

Application of Shaft Generator in 2 Stroke Low Speed Diesel Engine

Dapeng Cui

Shanghai Fukai Ship Design Co., Ltd., Shanghai, 200000, China

Abstract

The paper mainly introduces the development process of shaft hair, and their main classification; the types of different shaft hair and their working methods, and for MAN B & W low speed main engine drive shaft hair solution analysis, so that you can have a preliminary understanding of shaft hair.

Keywords

two-stroke diesel engine; shaft hair; frequency converter

轴带发电机在 2 冲程低速柴油机上的应用

崔大鹏

上海福凯船舶设计有限公司, 中国·上海 200000

摘要

论文主要介绍了轴发的发展过程, 以及它们的主要分类方式; 对不同轴发的类型以及它们的工作方式加以简单介绍, 并针对MAN B&W的低速主机驱动轴发的方案进行了分析, 以便大家能够对轴发有一个初步的了解。

关键词

二冲程柴油机; 轴发; 变频器

1 引言

在 1982 年 MAN 公司推出 MC 系列低速柴油主机以后, MAN 公司就对使用低速机驱动轴发的可行性进行了研究, 以便能够在船舶航行时通过轴发获得电力并取代一部分四冲程柴油发电机组的功能^[1]。

驱动进行轴发研究的原因是基于不断上涨的燃料价格及 IMO 对 EEDI 指数的严格要求。当时, 大多数四冲程的发电机组只能使用昂贵的船用柴油机油作为主要的燃料。相比较而言, 低速柴油主机能够使用价格相对便宜的劣质重油, 因此海运行业更希望使用主机轴带发电机以降低每年的运营成本。在这种需求背景的刺激下, 许多厂商相继开发出能够长时间可靠运行的轴带发电机。由于其能够长时间平稳地运行, 并且与主机具有几乎相同的维修周期, 因此, 使得轴发在船舶中的应用逐渐广泛起来^[2]。

与此同时, 许多船东或航运公司更倾向于为集装箱船、成品油轮以及穿梭油轮等船型安装轴发^[3]。这可能是归因于

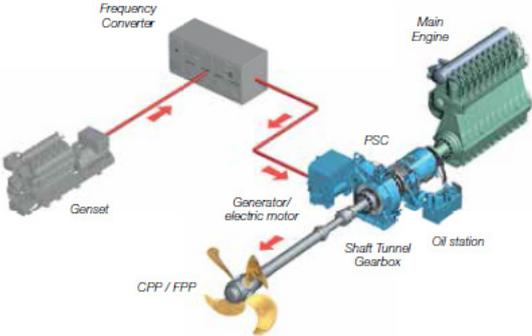
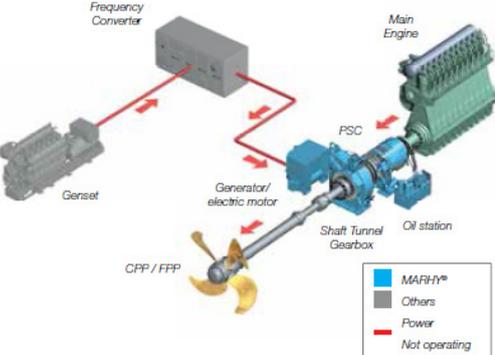
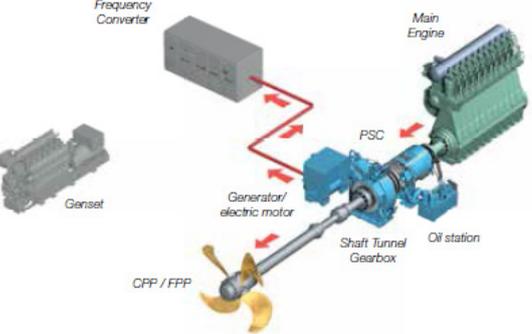
这样一个事实: 轴发电机和低速主机常常被认为是高度可靠的, 并能够长时间用于取代四冲程发电机为船舶提供稳定的电力供应。近些年来由于变频技术的发展, 使轴发可以在各种转数下为主电网提供稳定的电源, 并使轴发的应用不局限在发电这一功能, 其 PTI, PTO 功能可以为船舶提供额外的推进动力, 这意味着, 如果选择合适的设计方案, 在船舶的正常航行过程中, 稳定的电力完全可以通过轴发获得, 而在特殊情况下轴发又可以为整个船舶提供冗余的动力。

2 轴发使用的三种模式分类

从表 1 中我们可以算出, PTI 与 PTH 是两个不同的工作模式, 许多设计人员在刚刚接触轴发时可能存在概念的混淆, 将两者混为一谈。实际上, 两者最主要的区别是主机是否参与推进。PTH 模式, 是当主机失效时, 为保证船舶的运行安全, 仅仅由主发提供电力通过轴发驱动螺旋桨用于推进, 保证船舶能够最终到港, 此种模式下, 在主机飞轮的输出端必须安装有一个离合器, 以将主机脱开。PTH 模式我们有时也称为“安全返港模式”; 而 PTI 模式, 则是指在主机正常推进时, 额外再由主发提供一部分推进功率, 因此, PTI 模式也有时也可称为“联合推进模式”。

【作者简介】崔大鹏 (1985-), 男, 满族, 中国辽宁丹东人, 本科, 工程师, 从事船舶新能源及混合动力技术研究。

表 1 轴发使用的三种模式分类

推进模式	简图	特性
Power-Take-Home (PTH) 模式		<p>主机处于停车状态；螺旋桨轴离合器 (PSC) 遥控脱扣；主柴油发电机提供推进动力；变频器工作，保证轴发工作在推进模式下</p>
Power-Take-In (PTI) 模式		<p>主机处于运行状态；螺旋桨轴离合器 (PSC) 遥控并车；主柴油发电机提供推进动力；变频器工作，保证轴发工作在推进模式下</p>
Power-Take-Off (PTO) 模式		<p>主机功率在 70%~100% 范围内；螺旋桨轴离合器 (PSC) 遥控并车；轴发工作在发电机模式下；变频器保证当主机输出功率在 70%~100% 范围内时提供稳定的电力</p>

根据不同的功能需要，轴发分成以下三个组别：

PTO/GCR (power take-off/gear constant ratio)，由高弹联轴节，增速齿轮箱及发电机组成。

PTO/RCF (power take-off/RENK constant frequency)，由高弹联轴节，增速齿轮箱，刚性联轴节，RCF 单元及发电机组成。

PTO/CFE (power take-off/constant frequency electrical)，由低速发电机及相关的电气控制设备组成。

PTO/RCF 和 PTO/CFE 安装了稳频控制系统（注意：不一定是变频器），以保证发电机在不同的主机转速下能够提供一频率稳定的电力供应。

为了区别不同的轴发的安装位置，一般使用 BW I，BW II，BW III，BW IV，DMG 和 SMG 来进行区分。

3 安装轴发的利弊分析

3.1 PTO 的优点分析

船舶正常航行时，由主机轴带发电机供电，于是辅助柴油机运行时间大大缩短，仅保证在进出港口等少数情况下工作即可，其滑油耗量减少，磨损减少，运行维护费用因此降低。主机配备轴带发电机，船舶正常航行时由轴带发电机供电，不必使用辅助柴油机，因此可以省去副机动力系统的功耗，而主机辅助系统功耗基本不变。主机配备轴带发电机后，可以长期在较高负荷下运行，油耗率得以降低。另外，主机效率一般比辅助柴油机的中速柴油机要高，且主柴油机一般燃用劣质燃油，从而进一步降低了燃料费用，提高了综合经济性。船舶副机的排烟余热一般没有得到利用，而四冲程的辅助柴油机较二冲程的主柴油机排烟温度高，因此浪费

了大量排气余热。如果设置主机轴带发电机, 辅助柴油机因运行时间少, 其排气余热浪费减少, 而主机的排气余热可以得到更为有效利用^[6]。

3.2 安装空间要求低

如前面的图表所示, BWIII 类的轴发布置在主机的侧方, BWVI 类的轴发布置在轴线的一侧, 因此在考虑轴发的布置的时候, 只需要对机舱底部的布局做一些轻微的调整即可满足轴发的布置要求; 对于 DMG/CFE 类的轴发, 需要布置在主机的自由端, 相对来说对空间的要求要高一些; 对于 SMG/CFE 类的轴发, 需要考虑安装轴发以后对轴系布置的影响。另外, 也需要考虑轴发的辅助设备(如变频器, 控制箱等)的布置空间要求。

3.3 前期投资成本低

从前期投资成本来讲, PTO/GCR 类轴发的价格相对较低, 而 PTO/RCF 和 PTO/CFE 类轴发由于包含有变频控制系统, 因此价格会相对较高一些。

在多数情况下, 对于轴发的安装, 只需要在结构上提供一个简单的基座即可, 同时, 轴发不需要额外增加排烟系统, 而辅助的系统也相对简单, 因此与四冲程柴发相比, 总体上所需要的安装时间会更少一些。

3.4 可靠性高

在船舶正常航行过程中, 轴发能够为船舶提供稳定的电力供应, 船舶在 boost 模式时, 轴发可以为主机提供补充动力。在主机故障时, 轴发可以当作推进马达, 时船舶平安靠港。

3.5 维护成本低

在设备运行的第一年里, 轴发只需要进行例行的维护保养即可, 包括常规的设备检查, 滑油的更换等。

3.6 备件成本低

由于可靠性高及例行维护周期中更换的备件少, 因此相对四冲程发电机组其备件成本要更低一些。

3.7 更长的设备使用寿命

对轴发而言, 较低的部件磨损率意味着更长的设备使用寿命。

但是也需要注意, 对于轴承、滑油泵以及摩擦式离合器等, 需要进行定期的检查及更换, 以保证设备的正常运行。

3.8 延长主柴发的运行周期

在船舶正常运营过程中, 轴发可以为船舶提供 100% 的电力输出, 这意味着在设计时, 可以在船上减少一台柴发机组, 同时, 另两台柴发的运行时间也相对很少, 因此, 我们可以考虑适当减少另外两台柴发的功率并使用高速柴油发电机的安装方案, 这样, 可以降低船东的初始投资, 并优化机舱内的布置方案。

3.9 降低机舱噪声

根据使用的经验来看, 轴发的噪声水平要低于柴发的

噪声水平, 这样可以改善船员的机舱工作环境。

4 PTO 的缺点分析

4.1 增加了备件成本

相对而言, 柴发的备件数量较多, 因此, 在安装轴发的情况下, 除非减少了一台柴发的安装, 否则如果仅是单纯地增加了一台轴发, 无疑是又增加了轴发的备件成本。

4.2 在港口条件下无法实现电力输出

轴发一般在港口停泊状态下不提供电力输出, 除非在 PTO 与螺旋桨轴间增加离合器。这种设计一般常见于穿梭油轮的设计案例。对于穿梭油轮, 在停泊状态下通过离合器将桨轴脱开, 这样轴发就能继续工作并提供额外的电力完成货油的操作。

4.3 主机负荷增加

当轴发处于工作状态时, 主机会运行在较高在负荷状态下, 根据主机的性能曲线, 这可能会导致主机的燃油消耗和汽缸油的消耗有一定的增加。

4.4 低航速时会导致调距桨推进效率降低

在低负荷主机运行工况下, PTO/GCR 类轴发会影响推进的效率。

4.5 更加复杂的轴系布置方案

当二冲程柴油机仅用作推进系统中时, 应避免齿轮箱和高弹联轴节的使用, 因为这些部件所产生的转运惯量会对轴系的布置及轴系扭振计算产生非常大有影响。

5 结语

与传统的柴油发电机相比, 安装轴发会增加一定的费用, 与此同时相应的价值也将有所体现。从近些年新造船市场的反应来看, 五年前的北欧船东, 到三年前的西欧船东, 到如今的国内船东, 已有越来越多的船东倾向于采用安装轴发的方案。国际航运界对轴带发电机的认可程度, 应该引起我们充分重视。从市场上已经安装轴发的船舶运营情况来看, 该增加的成本的回收平均周期为 3 年左右。回收周期的长短, 往往会受到燃油价格、运输条件、运营状况等因素的影响。国际航运界对此类轴带发电机系统产品的逐渐认可程度随着 IMO 的 EEDI 和 EEXI 标准实施, 节能减排成为硬性要求, 在新造船市场中, 安装轴带发电机已逐步成为船舶制造的主流。

参考文献

- [1] 靳宇峰. 轴带发电机逆变器并联运行控制策略[J]. 舰船科学技术, 2021(10):34.
- [2] 李维波, 徐聪, 许智豪, 等. 基于自适应虚拟阻抗的船用逆变器并联策略[J]. 高电压技术, 2019(8):56.
- [3] 朱芳. 基于 PLC 的船用 40MPa 高压空压机控制系统设计[J]. 压缩机技术, 2021(6):89.