

在舰船动力装置中的马格离合器

李承江 徐振忠

[提要] 本文介绍马格(MAAG)自动同步离合器的结构特点,动作原理以及在舰船联合动力装置中的具体应用。分析了DSK型双联离合器的使用和控制方式。

关键词: 离合器 结构设计

前 言

高速大功率自动同步离合器在舰船交替、联合动力装置中已经获得广泛的应用,成为先进的动力装置所必不可少的主要传动元件。在舰船上应用较多的自动同步离合器有:众所周知的S.S.S.离合器(Synchro-Self-Shifting Clutch)、S.S.离合器(Self-Synchronizing Clutch)、马格离合器(MAAG·Synchronous Clutch)。这里着重介绍马格离合器的应用场合、结构特点及性能,动作过程;MS型离合器及带有闭锁机构的MS型离合器,HS型离合器和双联同步离合器(DSK)。

一、马格自动同步离合器在舰船动力装置中的应用

马格自动同步离合器已经成功地应用于柴一燃(CODOG、CODAG),燃一燃(COOG、COAG)等船用交替、联合动力装置中。

以加速机组为最大连续功率20 200千瓦(27 500马力),转速3600转/分的LM2500燃气轮机与巡航机为最大连续功率4070千瓦(5535马力)转速1420转/分的20V956TB 82柴油机组的柴一燃交替动力装置为例,见图1[1],来说明马格同步离合器的应用场合及规格型号。

图1所示的实船动力装置是每艘船有左、右舷各一套齿轮减速箱,而每台齿轮箱中又各自含有MS-29,MS-36型马格同步离合器。

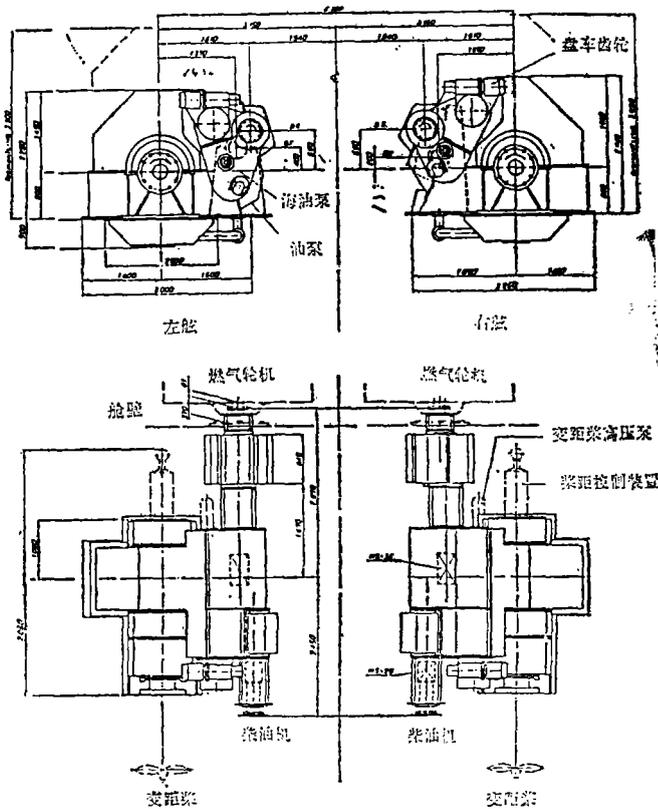


图1 燃气轮机与柴油机组成的船用柴—燃交替动力装置

图2示出了上述动力装置中的右舷减速齿轮箱中的主要传动元件的布置情况，从中可清楚地看到巡航柴油机选用MS—29型，加速燃气轮机选用MS—36型马格同步离合器。整个动力装置借助于两台离合器进行动切换，实现舰船加速、巡航工况的交替运行。

二、MS型离合器的结构及性能

图3[2]示出了MS型离合器的结构形式。它包含有齿型联轴节，用以传递扭矩，它与一般常用的齿型联轴节相同，其外齿采用硬化磨齿工艺并沿齿长方向修正成鼓形齿，以便能补偿离合器主动端与从动端之间的角度不对中。

离合器的同步机构是由棘轮，几个或几组棘爪组成的。棘爪是具有很高承载能力的板状结构件，它位于持环内的矩形槽内。棘轮、棘爪均采用渗碳淬火工艺，因此可以在很高的速度下连续运转而不被磨损。

三、离合器的动作过程

离合器在使用过程中,按工况需要有全脱开、啮合和由啮合至脱开的状态,整个动作均自动地完成。

1. 全脱开状态:

如图3中上半部分剖面图所示,离合器处于全脱开状态。

在这种状态下,输出件可以在任意速度下转动,输入件处于静止。棘轮与棘爪之间由流体动力油膜隔开,以便减少磨损。同步机构借助于较低的油压力保持处于脱开状态。

2. 啮合

当与离合器输入端(主动件)相联接的动力源(燃气轮机或柴油机)在加速时,一旦输入件的转速超越输出件转速时,一组棘爪即抵住棘轮齿上,发生棘合。

此时,主动件的加速扭矩马上由棘爪传递到棘轮,并沿同步螺旋齿花键“A”传递到输出件。该扭矩驱动同步机构沿螺旋齿花键“A”做第一次螺旋运动并向输出端轴向移动。螺旋齿“B”具有斜切端,这样可以允许离合器齿“B”在具有较大重迭的情况下啮合。加速扭矩将由离合器的螺旋齿“B”来传递,同步机构沿螺旋齿“B”做第二次螺旋运动并轴向位移。由于在设计时使螺旋齿“A”和“B”导程不同,所以在第二次螺旋运动时,棘轮、棘爪之间产生相对螺旋运动,使原先处于棘合的棘轮与棘爪之间脱离一定间隙,棘轮与棘爪之间载荷卸掉。在离合器开始棘合做第一次螺旋运动时,冲击由缓冲弹簧来吸收。当同步机构最后将要接触到输出件时,第二次螺旋运动结束,将由油压阻尼来吸收冲击,使离合器很平稳地啮合。

图3的下半部分剖面图示出了离合器处于啮合状态的情况。

上述的啮合过程是离合器的动态啮合。该离合器亦可以在输入、输出端均处于静止时进行啮合,只是静止状态啮合极为简单,只要输入端一开始转动,离合器便自动地完成啮合动作。

3. 由啮合状态转变到脱开过程

如果与离合器输入端相联接的动力源停机,扭矩马上变成为负值,该离合器就会马上自动地脱开啮合。这时离合器可以一直保持再啮合的准备状态。

四、带有闭锁机构的MS型离合器

1. 结构说明

舰船在航行过程中,螺旋桨轴的转速和扭矩往往是波动的,因此作用到离合器上的扭矩也是波动的,有时会出现负扭矩而使离合器出现脱开→啮合→脱开→再啮合的反复过程。为了防止这一不正常现象的发生,设计出带有闭锁机构的MS型离合器,详见图4

[3]。

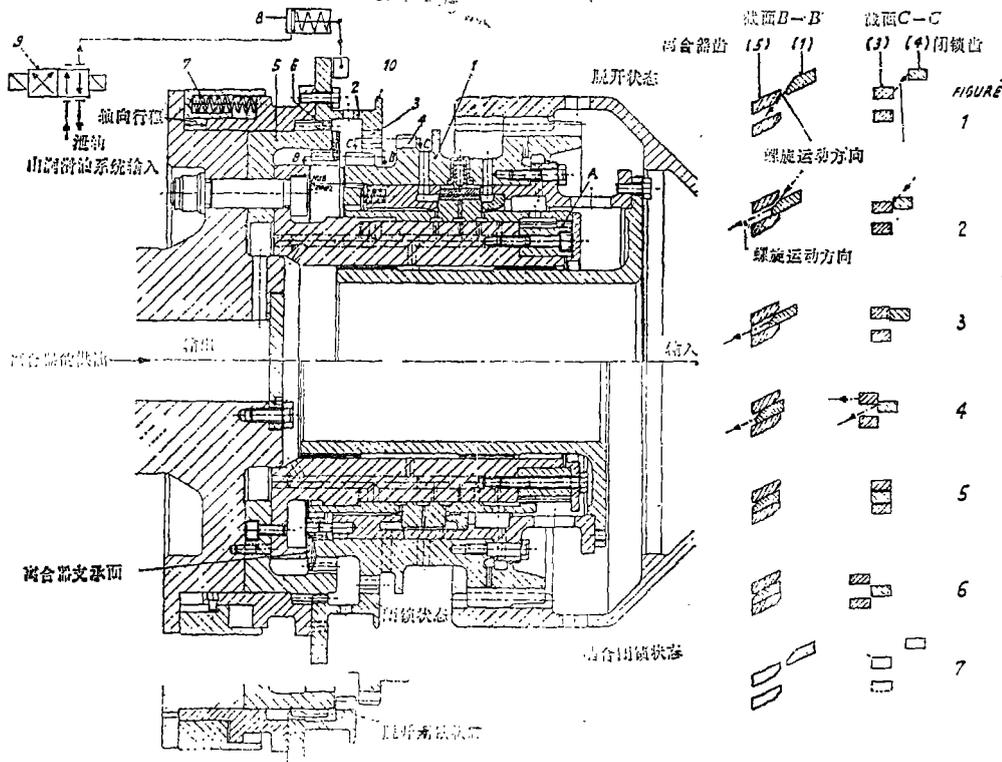


图4 带有闭锁机构的MS型离合器

由于离合器在脱开时，同步机构 1 在做螺旋运动，如采取措施制止同步机构产生螺旋运动，使其轴向不移动，则离合器就不会自动脱开。在具体结构上利用闭锁套筒 2 上的直齿闭锁齿 3 与同步机构上的直齿闭锁齿 4 相啮合。使离合器处于闭锁状态，如图 4 下半部分剖面所示。闭锁套筒 2 输出件 5 通过直齿花键相联接，并可以轴向地移动使闭锁直齿实现闭锁和解脱闭锁。借助于弹簧 7 的作用力使闭锁套筒 2 保持在闭锁位置。在解脱闭锁时，用电磁阀 9 控制供给油压作用筒 8 的给油方向，通过油压力驱使活塞轴向移动，再通过杠杆、滑块机构来移动闭锁套筒。为使操纵人员了解离合器的工作状态，在控制系统中装有显示闭锁套筒位置（闭锁或解脱闭锁）的位置显示器。

2. 操作程序及动作过程

1. 啮合至闭锁

离合器啮合前的状态：

- 输出件转动速度比输入件快。
- 离合器处于脱开状态。
- 电磁阀上信号指示为“闭锁”。
- 离合器零件的轴向位置与图的上半部分剖面所示一致。

离合器从开始啮合到闭锁的整个过程,驱动齿(1)和(5), $B-B$ 剖面 and 闭锁齿(3)、(4), $C-C$ 剖面之间相对位置变化见图4中右侧的1~5,位置6~7为解脱闭锁到脱开的过程。

当离合器的输入件升速并超越输出件时,由于螺旋齿花键传递主动件的加速扭矩使同步机构朝着输出件的方向做螺旋运动。图4中的1示出同步时离合器驱动齿(1)、(5),和闭锁齿(3)、(4)之间的相对位置。输入、输出件同步,棘轮与棘爪棘合后,由螺旋齿A驱使同步机构的从动驱动齿(1)与位于输出件上的驱动齿(5)开始重迭并使螺旋齿侧面相接触,详见位置图中2。继续轴向移动一定行程之后,闭锁齿(3)和(4)的端面相接触并相对转过一个角度,见位置图中3。同步机构再轴向移动后,闭锁齿(4)沿齿(3)端面转过一角度,接近进入啮合的位置,见位置图中4。当驱动齿B完全啮合到极限位置,同步机构与输出件相抵,闭锁齿(4)、(3)完全进入啮合实现闭锁。见位置图中5。

2. 解脱闭锁至脱开啮合

使离合器脱开啮合前的状态:

—离合器在啮合并传递功率。

—闭锁套筒位于闭锁位置。

—电磁阀信号指示“闭锁”。

—离合器各部的轴向位置如图4的下半部分剖面所示。

在决定离合器转换到脱开啮合前,先下达指令使电磁阀“解脱闭锁”。供油至油压作用筒内,使活塞轴向移动驱动闭锁套筒2米克服弹簧7的轴向力而轴向移动一行程,将闭锁齿(3)、(4)脱开,见位置图中6

动力源(燃气轮机或柴油机)降速,一旦输入的转速低于输出件时,主动件的降速扭矩由离合器的螺旋花键齿来传递,扭矩方向改变,因此离合器自动地脱开啮合,详见位置图中7。当给电磁阀以“闭锁”指令后,离合器又回复到位置图中1所示的状态。

综上所述,MS型离合器具有下列特性:

离合器能在任何转速下同步自动啮合;

只要输入主动转速低于输出件便自动地脱开;

在带有闭锁机构的MS型离合器中,不会任意自动脱开,而只有接受特定指令时才能脱开。在轴系中存在扭矩波动的情况下,由于设置闭锁亦可防止轴向振动;

当离合器完全啮合时,同步机构不传递功率,因此同步机构的质量相对较轻,但结构又很牢靠,使离合器耐冲击角加速度能力有很大的提高;

离合器套筒能适应两轴之间的不对中,传递扭矩时与常规齿型联轴节性能相同。

五、MS型离合器的改型设计

图3所示的这种离合器是MS型自动同步离合的基本设计。为了满足各种特殊需要进行多种改型设计。这里仅介绍其中的三种:

1. 主、从动间允许轴向浮动的离合器

有些使用场合，希望与离合器相联接的主动与从动件之间允许轴向有些浮动，图5所示的这种改型设计可以满足这一要求。

2. 两端用法兰联接的离合器

离合器在齿轮箱中布置方式较多。布置的位置也各有差异。常用的有中间布置型式，其两端均以法兰联接型式与输入、输出件相联接。如图6所示的这种结构是中间布置所常用的。

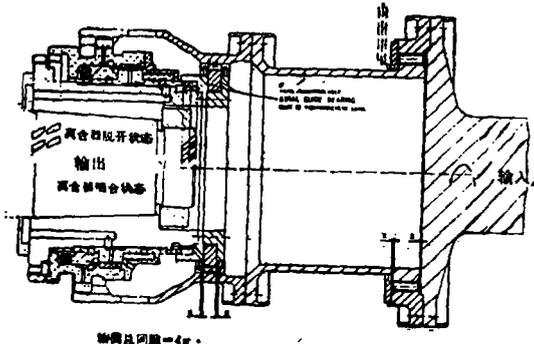


图5 MS型离合器的改型设计(一)

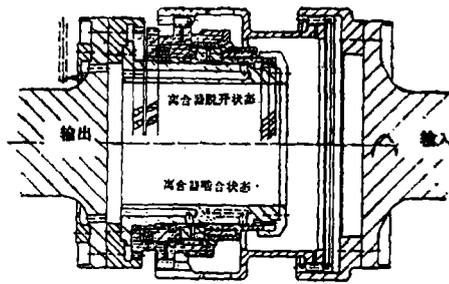


图6 MS型离合器的改型设计(二)

3. 套轴安装的离合器

在设计减速齿轮箱时，有时为了使结构更为合理，尺寸更加紧凑，因此希望将离合器布置在齿轮箱的自由端，这样离合器将挂在轴端，使输入、输出形成套轴的结构。为适应这种要求其改型设计(三)就是能满足这种需要的套轴安装的离合器。见图7。

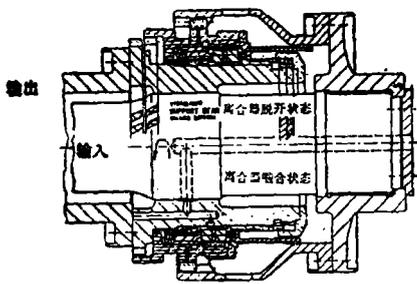


图7 MS型离合器的改型设计(三)

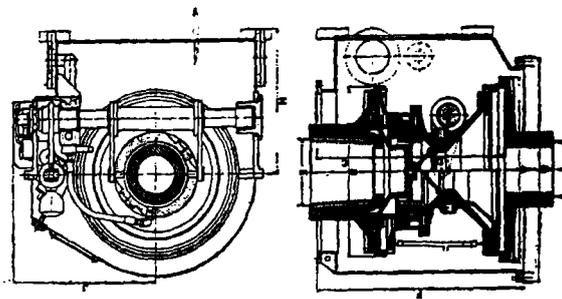


图8 HS型离合联轴器

六、液力控制的HS型离合联轴器

在马格离合器中，除上述的MS型离合器外还有靠液力控制HS型同步离合联轴器。详见图8。

它实际上是一种可以离合的齿型联轴器，但它的内部含有棘轮、棘爪组成的同步机构。因此可以在任何转速下动态地啮合与脱离。同步机构发生啮合时，正好使从动驱动齿对准，然后靠液压力油缸的作用力推动拨叉杠杆机构来轴向移动从驱动齿进入啮合。脱开时也是主动件转速下降、扭矩减少后靠油缸作用力来实现的。与MS型离合器的主要区

别在于MS型可以自动地离合,而HS型需人为地控制。

七、DSK型双联离合器

在多机交替、联合动力装置(CODOG、CODAG、COGAG、CODAD)的齿轮箱中均需要一种可靠性高且控制简单的离合器。对离合器本身要求结构坚固可靠。而对控制系统的要求则是要避免使离合器或齿轮元件损坏的误操纵情况产生。为了简化控制系统,去掉为防止事故所采用的精密控制功能元件,则需要一种新型离合器。它必须满足工况转换时的自动离合,同时要保证即使控制系统出现故障也不会损坏离合器本体和齿轮元件。

下面所叙述的(DSK)型双联离合器就能满足这些要求。

1. 双联同步离合器的基本构造

双联离合器是由两种型号的离合器以众所周知的“背靠背”排列方式组合成的,由一个公用套筒联接在一起,其详细结构见图9^[3]。

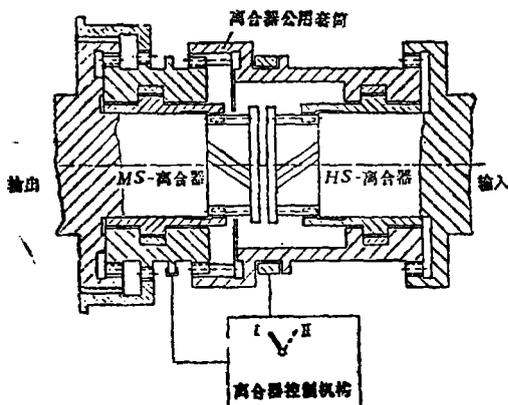


图9 双联同步离合器简单结构图

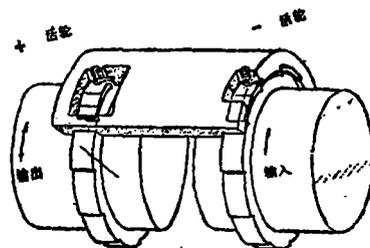


图10 双联离合器动作原理图

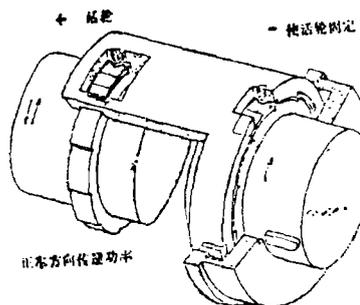


图11 正车方向传递扭矩时双向离合器的动作原理

它是由上述的纯机械式移动,自动地实现脱开与啮合的MS型同步离合器和由液压系统控制脱开与啮合的HS型离合器组成的。双向可传递同样的扭矩。其中每台离合器都有由棘轮、棘爪组成的同步机构。当输入轴转速超越输出轴时MS型离合器啮合,而输出轴开始超越输入轴时,则HS离合器开始啮合。

从简图10可以看出,输出轴相对于输入轴可以自由地转动,即可以比输入轴转得快也可以转得慢。

假如该离合器按正车方向传递扭矩,则输入侧的离合器应用闭锁如简图11所示。

上述的两个示意图仅用来说明DSK型离合器的动作原理,而实际上,扭矩不是由棘轮、棘爪直接传递的。棘轮、棘爪组成的同步机构仅用于传感速度同步与否的作用。如图9所示。HS离合器排列在输入侧,而MS离合器排列在输出侧。公共套筒要保证DSM离合器不会两侧同时脱开。就这种离合器而言,不需要所谓“活轮”状态。在实际应用中,如需要发动机在系泊状态下试验,只需将DSK的HS离合器脱开即可。这一优点在实船应用上很有实用价值。

2. DSK离合器的控制

离合器的功能变换是由一个液力控制系统来实现的。预先选定离合器有“1”,“I”两个位置。

“1”表示“离合器啮合”;

“I”表示“离合器处于活轮”状态。

当预先选定从一个位置转换到另一位置时,离合器并不能马上产生任何移动。仅是为按所选择的功能做好准备。

如果离合器处于位置“1”,而且按正车方向传递扭矩,在选择位置“I”后,扭矩方向发生改变的瞬间,MS离合器即自动地脱开啮合。这时离合器处于活轮状态。输出轴即可以比输入轴转得快亦可以转得慢。两轴的相对速度每次改变符号时,都会使一台离合器啮合;同时另一台离合器脱开。反之,一台离合器脱开时则另一台离合器便啮合。

如果现在将离合器选择位置“I”,脱开的离合器在两轴速度变化的交点处啮合,见图12,另一台离合器原先保持啮合,这时DSK将全部进入啮合,为传递扭矩做好准备。

离合器的功能转换完全是自动地而且是用机械方法来实现的。

该离合器装备有位置指示器,信号传递到齿轮箱的跟踪控制系统,使控制系统简化。

因为离合器仅在扭矩为零时滑移进入或脱开啮合,所以不需要任何轴扭矩监测。

在功率传输元件未发生损坏的情况下,离合器的棘爪总是起作用的,因此也不需要离合器的输入、输出轴处装有差动加速度的监测器件。

由于去掉了这些电子监测器件,对于那些一台齿轮箱中包含有多台离合器的场合,其控制系统会大为简化、从而提高了控制系统的可靠性。

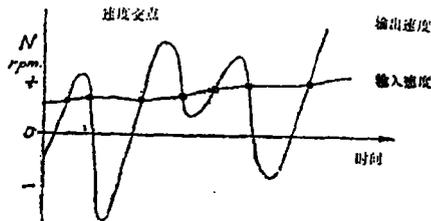


图12 输入输出轴之间相对速度变化

八、DSK型离合器的应用

在单机联合的动力装置(CODAD、COGAG、CODAG)中就有些发动机需要在减速中变换速比,以避免在所有发动机同时工作时超速。就这种类型的齿轮系统而言,

其控制是很重要的,而且希望自动性较高,可靠性亦要很高。即使在控制系统出现故障时也不应当损坏离合器和齿轮传动元件。这就要求一旦选定新的运行工况,离合器就能完全自动地动作。利用 MS 型和 DSK 型离合器便可以满足上述要求。这里着重叙述应用 MS 和 DSK 型离合器的联合动力装置。

图13^[4]示出了最简单的联合动力装置的传动系统图。它包含有一台巡航机和一台加速机,其巡航、加速机组可以是柴油机亦可以是燃气轮机或蒸汽轮机,两机联合驱动一根螺旋桨。

加速机组 B 用 MS 型同步离合器 MS_B 与主减速齿轮箱小齿轮联接。当发动机转速超越主减齿轮箱小齿轮转速时离合器 MS_B 即啮合,而发动机功率减少时该离合器会自动地脱开。

当单独使用巡航机组 C 时,由 MS 型离合器 MS_C 来直接驱动主减速齿轮箱的小齿轮。

如果加速、巡航机组同时工作,即“联合”形式,则巡航机组要通过增速器(图示中的“ A ”齿轮箱)和 DSK 离合器与主齿轮箱小齿轮联接。其总速比选择应保证巡航机在最佳速度下运行。

这种联合动力装置的工况变换过程如下:

1. 全速正车

在加速机 B 和巡航机 C 经“ A ”齿轮箱的 DSK 离合器联合驱动主减齿轮箱时, MS_C 离合器因输入轴转得比输出轴慢,所以巡航机同步离合器 MS_C 脱开,功率由经“ A ”齿轮箱和 DSK 传递到主齿轮箱,两机功率全部投入使船全速正车航行。

2. 全速正车到巡航

在全速正车运行情况下,一旦下达转换为巡航工况的指令时,首先选择 DSK 的位置应在“ I ”使 DSK 离合器处于活轮状态,这时巡航机 C 减少功率时则 MS^+ 离合器即脱开。同时减少加速机 B 的功率使 MS_C 离合器啮合,最后使加速机 B 停机则整个动力装置将单独由巡航机 C 来驱动,此时 MS_B 也自动地脱开。

最后再选择到位置“ II ”,此时 MS^+ 啮合而 HS^- 脱开,为再次迅速转换到加速机组工作做好准备。所有的这些离合器的动作全都是自动地完成的。

3. 巡航到全速正车

下达由巡航向全速正车转换指令之后,起动加速机组 B 并升速。加速机同步离合器

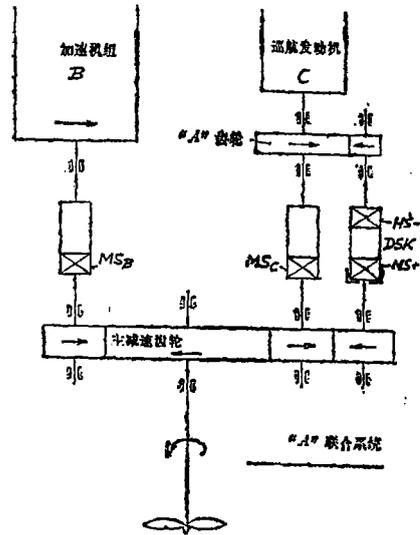


图13 联合动力装置的系统图

MS_B 将自动地啮合。增加 B 功率同时减小 C 功率则 MS_C 离合器自动地脱开, DSK 的 HS^- 离合器将啮合, 这样两台机组便同时并入主齿轮箱, 然后一同增加功率实现全速正车运行工况。

4. 仅加速机工作

如果必须使巡航机 C 停机, DSK 离合器应选择在位置“ I ”, 并同时减少巡航机 C 速度使 MS^+ 自动脱开, 这时加速机组 B 投入单独运行工况。然后还需将 DSK 选择到

表1

	巡航机 C	加速机 B	DSK				巡航 MS_C	加速 MS_B	螺旋转速	简要说明
			位置	MS^+ 闭锁	MS^+	HS^-				
全速正车	全功率	全功率	I	闭锁	接合	接合	脱开	接合	n_0	指令“巡航” 开始从 I → I
1	“	“	I	非闭锁	“	“	“	“	“	→ 巡航机开始减少功率
2	减小功率	“	“	“	脱开	“	“	“	$n < n_0$	→ 加速机开始减少功率
3	增加速度	减少功率	“	“	接合	脱开	“	“	n 减小	→ 加速机开始停机
4	“	“	“	“	“	“	接合	“	“	→ DSK 转换到位置 I
5	增加功率	停机	“	“	“	“	“	脱开	$n \sim$ 常数	
巡航	全功率	停机	I	闭锁	“	“	“	“	n_C	离合器为加速机组投入 工况做好准备
11	“	起动	“	“	“	“	“	“	“	指令: “全速正车”
12	“	升速	“	“	“	“	“	接合	“	→ 巡航机开始减少功率
13	减少功率	增加功率	“	“	“	“	脱开	“	$n > n_C$	→ 允许巡航机自由地增加功率
14	“	“	“	“	“	接合	“	“	n	
15	增加功率	增加功率	“	“	“	“	“	“	“	
全速正车	全功率	全功率	“	“	“	“	“	“	n_0	指令“巡航机停机”
21	“	“	I	非闭锁	“	“	“	“	“	开始从 I → I
22	减少功率	“	“	“	脱开	“	“	“	n 减少	→ 巡航机开始减少功率
23	停机	“	“	“	“	“	“	“	“	→ 巡航机停机 DSK 转换到位置 I
仅加速机工作	“	“	I	闭锁	“	“	“	“	n	
31	起动	“	“	“	“	“	“	“	“	指令“巡航机投入”
32	增速	“	“	“	接合	“	“	“	“	↓
33	增加功率	“	“	“	“	“	“	“	n 增速	→ 巡航机增加功率
全速正车	全功率	全功率	“	“	“	“	“	“	n_0	

位置“1”，使DSK处于为自动地再啮合做好准备。

为更清楚地说明运行工况转换过程和离合器的交换情况，列出程序表，见表1。

九、结 论

随着科学技术的发展，世界各国在船用自动同步离合器的研究设计方向有很大进展，而且各有自己独特的风格和特点。在应用实践中取得很丰富的经验。到目前为止，在船用动力装置中以S.S.S.离合器居于首位，其次是马格离合器。这种离合器的突出特点是结构简单体积小，重量轻，因此耐冲击差加速度能力较高，性能可靠，易于控制。

文中介绍的DSK型离合器是一种新颖结构，在联合动力装置中的应用是很有前途的。由于控制简便使系统控制简化，因而提高了动力装置的系统可靠性。

参 考 文 献

- [1] “MAAG MARINE GEAR TYPE DTA—210W FOR CODOG ARRANGEMENT LM2500/20V956” 1985年2月
- [2] “SYNCHRONOUS CLUTCH COUPLING TYPE MS TECHNICAL DESCRIPTION” 1984年2月
- [3] “LOCKING DEVICE FOR SYNCHRONOUS CLUTCH COUPLING TYPE MS TECHNICAL DESCRIPTION” 1985年8月
- [4] “Combined Marine Propulsion Systems CODAD COGAG CODAG “A” - Systems Technical Description” 1983年10月

☆ ☆ ☆

THE APPLICATION OF MAAG CLUTCHES IN NAVAL VESSEL PROPULSION PLANTS

Li Chengjiang and Xu Zhenzhong

Abstract

In this paper a description is given of the design features and operation principles of MAAG automatic synchronizing clutches as well as their specific applications in combined naval propulsion plants. Also analysed are the application and control modes of DSK type duplex clutches.

Key words: clutches, structural design