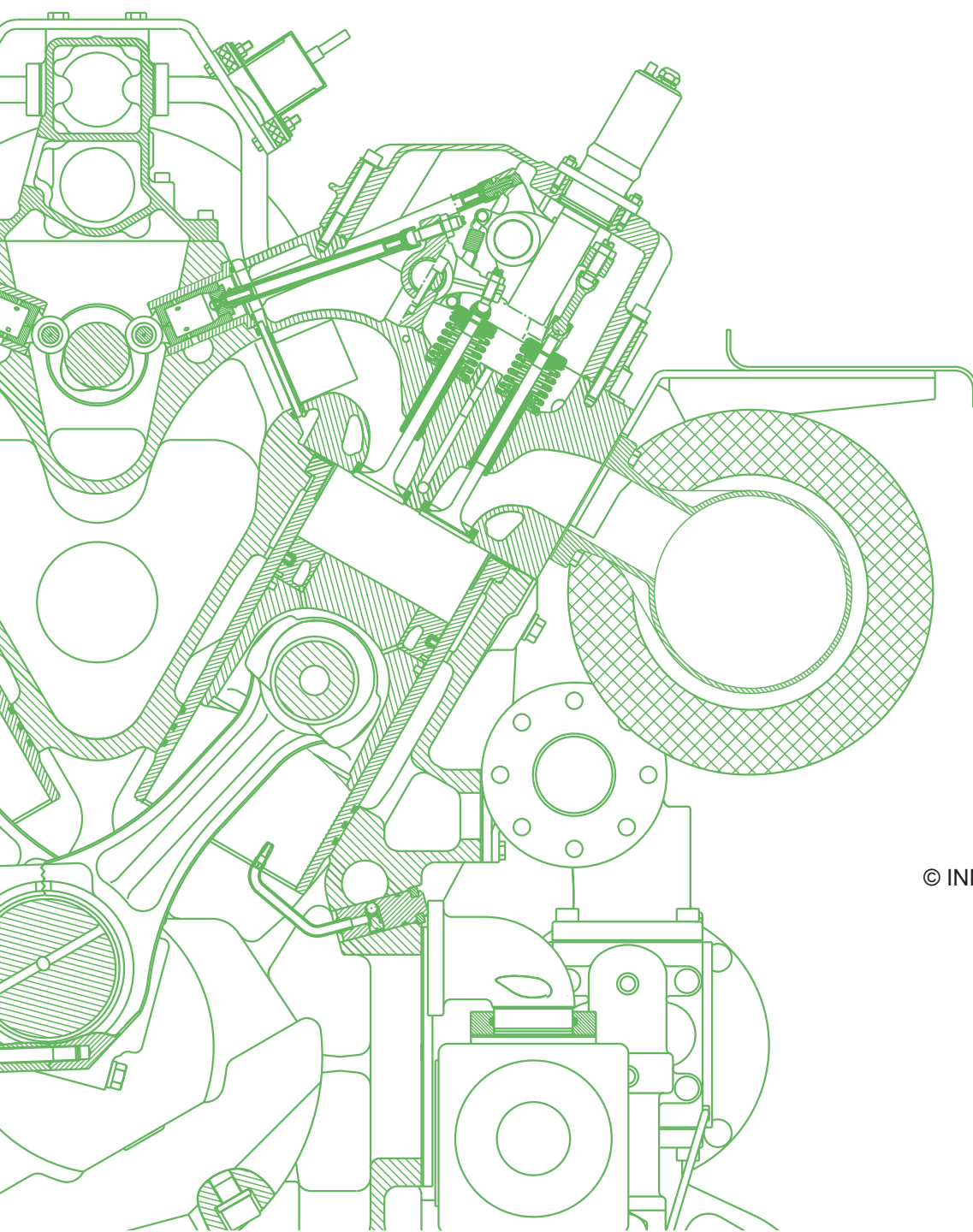




TA 2108-0031

孤网运行概述



© INNIO Jenbacher GmbH & Co OG
Achenseestr.1-3
A-6200 Jenbach, Austria
www.innio.com



JENBACHER
INNIO

1	应用范围.....	2
2	用途.....	2
3	附加信息.....	2
4	定义.....	3
4.1	孤网运行一般定义.....	3
4.2	相关的标准和指令.....	4
5	孤网运行类别.....	4
6	孤网运行中的影响因素.....	4
6.1	接通负载.....	4
6.2	减少负载.....	5
7	孤网联合电网中的影响因素（多发动机设备）.....	5
8	孤网运行性能分析.....	5
9	孤网运行的负载开关图.....	6
9.1	负载开关图.....	6
9.2	减少负载.....	9
10	计划和技术应用方法.....	10
10.1	为连续供电设备供电（USV 设备）.....	10
10.2	与 USV 设备并联运行.....	11
10.3	DIN VDE 0100 第 710 或 718 部分规定的 15 秒钟备用电源生效时间.....	11
10.4	变压器的软磁化.....	11
10.5	黑启动运行（Black-Start）.....	11
10.6	多个机组并联运行.....	11
10.6.1	P 度（转速静态控制或者频率静态控制，Speed drop）.....	11
10.6.2	有效负载分配线（等时模式）.....	12
10.6.3	无功功率分配线（电压静态控制，Voltage droop）.....	12
10.6.4	负载管理.....	13
10.7	需要特别考虑的事项.....	14
10.7.1	断路器状态造成的运行状态信息 - 延迟时间.....	14
10.7.2	未知的用户负载比例 - 容性负载.....	14
10.7.3	电网输入控制.....	14
10.7.4	辅助设备.....	14
11	边界条件.....	14
11.1	发动机额定负荷.....	14
11.2	燃气发动机排放.....	14
11.3	柴油发动机排放.....	14
11.4	混合气冷却水温度、混合气温度.....	15
11.5	点火正时/喷射正时.....	15
11.6	进气温度.....	15
11.7	废气背压.....	15
11.8	利用生物气/垃圾填埋气和沼气的孤网运行.....	15
11.9	燃气供应系统.....	15
11.10	柴油供应.....	15
11.11	发电机.....	15
12	附录 A 孤网运行性能分析的特性参数.....	16
13	修订附注.....	19

该文件的目标群体是：

客户，经销商，服务伙伴，IB 伙伴，子公司/分支机构，Jenbach 生产基地

INNIO 所有权说明：保密

该文件所述信息为 INNIO Jenbacher GmbH & Co OG 和其子公司的受保护信息，属保密文件。它们的所有权归 INNIO 所有，未经事先书面许可，不得使用、转给第三方或复制。这包括但不限于使用该信息进行制造、生产、研发或衍生推导修理、改装、备件、结构或配置更改以及向国家机构申请专利。如果批准了完全或部分复制，则必须完全或部分注意该说明以及本文档所有页中的其他说明。

印刷版或电子版文件为非受控文件

1 应用范围

本技术指导 (TA) 适用于以下Jenbacher 燃气发动机：

- 系列 2
- 系列 3
- 系列 4
- 系列 6

，它配有选装的“孤网运行”模式。

2 用途

3 附加信息

相关的标准和指令：

除非另行说明，否则，本文件参考的是此处引用的标准和指令的最新版本（例如 ISO 8528-5）。作为辅助说明，如果在本文中引用了旧版标准，则会额外用对应的发布年份对其进行标记（例如 ISO 8528-5:2018）。

相关文档：

TA 1000-0001 –

TA 1000-0300 – 燃气和助燃空气要求

TA 1503-0057 –

TA 1530-0182 –

TA 2108-0025 – 带有 Dia.ne (型号 3) 的燃气 - 汽油 - 发动机孤网运行

TA 2108-0026 – 带有 DIA.NE (系列 6) 的燃气 - 汽油 - 发动机孤网运行

TA 2108-0029 – 带有 Dia.ne (型号 4) 的燃气 - 汽油 - 发动机孤网运行

TA 2108-0030 –

TA 2108-0032 –

TA 2108-0033 –

ISO 8528-2

ISO 8528-5

ISO 8528-12

DIN VDE 0100

4 定义

4.1 孤网运行一般定义

在未使用公用电网的条件下，如果设备必须持续为用电设备供电，那么就出现了孤网运行/应急电源运行/备用电源运行（见图 1）。一旦出现这种情况，汇流排频率和汇流排电压必须保持在定义的限值范围内。

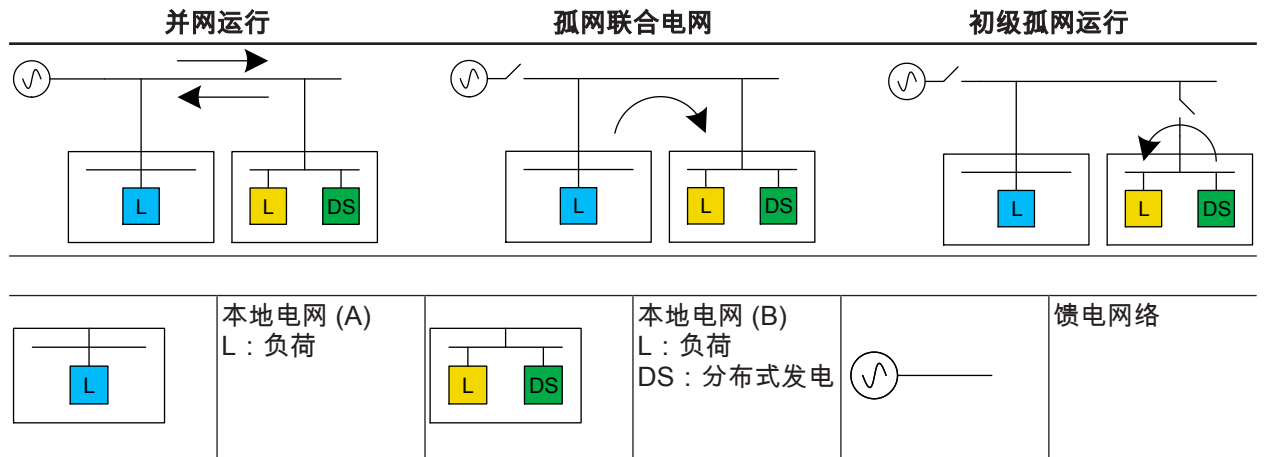


图 1：电网配置

如果用电设备由一个通过活塞内燃机驱动的发电机（以下称为机组）负责供电，则通过发动机转速实现对频率的调控。电压的调控通过集成在发电机中的电压调节器 (Automatic Voltage Regulator – AVR) 实现。对于配有 TecJet 燃气定量装置的型号系列 3 以及型号系列 4，自 2019 年 06 月起推出了一款全新的基于型号的频率调控系统。TA 1503-0057 中对该调控系统进行了描述。



TA 1503-0057 –

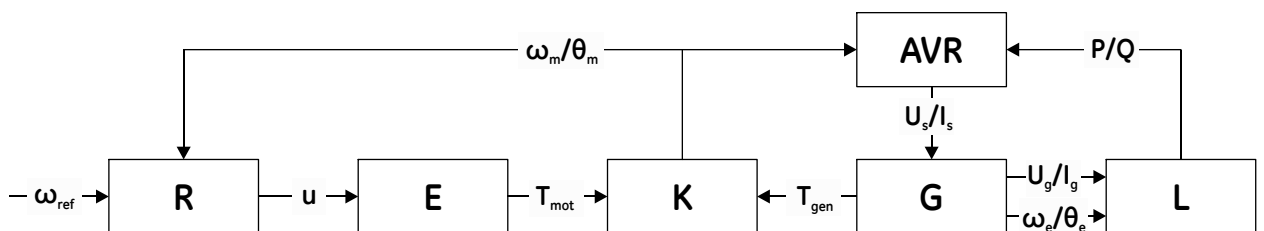


图 2：孤网运行

E	Jenbacher 发动机	L	负荷
K	联轴器	AVR	Automatic Voltage Regulator (自动电压调节器)
R	调节器	G	发电机
u	调节变量	U_s/I_s	励磁电压/励磁电流
ω_e/θ_e	发电机电子转速/角度位置	U_g/I_g	发电机电压/发电机电流
ω_m/θ_m	发电机机械转速/角度位置	T_{gen}	发电机扭矩
ω_{ref}	额定值转速	T_{mot}	发动机扭矩
P/Q	有效功率/无功功率		

对于孤岛系统中配有多台发动机的设备，会对部分机组或者对所有机组的频率及电压进行调控。接下来，有效功率和无功功率必须通过负载管理系统进行调节。在该联合电网中，也可对功率较小的部分只以功率调节的方式进行驱动。在此过程中，必须确保对应发动机的功率调控装置具备足够的动态性能，以便能够可靠地执行特别快速的设定值变化。

4.2 相关的标准和指令

除非另行说明，否则，本文件参考的是此处引用的标准和指令的最新版本（例如 ISO 8528-5）。作为辅助说明，如果在本文中引用了旧版标准，则会额外用对应的发布年份对其进行标记（例如 ISO 8528-5:2018）。

5 孤网运行类别

备用电源运行	发动机的孤网运行仅视为电源的恢复解决方案，不考虑在持续运行情况之内。
初级运行 (100% 孤网)	发动机的孤网运行可作为用电设备的初始电源使用。可将额外的机组或电网作为备用电源使用。
应急发电模式	与备用电源运行相似，但对启动时间的要求较高（例如 15 秒钟启动时间、黑启动），可用性非常强。
孤网联合电网的电源	发电机在未与公用电网连接的局域联合电网内运行。这样，就对接通/断开负载和冗余运行方式提出了瞬时中断的特殊要求 (n-1)。
玻璃暖房应用 ¹⁾	由于负载相对较低，可利用全面的负载转换管理实现极其平稳的负载转换，从电网运行过渡到孤网运行。多数情况下，发动机以 100% 的额定负载运行，因此可使用合适的较小负载级。
应急灭火系统 ¹⁾ (喷淋装置运行模式/火灾应急响应模式)	发动机指定用于为灭火泵供电。在首次接通负载之前对时间提出的特殊要求必须加以遵守。发动机必须具有极高的可用性（包括出现故障时），作为消防辅助装置使用期间，不得出于任何低优先级原因关机。

¹⁾ 如有

6 孤网运行中的影响因素

机组动力受到许多因素的影响。无论是机械特性还是电气特性都会在跳跃式负载变化的情况下对转速和电压变化产生决定性影响。为了可以说明机组在负载变化时的频率和电压变化特性，有必要测定最大接通功率和断开功率。此外须注意：

- 用电器的同步系数
- 运行时的间歇性功率

应先对需要供电的用电设备有所了解，再确定所需的机组额定功率。在此过程中，在接通用电器（例如升降机、泵、风扇、照明装置以及众多非线性用电器）时，必须首先要注意产生的冲击负荷。如果由此产生的负载特性已知，则在接下来的设计过程中，必须考虑到以下一些事项：

6.1 接通负载

除了取决于发动机类型的转速调节器的设置以外，机组的负载承受能力还取决于额定频率及额定功率条件下的发动机平均有效压力 (BMEP)、废气涡轮增压器的动态性能、燃气定量装置的动态性能以及发电机控制器 (AVR) 的特性和设置。在这里，发动机和发电机的惯性矩同样也会产生很大的影响。而在一般情况下，可以认为：如果发电机的惯性矩增大，那么，允许的负载切换同样也可以增大，或者说会减小频率偏差。

由于无法以数值的形式对所有影响因素的相关性加以考虑，所以应给出建议的接通负载的平均值，同时作为标准以一个最大允许的频率扰动以及一个最大电压突降为基础。

由于 Jenbacher 燃气发动机的平均有效压力较高，有必要以限制档位的方式执行负载接通（参见 ISO 8528-2）。由于各个负载档位之间允许的时间取决于之前所述的影响因素，因此，在必要的情况下，必须和设备运营方约定一个合适的基于时间的负载配置。当有必要分多个档位接通负载时，则应在用电设备中，通过一套负载管理系统对相关所需的线路加以考虑。功率切换时，将以动态频率偏差和电压偏差的允许值作为标准。

在各个负载接通档位之间，根据具体的尺寸，机组需要数秒直至数分钟的时间，以便达到热稳定状态。启动未达到工作温度的发动机时应尤其考虑到这一点。对于柴油和燃气发动机，具体数值有所不同。

为了防止过载，进而防止机组出现故障，必须确保用电设备之前已存在的功耗在功率传输时不会超过相应型号的机组特定功率。

6.2 减少负载

在减少负载后，燃气驱动机组的反应同样也取决于上述影响因素。针对一些混合充电的燃气发动机规定了一个最高允许的可丢弃负载，以最大程度减小涡轮增压泵效应或爆燃的风险。

根据不同型号显示负载减少的界限（为此参见相应型号特定的技术指导）。更多信息参见 ⇒ 减少负载 章节。

7 孤网联合电网中的影响因素（多发动机设备）

在多发动机孤岛运行模式下，可能对频率变化及电压变化特性造成影响的包括：

- 负载分配
- 转速控制器上针对一个可变的转速设定值 (Speed droop) 的外部或者内部规定
- 如前文所述各个发动机的动态特性
- 电压调节器的静态设定 (Voltage Droop 和电压膝点)
- 发电机的动态特性（在考虑到指定电网减振特性的前提下）。

在 TA 1530-0182 中，针对符合 ISO 8528-5 的有效功率分配和无功功率分配，对影响因素进行了详细的解释说明。



TA 1530-0182 –

如果同时运行了不同的发电设备（不同制造商的机组或不同类型的发电设备），则除了负载分配线或者 P 度 (Speed droop) 调节之外，还可通过上级负载管理给出其它应用方法，但必须根据项目对其进行检查。进一步的说明参见 ⇒ 黑启动运行 (Black-Start) 章节。

8 孤网运行性能分析

总体上，根据 ISO 8528-5 评估配备了往复式活塞式内燃发动机的发电机组的运行特性。

视用途而定，根据 ISO 8528-5 分为 G1-G4 不同的孤网性能的规格等级。其中所列的数值为允许的极限值，除非另行说明，否则，不得超过这些极限值（参见下面的表格 1）。它们涉及的是充电的内燃机，与 ISO 8528-5 中的定义相同。

原则上当符合所有针对该规格等级确定的极限要求时，该规格等级适用于此发电设备。如果客户因对高品质的要求需要改动极限值，则必须就此达成书面协议。对于此类特殊约定，根据 8528-5，设计了等级 G4。

等级 G4 可根据客户特定要求自由定义 (KSA)，对于 Jenbacher 燃气发动机，可在不考虑调整时间的情况下，在不同型号系列发动机的孤岛图表中将动态频率偏差和电压偏差专门表述为 $\pm 7\%$ 。出现应用程序特有的问题时，可定义并显示其它极限值。

如果为医院或人群聚集区建筑设施安装一套安全供电装置（符合 DIN VDE 0100 第 710 部分或 718 部分规定），则要根据 ISO 8528-12 评估运行特性。在这两种情况中，要特别注意所要求的间断时间/过渡时间。符合 ISO 8528-12 规定的评估标准与 ISO 8528-5 所规定的一致。

表 1：示例：为不同规格等级选定的运行限值摘要，符合 ISO 8528-5:2018。对于总体评价，应参考标准中第 15.2 章节下的表格 4。

参数	符号	单位	极限值			
			G1	G2	G3	G4
频率偏差带宽，以便根据负载阶跃对调整时间开展评价	α_f	%	3.5	2	2	KSA
固定的频宽	β_f	%	$\leq \pm 2.5$	$\leq \pm 1.5$	$\leq \pm 0.5$	KSA
接通负载后的瞬态频率偏差：						
• 燃气汽油发动机	δ_{dyn}^-	%	≤ -25	≤ -20	≤ -15	KSA
• 柴油发动机	δ_{dyn}^-	%	≤ -15	≤ -10	≤ -7	KSA
断开负载后的瞬态频率偏差	δ_{dyn}^+	%	$\leq +18$	$\leq +12$	$\leq +10$	KSA
接通负载后的频率调整时间	$t_{f,zu}$	s	≤ 10	≤ 5	≤ 3	KSA
断开负载后的频率调整时间	$t_{f,ab}$	s	≤ 10	≤ 5	≤ 3	KSA
静态电压偏差	δU_{st}	%	$\leq \pm 5$	$\leq \pm 2.5$	$\leq \pm 1$	KSA
接通负载后的动态电压偏差	δU_{dyn}^-	%	≤ -25	≤ -20	≤ -15	KSA
断开负载后的动态电压偏差	δU_{dyn}^+	%	$\leq +35$	$\leq +25$	$\leq +20$	KSA
接通负载后的电压调整时间	$t_{U,zu}$	s	≤ 10	≤ 6	≤ 4	KSA
断开负载后的电压调整时间	$t_{U,ab}$	s	≤ 10	≤ 6	≤ 4	KSA

9 孤网运行的负载开关图

在下列技术指导中，提供了各个系列或发动机型号的负载开关图：

- 燃气汽油发动机，型号 2 - J208，带有 DIA.NE XT 技术指导 2108-0030
- 燃气汽油发动机，型号 3，带有 DIA.NE XT 技术指导 2108-0025
- 燃气汽油发动机，型号 4，带有 DIA.NE XT 技术指导 2108-0029
- 燃气汽油发动机，型号 6，带有 DIA.NE XT 技术指导 2108-0026
- 燃气汽油发动机，型号 9，带有 DIA.NE XT 技术指导 2108-0032
- 柴油发动机，型号 6，带有 DIA.NE XT 技术指导 2108-0033

根据 ISO 8528-5 标准分配了所需等级后，所列的图表给出了施加在 y 轴上的可控有功电功率“块负荷”（正值或负值），该数值与施加在 x 轴上的当前有功功率“基本负荷”有关。

根据产品系列，以额定功率百分比（考虑已知的减小情况）、额定频率和各自发动机版本的 $\cos\varphi=1$ 形式显示规定的功率。

9.1 负载开关图

各型号设备技术指导内的负载开关图适用于达到工作温度的发动机。

在这些图表中显示了规格等级 G1 至 G4 以及极限功率（参见图 3 中的负载接通性能示例图和图 4 中的负载减少性能示例图）。在此，极限功率是指在考虑到最小和最大频率极限值以及最小和最大电压的情况下，仍然可以切换的功率，同时无需关闭发动机。图示曲线显示了可接通或可断开的最大功率，其相当于各规格等级的极限值。对接通和断开性能提出特殊要求时，必须考虑到更多技术措施（选择开断级别、电网输入控制、负载管理）。

在型号特定的技术指导中，针对孤网运行说明了 (2) 负载接通图和负载断开图，分别考虑或不考虑频率和电压的调整时间。对于柴油机组，则始终考虑电压的调整时间。第二种显示形式考虑到了最大频率扰动的标准（参见附录 A）。x 轴代表输出负荷（基本负荷），y 轴代表开关负荷（块负荷），分别以额定功率的百分比 [%] 形式表示。

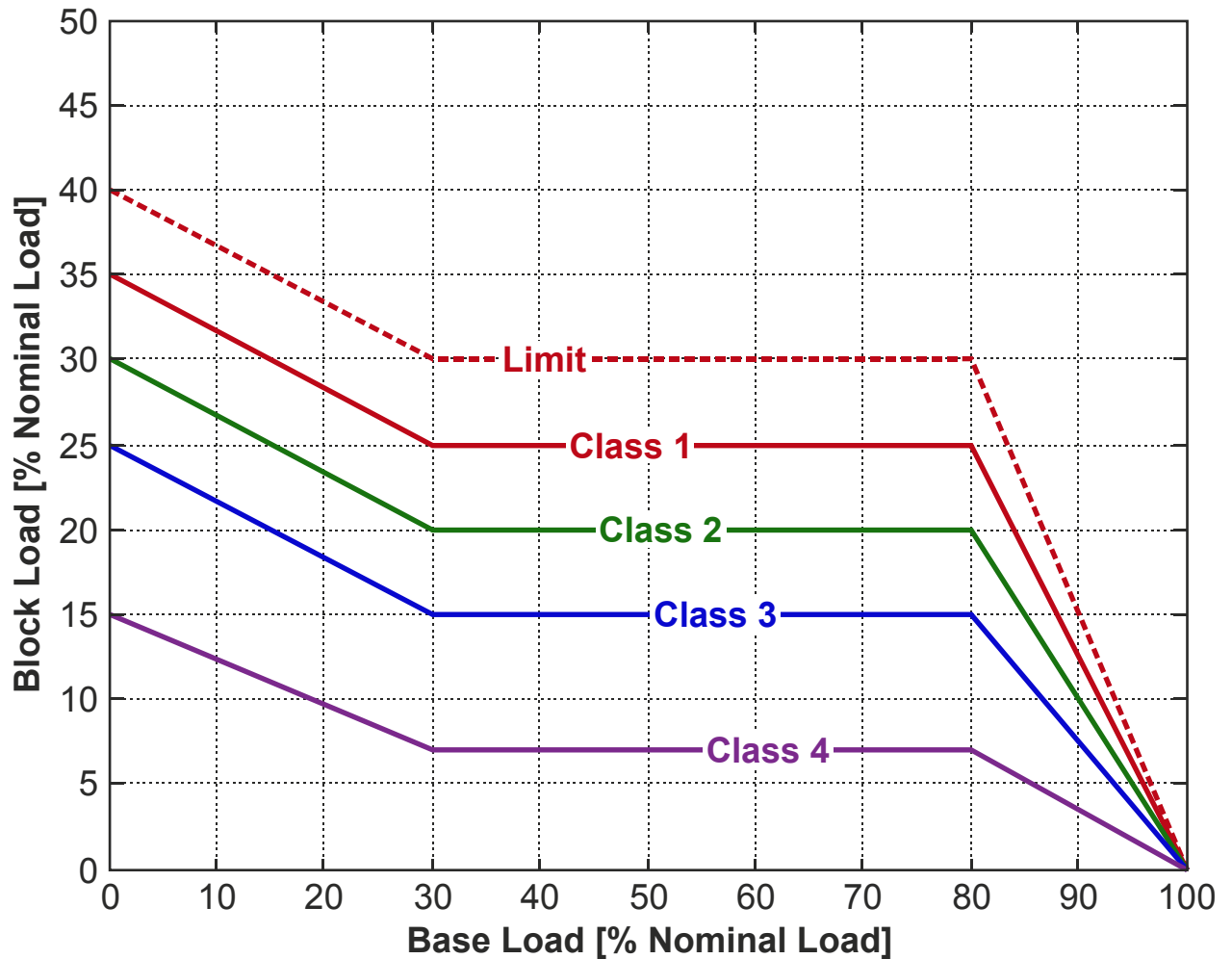


图 3。负载接通图表

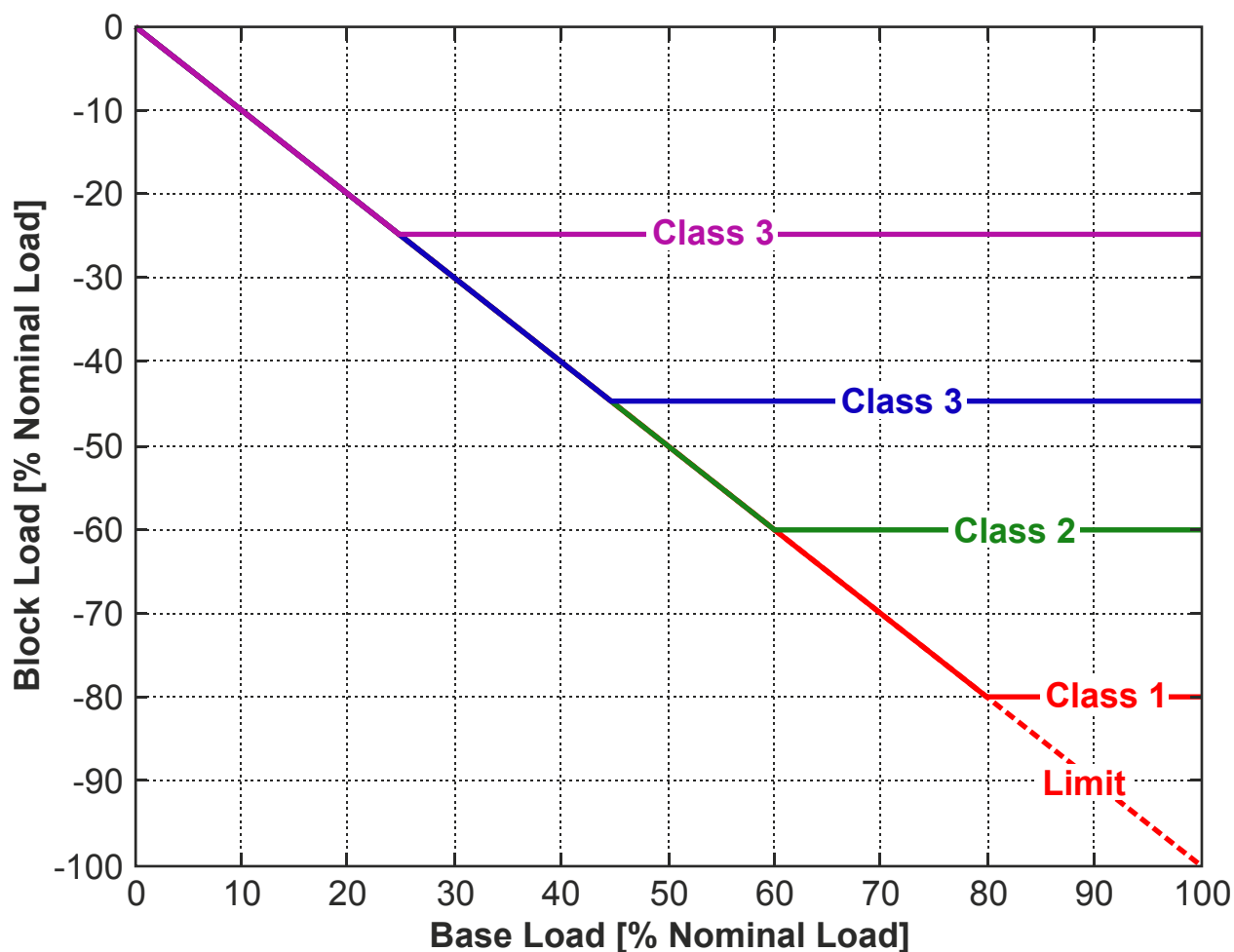


图 4。负载断开图表

9.2 减少负载

燃气发动机：

通常情况下，从并网运行过渡到孤网运行过程中或在孤网运行期间，可能发生阶跃性的、并且对机组而言意外的负载降低。鉴于效率优化的涡轮增压器设计，可能会导致涡轮增压泵效应。对于型号系列为 6 的发动机，当前使用单独的断开功率极限值，为此参见 TA 2108-0026 断开功率。



TA 2108-0026 – 带有 DIA.NE (系列 6) 的燃气 - 汽油 - 发动机孤网运行

柴油发动机：

在从并网运行过渡到孤网运行或孤网运行期间，具有共轨喷射装置的柴油发动机不需要通过减少负载来进行限制。（可以实现无超速的 100% 负载减少）

10 计划和技术应用方法

规格等级归类（章节 ⇨ 孤网运行性能分析）取决于孤网运行时需要供电的用电设备，并由用户预先给定。由此在指定的规格等级的基础上，得出最大可能的负载转换。因此，在报价和规划阶段就与用户进行详细协商是极为重要的。同时获取用电设备的尺寸和型号及其启动和运行特性。使用电动机驱动时，有效启动功率的大小非常重要，因为需由此确定实际作用于发动机轴上的有效扭矩。该扭矩取决于电动机的型号和启动条件（“星 - 三角”启动、软启动、晶闸管控制的驱动装置、重载启动等）。

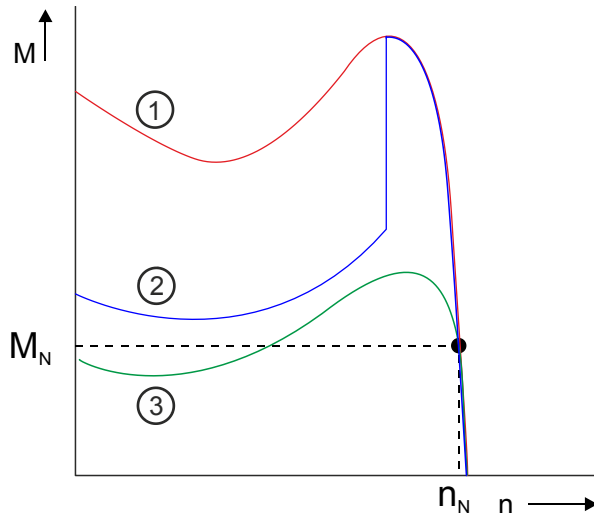


图 5. 电动机启动时的扭矩数据

①	直接启动
②	星 - 三角启动
③	软启动

燃气机组

必须注意孤网运行时，利用相对较高转动惯量 J 独立“运转”的用电设备（大型风机、泵等等）的功率消耗不得超出机组额定功率的 40%。此外须注意，电动机的启动无功电流应为额定值的若干倍。该百分比数值属于经验值，超出该数值可能导致机组和用电设备之间的动态交替作用。这种情况下，需要采取特殊措施（可通过模拟确定）。在这里，可以应用功率流分析。而在特殊批准的基础上，同时在提供耗电设备对应数据的情况下，可以由 INNIO Jenbacher GmbH & Co OG 负责编制。

多个发动机孤网运行时，常常出现这种情况，即第一个机组必须为用电设备供电时，其它机组也与总线同步运行。在这种情况下，务必确保同步过程中仅出现轻微的负载变化（最大为机组额定负载的 2 %）。负载变化越频繁，同步过程的时间越长。

由于用电器的电流和 $\cos(\phi)$ 变化对发动机动力具有影响，因此，应由客户通过特别请求收集这些信息并且提供给 INNIO Jenbacher GmbH & Co OG。

柴油机组

对于柴油机组，发动机转速通过燃油喷射来稳定，因此可以在很小的转速范围内进行监控。（绝对误差 < 5 rpm）。因此可以在几秒钟后达到完全同步。

10.1 为连续供电设备供电（USV 设备）

为 UPS 设备供电时，务必利用设备的干预性（例如分级接通、梯形负荷）。借此，缓慢接通负载，形成一条整体更有利的机组负载曲线。UPS 系统输入侧的电压和频率最大许可偏差量通常具有较小的公差。务必要考虑到这种情况。

10.2 与 USV 设备并联运行

由于电压波形各不相同，并且动态特性不同（利用“旋转质量”在机组运行时调节频率，在无惯量情况下调节 USV 设备频率 - 功率电子学），因此无法通过标准软件进行并联运行。在这些情况下需要针对项目进行特别的说明以及相应的调整。

10.3 DIN VDE 0100 第 710 或 718 部分规定的 15 秒钟备用电源生效时间

根据上述标准，对于型号系列为 2、3 和 4 的 Jenbacher 燃气发动机，可以在 15 s 内为应急用电设备供电，但必须根据具体项目就详细情况进行解释说明（特殊批准）。鉴于型号系列 6 辅助设备的设计，原则上仅可在进行了项目专属说明的情况下才能为应急用电设备供电。

10.4 变压器的软磁化

如果变压器必须在黑启动运行模式下加速运转时，则务必注意其牵引功率，防止机组过载。将 2 倍以上的发电机额定功率作为额定功率参考值，利用该数值使变压器加速运转。但默认情况下应采用下列工作方式。

孤网运行负载较大的情况下，例如大型变压器由于接入电流过大而无法直接接通时，可进行软磁化。机组启动，发电机失磁，发电机开关接通并重新激活励磁。如果采用这样的方式，则十倍于发电机表观功率的变压器功率（= 所有连接的变压器之和）同样也可以被加速运转。

10.5 黑启动运行（Black-Start）

在黑启动时，设备完全与公共电网分离。INNIO Jenbacher 的燃气发动机在这种情况下是主驱动机，并且只需要通过来自起动机蓄电池的 24V DC 辅助供电保证发动机启动即可，并且会在达到额定转速时合上发电机开关，以便为客户侧的用电设备供电。

可以通过一台静止的发动机（预热启动）执行黑启动，或者直接在发动机熄火后（热启动）执行黑启动。

10.6 多个机组并联运行

对于所使用的发电机，必须确保借助电压静态控制，实现定义的无功负载分配，并且借助电压膝点确保相同的电压降低。此外，连接发电机星形结点时要考虑绕组节距缩短系数。如果系数不同，则必须使用星形结点电抗器。除此以外，还可以通过一个上级无功功率管理系统，规定一个外部电压修正值（额定电压的 90-110%）。

Jenbacher 机组并联运行时，经常会使用所谓的有效负载分配线。有了它，就可以在各个机组之间对所需的负载分配开展设置。如果负载分配线上的负荷不同，检查测量变送器的使用情况。除此以外，还可以通过 P 度 (Speed Droop) 调控实现受控的负载分配，或者通过一个上级设备控制系统或者站点控制系统，对一个外部转速设定值偏差进行预设。

10.6.1 P 度（转速静态控制或者频率静态控制，Speed drop）

在这种情况下，借助规定的直线斜率“功率梯度” (speed droop) 更改发动机转速，以便提供所需的额定负荷百分比作为孤网负载（通过总线或者模拟输入端进行斜率受限的预设）。通过斜度的变化可增加承载能力较大的发动机的负荷（例如柴油机组）。除此以外，还可以借助一个外部信号（通过总线输入端或者模拟

输入端进行斜率受限的预设) 对转速静态控制和额定转速之间的交点 (droop offset) 进行改变。这样一来，就可以确保孤岛系统在额定负载条件下以额定转速运转。这里须注意，P 度的设置不得对设备动力 (频率和电压) 存在任何后续影响。需要注意的是，在发动机上发生的功率降低会导致外部预设信号受到限制。

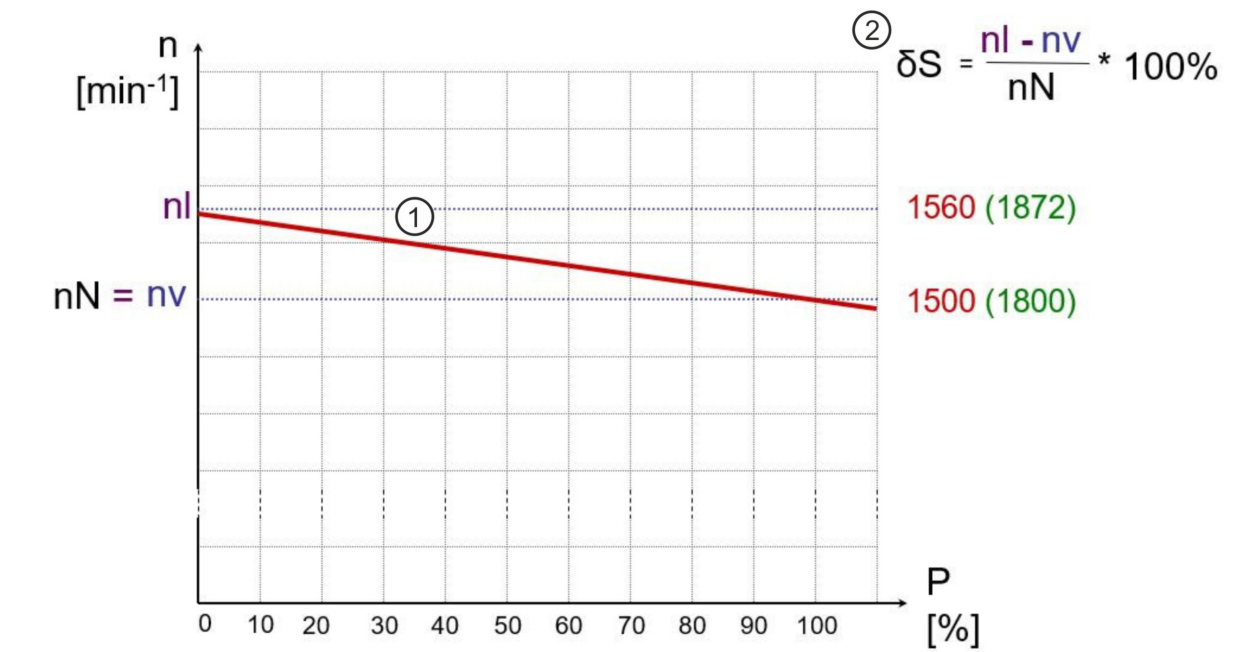


图 6. 转速静态控制

①	以 4% 的斜率 (δS) 开展转速静态控制
②	转速静态控制函数
	nl → 在无负载情况下发动机运行模式时的转速设定值
	nv → 满负载运行模式下的转速设定值
	nN → 发动机转速

10.6.2 有效负载分配线 (等时模式)

对于标准规格的 INNIO Jenbacher 负载分配线，通过 mA 输出信号向各个机组输出所产生的功率，通过 mA 输入端读取所有发动机的平均功率。默认情况下，两个信号会将 4...16 mA 按比例与各个机组额定功率的 0...100% 区间进行关联。发动机间的分配可以以百分比为单位调整 (默认情况下，平均分配百分比)。在接通和关闭单个发动机时，通过一个取决于时间的斜率，进行加载和卸载。

对于配有不同制造商发动机的设备，在其上应用这种型式的负载分配线的过程中，必须考虑到不同发动机控制系统输入端及输出端部分不同的缩放比例以及输入电阻。需要注意的是，在发动机上发生的功率降低会导致负载分配收到影响。

10.6.3 无功功率分配线 (电压静态控制，Voltage droop)

在多个发动机设备中，通过均匀分配组合中的运行发电机来显示用电设备所需的无功功率。借助“电压静力”设置完成分配。其中重要的是，确保所有发电机的额定电压、电压静力 (典型为 3%)、电压膝点 (启动点、斜率、DWELL) 和 AVR 反应时间设置相同。有偏差的设置可能会导致电极松动，继而损坏发电机。也可以选择通过一个无功功率管理系统，预设一个外部电压修正系数。该数值被限制在 90-110% 的最大允许范围内。同样，对外部预设值以时间为单位的最大允许改变也进行了限制。

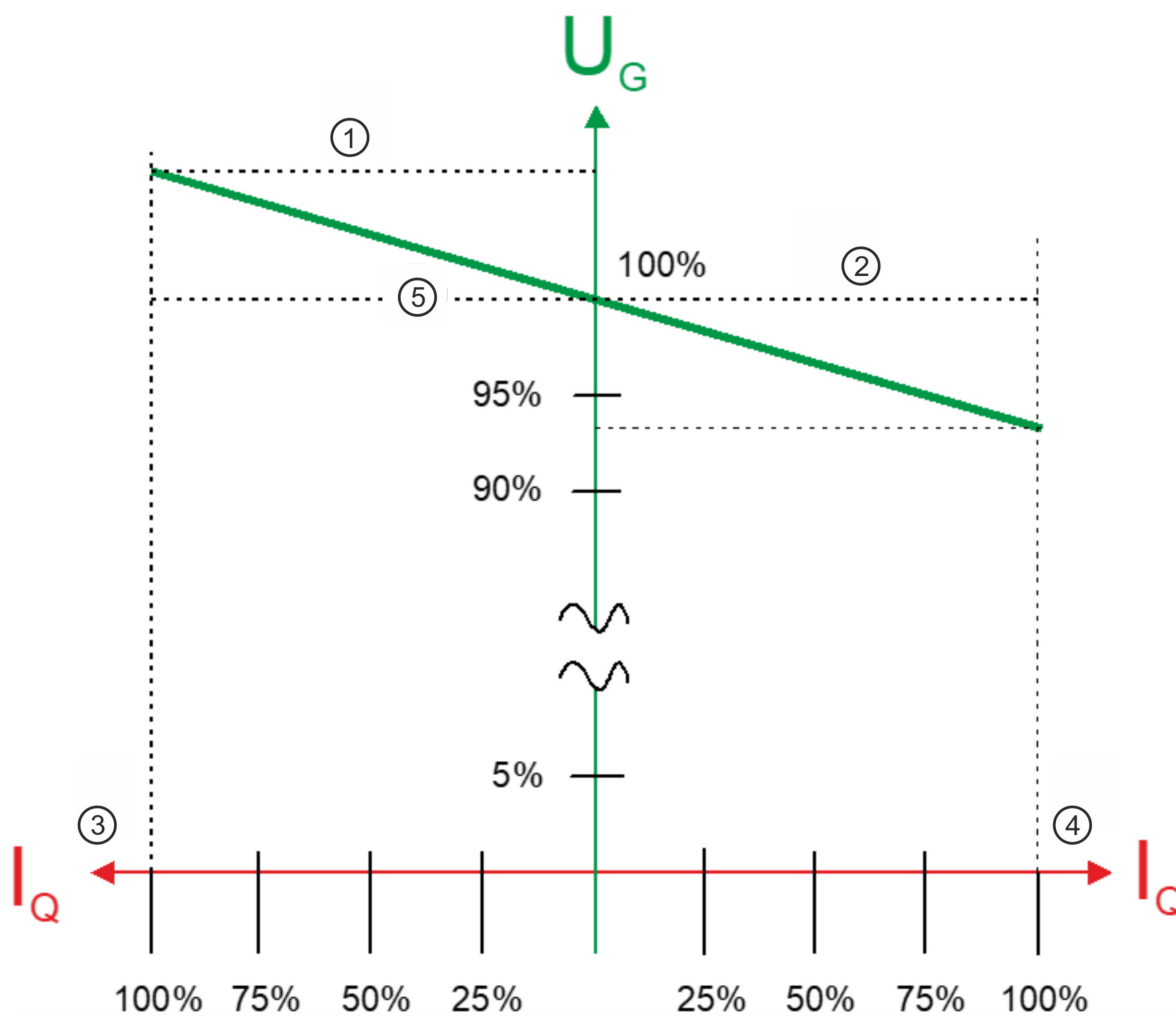


图 7。无功负载分配

①	欠激励的发电机运行	③	过激励的发电机运行
②	输入	④	输出
⑤	以 6% 的斜率进行的电压静态控制 (默认 3%)		
U_G	发电机电压	I_Q	发电机无功电流 (无功功率)

10.6.4 负载管理

如果利用不同型号的发电设备 (燃气发动机、柴油发动机、燃气涡轮机、太阳能发电、风力涡轮机、水力发电或电池支持) 或至少多个相同型号的发电设备构成了联合电网, 则也称之为 Micro/Mini Grid。在这种情况下, 电网仿真必不可少, 蓄能方法也有所帮助。具体的项目处于分析阶段时, 必须注意作为重要系统输入参数的子系统惯量和发动机、调节器、发电机的转移函数。在此基础上, 可对上述负载联合方式或其它应用进行选择 and 仿真。在功率调控运行模式下, 可以将功率较弱的机组接通到特别稳定、强劲并且运行在转速控制模式下的基本发电设备上。

对于这种情况, 要使用**模块惯量至少为 2:1** 的实用规则。如果设备必须满足较高的技术要求, 则必须通过模拟检查并验证尺寸的正确性。

为了应用一套上级负载控制系统，可以使用一个输入端，连接一个外部转速偏差预设值。需要注意的是，在发动机上发生的功率降低会导致外部预设信号受到限制。对于各个发动机而言，当前仍然允许的最大负载升高量将会以发动机控制系统输出的形式提供。在这里，会一并考虑到所有可能的功率降低。

10.7 需要特别考虑的事项

10.7.1 断路器状态造成的运行状态信息 - 延迟时间

根据发电机开关和电网开关的开关反馈信息对发动机运行状态进行分类。存在必要的运行状态过渡，在此期间，需要尽快得到断路器的反馈信息，以便激活相应的调节器功能。

向个别现场设备发出即时反馈信息确实存在困难。需要注意的是，只能使用固有时间 $< 60 \text{ ms}$ 的低压开关和中压开关。如果这些反馈还要额外通过继电器或者上级控制系统（软件）进行控制，就会进一步导致不受欢迎的延时。从电网并联运行过渡到低负载的孤网运行时，由于开关固有时间增加一倍而导致发动机因“超额转速”而停止。出于这一原因，必须始终将开关反馈直接提供给模块控制系统。

10.7.2 未知的用户负载比例 - 容性负载

容性和感性负载（例如接通了所有补偿装置之后的低负载范围内）的比例特别大时，可能导致发电机负载意外增加、电极滑动失真和发电机损坏。因此，必须确保发电机始终在感应范围内运行。最坏情况场景可借助电网稳定性分析进行研究。

10.7.3 电网输入控制

如果能在供电点上对需要供电的设备当前需要的功率进行采集，那么从资金和技术方面考虑，电网输入控制是十分有必要的。在此过程中，除了一定的必要差异，会由内燃机提供所采集的功率。这样一来，在从并网过渡到孤岛运行时，就可以实现特别柔和（无冲击）的过渡特性。

10.7.4 辅助设备

备用供电模式下不用对型号 6 和型号 9 发动机的排气歧管进行吹洗。

在这种情况下，从请求备用供电模式一直到发动机开始启动（发动机转动）的最长时间主要取决于具体型号系列的预润滑时长。

11 边界条件

11.1 发动机额定负荷

根据产品系列查询各种发动机型号的额定负荷，并根据相关的缩减图进行修正。由此得出实际的 100% 额定负荷，并将该数值视为负荷图内的参比量。

在孤网运行模式中，利用原始额定负荷来驱动功率增加的机型。

此外，利用多种燃气或混合气运行的机组只能使用与额定负荷相符的燃气类型。

11.2 燃气发动机排放

孤网运行过程中，执行有效的排放调节，定义的废气排放量为 $500 \text{ mg/Nm}^3 @ 5\% \text{O}_2 \text{ NO}_x$ ，不受电网并联运行的排放要求限制。过渡到孤网运行时，可通过发动机控制系统的参数自动切换到较高的排放量。借此提高整个功率范围的调节质量、提高接通性能和可用性。可设置切换参数，但非强制要求。

如果需要排放量保持低于上述数值，例如 $250 \text{ mg/Nm}^3 @ 5\% \text{O}_2 \text{ NO}_x$ ，则需要一个特殊许可。

11.3 柴油发动机排放

柴油发动机在并网运行和孤网运行状态下遵循同样的排放目标。这符合世界银行固定机组排放值，即最高 $1460 \text{ mg/m}^3 \text{ NO}_x$ 。控制表以离线方式设定，以便达到规定的排放目标。

11.4 混合气冷却水温度、混合气温度

负载开关图适用于对应产品系列的混合气温度。降低混合气温度有助于提高接通性能和可用性。

11.5 点火正时/喷射正时

燃气发动机

和并网模式相比，孤岛模式下选择的点火时间点会减少 2°。包括点火正时在内的负载开关图以对应的默认参数值为准。

柴油发动机

对于柴油发动机，点火正时与喷射正时类似。

11.6 进气温度

负载开关图适用于对应产品系列的进气温度。降低进气温度可改善接通性能。

11.7 废气背压

负载开关图适用于 60mbar 废气背压的最大值。降低废气背压可改善接通性能。

11.8 利用生物气/垃圾填埋气和沼气的孤网运行

对型号系列 2、3 和 4 来说，无需特许即可将生物气/垃圾填埋气和沼气用于孤网运行。鉴于燃气的能量含量，两种燃气运行模式下的模块需要项目具有特定的净化功能。孤网运行期间，混合气运行和转换燃气类型需要一个特殊许可。

从电网并行过渡到孤网运行时，尤其要确保达到稳定的燃气压力和品质要求（技术指导 1000-0300）。

对于黑启动应用，必须通过一个外部馈入装置保证燃气压缩机的供电。

由于燃气供应存在不确定性，因此，禁止在孤网模式下，将使用非天然气的燃气发动机用于生命维持系统！

11.9 燃气供应系统

为了获得满意的机组运行性能，必须确保燃气的品质和供气压力稳定（技术指导 1000-0300）。

为了确保模块的黑启动能力，必须保证合适的燃气品质，以及足够的燃气压力。在这里，同样也必须确保前置的主供气阀的不间断供电。对于带有预燃室的发动机型号系列 6，会在相应产品系列（自 2012 年起）中发布黑启动认证，因为需要一个预润滑装置和增压泵驱动装置。

因此，多种燃气运行时，用于孤网运行的那种燃气必须具备最佳的可用性。

11.10 柴油供应

为了实现相应的机组运行特性，要确保在规定的极限值范围内供应是适当的柴油（TA 1000-0001）。

只有以适当的柴油质量为前提，才能确保模块的黑启动功能。

11.11 发电机

接通负载时，为了将转速干扰保持在调节等级许可的极限值范围内，需要有针对性地通过“发电机电压膝点”动态降低发电机电压。在多发动机设备中，尤其需要注意所有机组的这些设置保持一致。

根据 ISO 8528-5 标准确定了发电机电压膝点的设置（起动点和斜率）。下列设置点适用于 INNIO Jenbacher GmbH & Co OG。

两个不同额定转速的发电机组的常用设置

1500 rpm 发电机组	1800 rpm 发电机组	
1500 – 1470 rpm	1800 – 1764 rpm	额定电压
1370 rpm	1644 rpm	0.9 x 额定电压

以下显示电压膝点的说明。

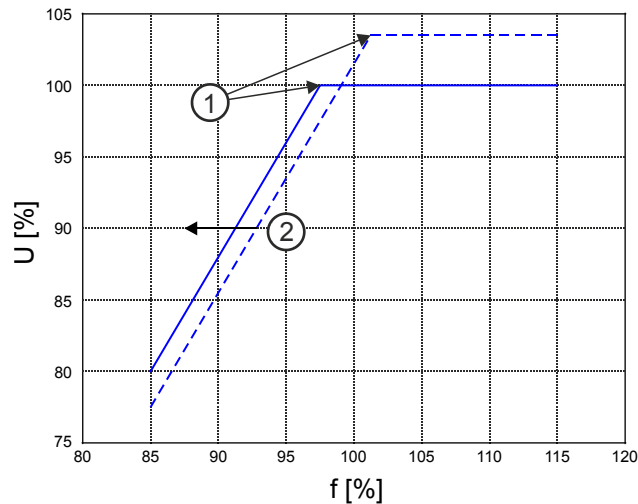


图 8. 频率/电压特性曲线

U [%] 电压 [% 额定值]	① 电压膝点
f [%] 频率 [% 额定值]	② 斜率

为了提高发动机稳定性，可根据用电设备使用超出 100% 额定转速的电压膝点（虚线）。

12 附录 A 孤网运行性能分析的特性参数

A.1. 发电机频率

无论是静态还是动态频率特征值都会受到整个控制回路（发动机控制系统、AVR、发动机特性、惯性矩等）的影响。

在插图 9 中可以找到用于分析静态和非静态机组频率变化特性的相关参数 (根据 ISO 8528-5)。在这里，分别在一次正向和一次负向频率设定值跳跃后 (speed droop)，对频率变化特性进行了展示。特征值可以参见表格 2。

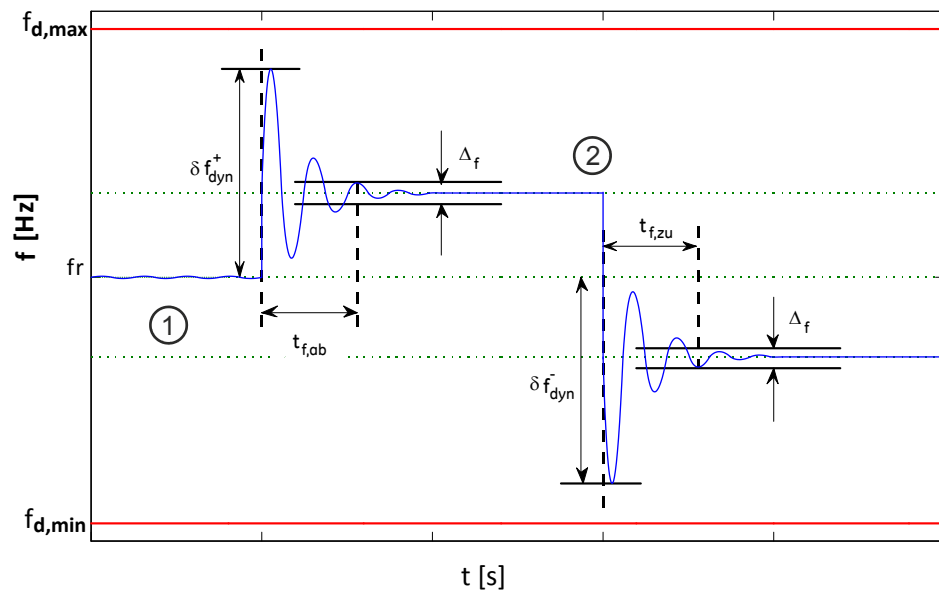


图 9。频率调整特性

f 频率	t 时间
① 减少负载	② 接通负载

参数	符号	单位	描述
用于确定调整时间的频率偏差的带宽	α_f	%	接通或断开功率后在以稳态频率为中心的频带内，以额定频率百分比的形式表示在规定的调整时间内始终存在的频率。 $\alpha_f = \frac{\Delta_f}{f_r} \times 100$
固定的频宽	β_f	%	功率恒定时，以固定的平均值为中心的频率波动范围，以额定频率百分比的形式表示。
反冲频率	$f_{d,min}$	Hz	突然接通负载后，最小的允许频率偏差。
过冲频率	$f_{d,max}$	Hz	突然断开负载后，最大的允许频率偏差。
接通负载后的动态 (暂时) 频率偏差 (基于电网频率)	δf_{dyn}	%	突然接通负载后调节过程中暂时出现的反冲频率与额定频率之间的频率差，以额定频率百分比的形式表示。 动态频率偏差不得超过允许的频率公差。
断开负载后的动态 (暂时) 频率偏差 (基于电网频率)	δf_{dyn}^+	%	突然断开负载后调节过程中暂时出现的过冲频率与额定频率之间的频率差，以额定频率百分比的形式表示。 动态频率偏差不得超过允许的频率公差。
接通负载后的频率调整时间	$t_{f,zu}$	s	突然接通负载和频率持续进入固定公差带之间的时间。

断开负载后的频率调整时间	$t_{f,ab}$	s	突然断开负载和频率持续进入固定公差带之间的时间。
--------------	------------	---	--------------------------

A.2.发电机电压

机组电压特性主要受发电机电压特性以及可能存在的电压调节器电压特性的影响。机组的静态和动态频率特性会在一定范围内对静态特性尤其是对动态特性产生影响。因此频率特性也取决于机组特有的设计。在一次正向和一次负向电压设定值跳跃后 (VOLTGE DROOP)，插图 9 展示了相应的电压极限值。

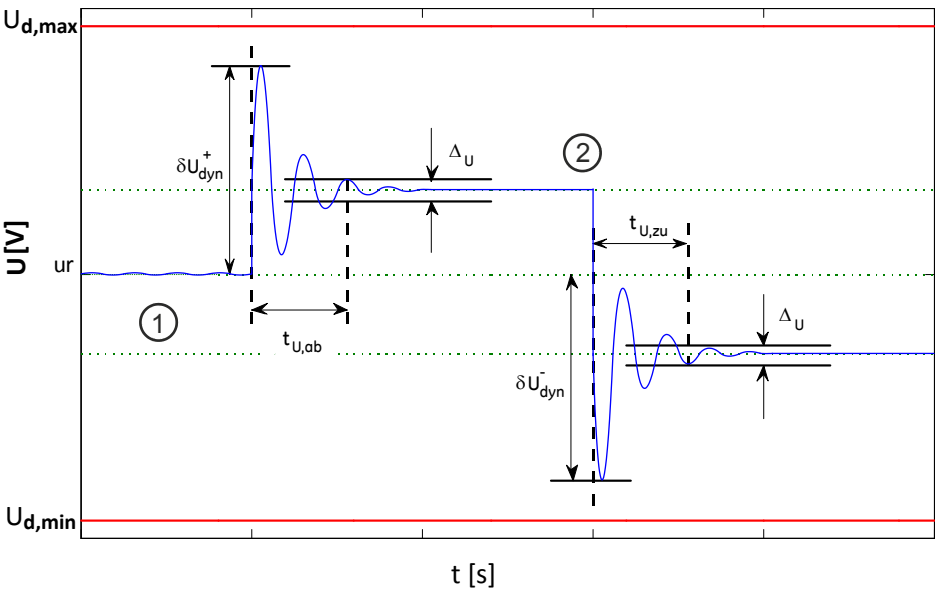


图 9。电压调整特性

U 电压	t 时间
① 减少负载	② 接通负载

用于确定调整时间的电压偏差的带宽	ΔU	V	接通或断开功率后在以稳态频率为中心的频带内，以伏特 (Volt) 为单位表示在规定的调整时间内始终存在的终端电压。 $\Delta U = 2\delta U_{st} \times \frac{U_r}{100}$
静态电压偏差	δU_{st}	%	从怠速运转到额定功率的动态过程结束后电压与额定电压的最大偏差（考虑到加热影响和机组的频率特性）。 静态电压偏差以额定电压百分比的形式表示： $\delta U_{st} = \pm \frac{U_{st,max} - U_{st,min}}{2U_r} \times 100$
反冲电压	$U_{d,min}$	V	突然接通负载后出现的最小允许电压偏差。
过冲电压	$U_{d,max}$	V	突然断开负载后出现的最大允许电压偏差。

动态（暂时）电压偏差（接通负载后）	δU_{dyn}^-	%	突然接通负载后的最小端子电压峰值与额定电压峰值之间的差异与额定电压峰值有关。以额定电压百分比的形式表示。
动态（暂时）电压偏差（断开负载后）	δU_{dyn}^+	%	突然断开负载后的最小端子电压峰值与额定电压峰值之间的差异与额定电压峰值有关。以额定电压百分比的形式表示。
接通负载后的电压调整时间	$t_{U,zu}$	s	突然接通负载至静态电压偏差范围内原有终端电压再次出现的时间（考虑到频率调整时间）。 备注：发动机动态转速变化的规模和时间过程将受到影响。
断开负载后的电压调整时间	$t_{U,ab}$	s	突然断开负载至静态电压偏差范围内原有终端电压再次出现的时间（考虑到频率调整时间）。 备注：发动机动态转速变化的规模和时间过程将受到影响。

13 修订附注

修订过程

索引	日期	描述/更改汇总	专家 检测人
6	31.07.2019	Generelle Überarbeitung aufgrund der Einführung der Gen2 Inselregelung / General adoption due to the introduction of Gen2 island operation	Mayer R. <i>Kopecek H.</i>
5	15.04.2019	GE durch INNIO ersetzt / GE replaced by INNIO	Opoku <i>Pichler R.</i>
4	19.12.2014	Anpassung an Diesel / Adaption to Diesel	Bacher/Attia <i>Hirzinger-Unterrainer</i>
3	05.03.2012	Überarbeitung / revision	Bilek <i>Graus</i>
2	16.02.2011	Komplette Überarbeitung / complete revision	Provin <i>Samiento</i>

