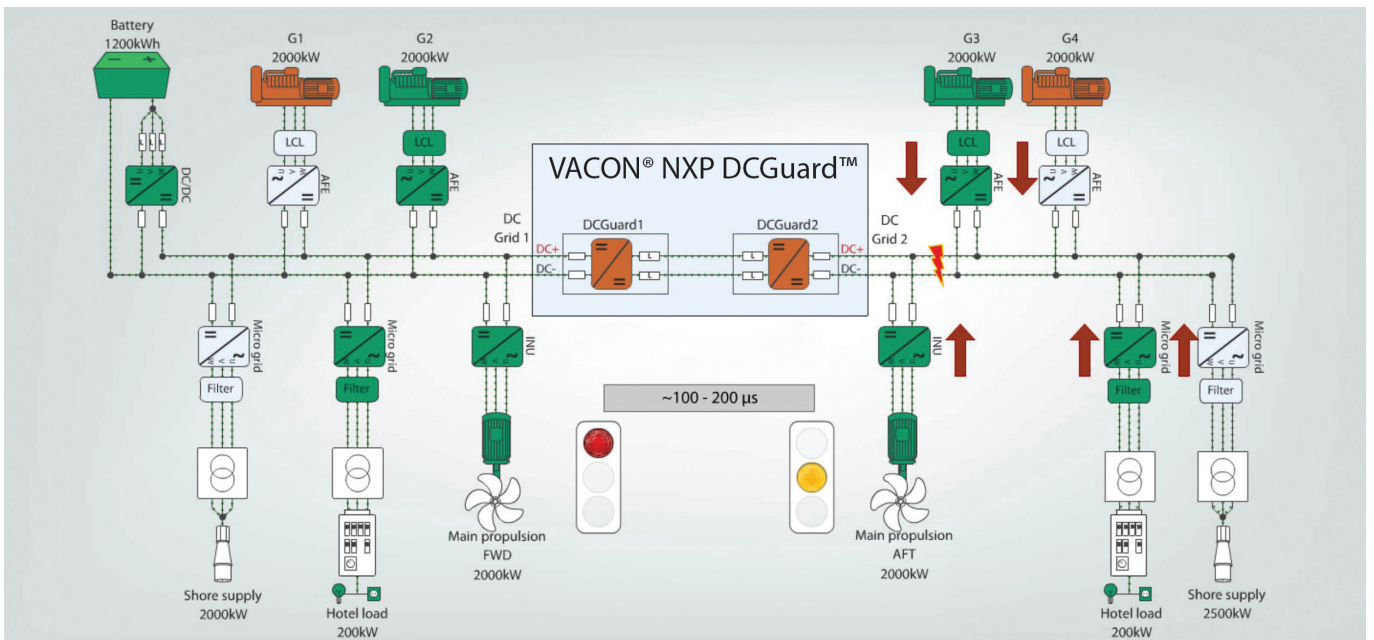


图4 短路状况 0-100 μ s。

VACON® NXP DCGuard™ 在短路后约 100 μ s 清除故障。

发生短路后 250 μ s

发生短路后 250 μ s, 电路的状况良好侧仍处于正常运行状态, 并从故障侧断开。

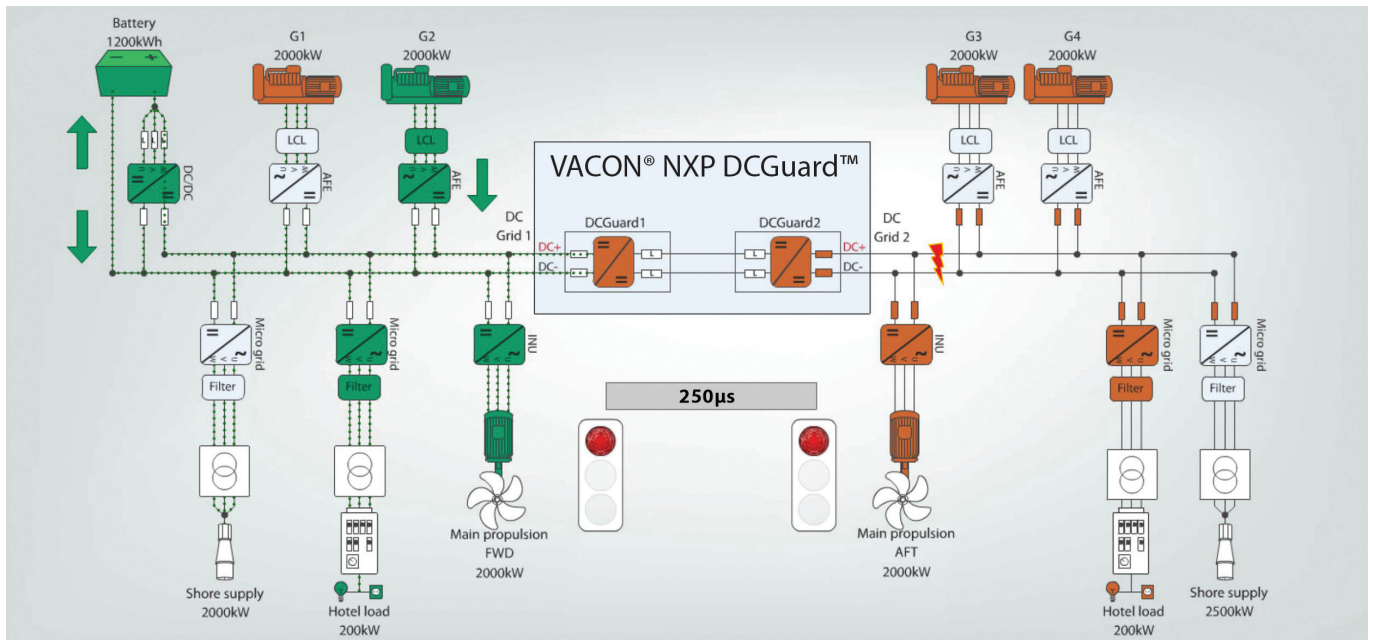


图5 200 μ s 后短路。

故障系统与正常系统隔离。然而, 仍可为基本功能供电, 例如操纵船只。

在故障期间, 馈电直流电网在状况良好侧仅发生小幅度的直流电压下降 (通常不超过 50V)。

需要注意的是, 在短路情况下 VACON[®] NXP DCGuard[™] 无法影响故障直流母线内部的情况。

正在连接

为了防止 VACON[®] NXP DCGuard[™] 装置连接到母线绑扎电缆时产生高浪涌电流, 在关闭 VACON[®] NXP DCGuard[™] 装置之前, 始终对母线绑扎电缆电压进行升压控制。电压将从电流水平逐渐上升到全直流电压。通常情况下, 电压从 0 V 上升到全直流电压的时间为 200-400 ms。可对电压上升时间和开关频率进行编程。

3.6 选型方便

VACON[®] NXP DCGuard[™] 的主要选型因数是通过它所需的负载电流, 从而将能量从一侧传递到另一侧

VACON[®] NXP DCGuard[™] 额定直流电流 = VACON[®] NXP 额定交流电流。

就是这么简单。

3.7 认证

目前像 VACON® NXP DCGuard™ 这样的应用还没有相关标准。但是,所有 VACON® NXP 产品均经过 DNV-GL 和 ABS 型式认证,这在申请系统认证时非常有用。

4. 技术成熟

早在 2009 年,丹佛斯就为一艘河道游轮提供了首批直流电网系统之一。目前,有 50 多艘这样的船舶在运营。2016 年,在阿姆斯特丹的两艘 IJ 过江渡轮上试装了首批 VACON® NXP DCGuard™ 装置。通过在同一个直流电网中安装所有 Danfoss Drives 混合动力产品,能源效率和系统选择性达到了全新水平。2018 年,首批获得 DNV-GL 认证的 VACON® NXP DCGuard™ 装置将在挪威最繁忙的渡轮航线之一的远洋船舶上运行。

5. 联系方式

请参阅 VACON® NXP DCGuard™ 说明书*:

<http://danfoss.ipapercms.dk/Drives/DD/Global/SalesPromotion/Factsheets/ProductFactsheets/UK/vacon-dcguard/>

请与当地的丹佛斯办事处联系以了解更多信息:

<https://www.danfoss.com/en/contact-us/contacts-list/?filter=type%3Adanfoss-sales-service-center>

VLT® | VAGON®

任何信息,包括但不限于产品手册、目录、广告等中包含的产品选择、产品应用或使用、产品设计、重量、尺寸、功率或其他技术信息,无论以书面、口头、电子、在线或通过下载等形式,均仅作信息了解,仅在以要约或订单确认书明示表达的情况下并仅在此范围内具备约束力。对于产品目录、手册及其他印刷资料中出现的错误, Danfoss 不予负责。
Danfoss 公司保留不另行通知更改产品的权利。此权利同样适用于已经订购但尚未交付的产品,前提是该等更改不应双方约定的产品规格或产品形式、适合度或功能产生重大影响。
本资料中的所有商标均为 Danfoss A/S 或 Danfoss 集团公司的财产。Danfoss 和 Danfoss 徽标是 Danfoss A/S 的商标。保留所有权利。