前　　言

本标准等效采用国际标准化组织 ISO 8528-5:1993《往复式内燃机驱动的交流发电机组　第5部分:发电机组》。是对 GB 8365—87 和 GB 2820—90 的修订。

为了标准的协调性,本标准中 7.1.3 的图 5 规定与 ISO 8528-5 规定有差异。

本标准从实施之日起,代替 GB 8365—87 和 GB 2820—90。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由兰州电源车辆研究所归口。

本标准由兰州电源车辆研究所负责起草,陕西省发电设备厂、苏北电机厂、普陀电机一厂、福发股份有限公司、郑州电气装备总厂、无锡动力机厂、广西玉柴机器股份有限公司发电设备厂参加起草。

本标准主要起草人:陈应芳、王荣建、杨宇寅、林忠善、李五辈。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是一个世界范围的国家标准团体(ISO 团体成员)的联合组织,制定国际标准的工作一般是通过 ISO 技术委员会进行的,各团体成员对已建立的某一技术委员会的某一学科感兴趣,有权派代表出席相应委员会,国际组织、政府和非政府,在同 ISO 协作中也参与工作,ISO 同国际电工委员会(IEC)紧密合作,研究电工标准化的所有题材。

被技术委员会采用的国际标准草案发至团体成员表决,作为一项国际标准的出版物,要求至少有投票团体成员的 75%通过。

国际标准 ISO 8528-1 是由 ISO/TC 70"内燃机技术委员会"的 SC2"性能和试验分技术委员会"制定的。

ISO 8528 在"往复式内燃机驱动的交流发电机组"的总标题下包括下列部分:

第 1 部分:用途、定额和性能

第 2 部分:发动机

第 3 部分:发电机组用交流发电机

第 4 部分:控制装置和开关装置

第 5 部分:发电机组

第 6 部分:试验方法

第 7 部分:用于技术条件和设计的技术说明

第 8 部分:对小功率发电机组的要求和试验

第 9 部分:机械振动的测量和评价

第 10 部分:机械噪声的测量(包面法)

第 11 部分:带不间断电源装置的安全发电机组

中华人民共和国国家标准

往复式内燃机驱动的交流发电机组 第5部分：发电机组

GB/T 2820.5—1997
eqv ISO 8528-5:1993

代替 GB 8365—87
GB 2820—90

Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets
Part 5: Generating sets

1 范围

本标准对由1台往复式内燃(RIC)发动机和1台交流(a.c.)发电机组合为1个单元使用时出现的术语作了定义和设计准则作了规定。

本标准适用于由陆用和船用RIC发动机驱动的a.c.发电机组，不适用于航空或驱动陆上车辆和机车的发电机组。

对于某些特殊用途(例如必要的医院供电、高层建筑等)，附加要求可能是必需的，本标准规定应作为基础。

对于由其他型式的往复式原动机(例如沼气发动机、蒸汽发动机)驱动的发电机组，本标准规定可用作基础。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 2820.1—1997 往复式内燃机驱动的交流发电机组第1部分：用途、定额和性能 (eqv ISO 8528-1:1993)

GB/T 2820.2—1997 往复式内燃机驱动的交流发电机组第2部分：发动机 (eqv ISO 8528-2:1993)

GB/T 2820.3—1997 往复式内燃机驱动的交流发电机组第3部分：发电机组用交流发电机 (eqv ISO 8528-3:1993)

GB/T 755—87 旋转电机基本技术要求

3 符号

注：对于电气设备技术数据的表示法，IEC采用术语“额定的”加下标“N”。对于机械设备技术数据的表示法，ISO采用术语“标定的”加下标“r”。因此，在本标准中，术语“额定的”仅适用于电气项目。此外，全部用术语“标定的”。

f_d 动态频率(频率偏差)

$f_{d,max}$ 最大瞬态频率上升

$f_{d,min}$ 最小瞬态频率下降

f_{do} 过频率限制装置的工作频率

f_{ds} 过频率限制装置的整定频率

国家技术监督局1997-12-26批准 1998-12-01实施

f_i	空载频率
$f_{i,r}$	额定空载频率
f_{max}	最高允许频率
f_r	标定频率(额定频率)
$f_{i,max}$	最高空载频率
$f_{i,min}$	最低空载频率
f_{arb}	实际功率时的频率
f_{ov}	过载频率
$\hat{f}_v$	频率波动的宽度
I_k	持续短路电流
t	时间
t_a	总停机时间
t_b	加载准备时间
t_c	断载运行时间
t_d	停转时间
t_e	加载时间
$t_{f,de}$	负载减少后的频率恢复时间
$t_{f,in}$	负载增加后的频率恢复时间
t_g	总升转时间
t_h	升转时间
t_i	带载运行时间
t_p	启动准备时间
t_s	负载转接时间
t_u	中断时间
t_U	电压恢复时间
$t_{U,de}$	负载减少后的电压恢复时间
$t_{U,in}$	负载增加后的电压恢复时间
t_v	启动延迟时间
t_z	发动时间
t_o	预润滑时间
γ_f	频率整定变化速率
γ_U	电压整定变化速率
$U_{s,do}$	下降调节电压
$U_{s,up}$	上升调节电压
U_r	额定电压
U_{rec}	恢复电压
U_s	整定电压
$U_{st,max}$	最高稳态电压偏差
$U_{st,min}$	最低稳态电压偏差
U_o	空载电压
$U_{dyn,max}$	负载减少时上升的最高瞬时电压

$U_{dyn,min}$	负载增加时下降的最低瞬时电压
$\hat{U}_{max,s}$	调整电压的最高峰值
$\hat{U}_{min,s}$	调整电压的最低峰值
$\hat{U}_{mean,s}$	调整电压的最高和最低峰值的平均值
$\hat{U}_{mod,s}$	电压调制
$\hat{U}_{mod,s,max}$	电压调制的最高峰值
$\hat{U}_{mod,s,min}$	电压调制的最低峰值
$\hat{U}_{v}$	电压振荡的宽度
Δf_{neg}	对线性曲线的下降频率偏差
Δf_{pos}	对线性曲线的上升频率偏差
Δf	稳态频率容差带
Δf_{c}	对某一线性曲线的频率偏差
Δf_{s}	频率整定范围
$\Delta f_{s,do}$	频率整定下降范围
$\Delta f_{s,up}$	频率整定上升范围
ΔU	稳态电压容差带
ΔU_{s}	电压整定范围
$\Delta U_{s,do}$	电压整定下降范围
$\Delta U_{s,up}$	电压整定上升范围
$\Delta\delta f_{st}$	频率/功率特性偏差
α_{U}	相对的稳态电压容差带
α_{f}	相对的频率容差带
β_{f}	稳态频率带
δf_{d}	(对初始频率的)瞬态频率偏差(见 5.3.3)
δU_{dyn}	瞬时电压偏差
δf_{dyn}	(对额定频率的)瞬态频率偏差(见 5.3.4)
δf_{s}	相对的频率整定范围
$\delta f_{s,do}$	相对的频率整定下降范围
$\delta f_{s,up}$	相对的频率整定上升范围
δf_{st}	频率降
δ_{QCC}	交轴电流补偿电压程度
δ_{s}	周期不匀度
δf_{lim}	过频率整定比
δU_{st}	稳态电压偏差
δU_{s}	相关的电压整定范围
$\delta U_{s,do}$	相关的电压整定下降范围
$\delta U_{s,up}$	相关的电压整定上升范围

$\delta U_{2,0}$　　电压不平衡度

4 其他规定和附加要求

4.1 对必须遵守某一类社团规范的用于船舶甲板上和近海安装的 a.c. 发电机组，应满足该类社团的附加要求。该类社团应由用户在发出定单前声明。

对在无级别设备条件下运行的 a.c. 发电机组，在不同情况下的类似附加要求须由制造厂和用户商定。

4.2 若要满足任何其他管理机构(例如检查和/或立法管理机构)的条例规定的专用要求，该管理机构应由用户在发出定单前声明。

任何其他的附加要求应由制造厂和用户商定。

5 频率特性

稳态频率特性主要取决于发动机调速器的性能。

动态频率特性即对负载变化的响应，取决于所有的系统部件的综合工况(例如发动机的扭矩特性、所含涡轮增压系统的型式、负载的特性、惯性和阻尼等，见 5.3)，因而由所有相关部件独特设计所决定的发电机组的动态频率工况可能直接与发电机转速相关。

频率特性的术语、符号和定义在 5.1～5.3 中给出(见表 1～表 3)。

5.1 稳态频率工况(见表 1)

表 1

条号	术　语	符号	定　　义
5.1.1	频率降	δf_{st}	在整定频率确定的条件下，额定空载频率 $f_{i,r}$ 与标称功率时的额定频率 f_r 之间的频率差用额定频率 f_r 的某一百分数表示之值(见图 1)： $\delta f_{st} = \frac{f_{i,r} - f_r}{f_r} \times 100$
5.1.2	频率/功率特性曲线	—	在空载和标称功率之间的功率范围内，稳态频率相对于发电机组有功功率所绘出的关系曲线(见图 2)
5.1.3	频率/功率特性偏差	$\Delta\delta f_{st}$	在空载和标称功率之间的功率范围内，对某一线性频率/功率特性曲线的最大偏差用额定频率的某一百分数表示之值(见图 2)： $\Delta\delta f_{st} = \frac{\Delta f}{f_r} \times 100$
5.1.4	稳态频率带	β_f	在恒定功率时的发电机组频率围绕某一平均值波动的包络线宽度 $\hat{\underset{\vee}{f}}$ 用额定频率的某一百分数表示之值： $\beta_f = \frac{\hat{\underset{\vee}{f}}}{f_r} \times 100$ 应指出 β_f 的最大值出现在 20%功率和标称功率之间的范围内。 对于功率低于 20%者，稳态频率带可能显示出更高的值(见图 3)，但应允许同步

5.2 频率整定参数(见表 2)

表 2

条号	术 语	符号	定 义
5.2.1	频率整定范围	Δf_s	可调整的最高和最低空载频率之间的范围(见图 1)： $\Delta f_s = f_{i,max} - f_{i,min}$
	相对的频率整定范围	δf_s	用额定频率的某一百分数表示的频率整定范围： $\delta f_s = \frac{f_{i,max} - f_{i,min}}{f_r} \times 100$
5.2.1.1	频率整定下降范围	$\Delta f_{s,do}$	标称空载频率和最低可调空载频率之间的范围(见图 1)： $\Delta f_{s,do} = f_{i,r} - f_{i,min}$
	相对的频率整定下降范围	$\delta f_{s,do}$	用额定频率的某一百分数表示的频率整定下降范围： $\delta f_{s,do} = \frac{f_{i,r} - f_{i,min}}{f_r} \times 100$
5.2.1.2	频率整定上升范围	$\Delta f_{s,up}$	最高可调空载频率和标称空载频率之间的范围(见图 1)： $\Delta f_{s,up} = f_{i,max} - f_{i,r}$
	相对的频率整定上升范围	$\delta f_{s,up}$	用额定频率的某一百分数表示的频率整定上升范围： $\delta f_{s,up} = \frac{f_{i,max} - f_{i,r}}{f_r} \times 100$
5.2.2	频率整定变化速率	γ_f	在远距离控制条件下，用每秒相对的频率整定范围的某一百分数表示的频率整定变化速率： $\gamma_f = \frac{(f_{i,max} - f_{i,min})/f_r}{t} \times 100$

5.3 动态频率工况(见表 3 和图 4)

表 3

条号	术 语	符号	定 义
5.3.1	最大瞬时频率上升(上冲频率)	$f_{d,max}$	在从较高功率到较低功率的某种突变中出现的最高频率
5.3.2	最小瞬时频率下降(下冲频率)	$f_{d,min}$	在从较低功率到较高功率的某种突变中出现的最低频率

表 3（完）

条号	术　语	符号	定　　义
5.3.3	（对初始频率的）瞬态频率差，分别按负载增加（－）和负载减少（＋）	δf_d δf_d^- δf_d^+	随某一突变负载出现的调速过程中的下冲（或上冲）频率与初始频率之间的频率差用相对于额定频率的某一百分数表示之值： $\delta f_d^- = \frac{f_{d,min} - f_{arb}}{f_r} \times 100$ $\delta f_d^+ = \frac{f_{d,max} - f_{arb}}{f_r} \times 100$ （负号表示某一负载增加后的下冲，正号表示某一负载减少后的上冲） 注：在 16.6 和 16.7 中给出的运行极限数值仅对负载增加情况下的 $f_{arb}=f_i$ 和负载减少情况下的 $f_{arb}=f_r$ 有效。
5.3.4	（对额定频率的）瞬态频率偏差，分别按负载增加（－）和负载减少（＋）	δf_{dyn} δf_{dyn}^- δf_{dyn}^+	随某一突变负载出现的调速过程中的下冲（或上冲）频率与额定频率之间的频率差用相对于额定频率的某一百分数表示之值： $\delta f_{dyn}^- = \frac{f_{d,min} - f_r}{f_r} \times 100$ $\delta f_{dyn}^+ = \frac{f_{d,max} - f_r}{f_r} \times 100$ 瞬态频率偏差应在用户允许的频率容差内，应规定 （负号表示某一负载增加后的下冲，正号表示某一负载减少后的上冲）
5.3.5	频率恢复时间	$t_{f,in}$ $t_{f,de}$	在规定的负载突变后，从频率离开稳态频率带至其永久地重新进入规定的稳态频率容差带之间的间隔时间（见图 4）
5.3.6	稳态频率容差带	Δf	在负载增加或减少后的某一给定调速周期内，频率达到稳态频率附近的约定范围内的频率带
	相对的频率容差带	α_f	该容差带通常是用额定频率的某一百分数表示的： $\alpha_f = \frac{\Delta f}{f_r} \times 100$

6　过频率特性

过频率特性的术语、符号和定义在 6.1～6.4 中给出（见表 4）。

表 4

条号	术　语	符号	定　　义
6.1	最高允许频率[1]	f_{max}	低于频率限值的某一安全值的由发电机组制造厂规定的频率（见 GB/T 2820.2—1997 中 6.5.1）
6.2	过频率限制装置的整定频率	f_{ds}	超出发电机组的该频率则过频率限制装置动作。 注：实践中，对于整定频率值用规定的允许过频率值代替（见 GB/T 2820.2—1997中 6.5.2）

表 4（完）

条号	术　语	符号	定　　义
6.3	过频率整定比	δf_{lim}	用过频率限制装置的整定频率与额定频率之间的差除以额定频率的某一百分数表示之值： $\delta f_{lim} = \frac{f_{ds} - f_r}{f_r} \times 100$
6.4	过频率限制装置的工作频率[2]	f_{do}	对于某一给定的整定频率，过频率限制装置开始工作时的频率

1）频率限值（见 GB/T 2820.2—1997 中图 3）是指发电机组的发动机和发电机可能承受而无损坏危险的计算频率。

2）对于某一给定的发电机组，其工作频率取决于发电机组的总惯量和过频率保护系统的设计

7　电压特性（见图 5）

发电机组电压特性主要是由 a.c. 发电机的原设计和自动电压调节器的性能决定的。稳态和瞬态频率特性二者也可能影响发电机电压。

电压特性的术语、符号和定义在 7.1～7.3 中给出（见表 5～表 7）。

7.1　稳态电压工况（见表 5）

表 5

条号	术　语	符号	定　　义
7.1.1	额定电压	U_r	在额定频率和额定输出时发电机端子处的线对线电压。 注：额定电压是用于运行和性能特性的由制造厂给定的电压。
7.1.2	整定电压	U_s	为限定运行按调节选定的线对线电压
7.1.3	空载电压	U_o	在空载频率[1]和空载时在发电机端子处的线对线电压
7.1.4	稳态电压偏差	δU_{st}	对空载与额定输出之间的所有功率和在规定的功率因数下，在额定频率时考虑温升影响的稳态条件下偏离整定电压的最大偏差。稳态电压偏差是用额定电压的某一百分数表示的： $\delta U_{st} = \pm \frac{U_{st,max} - U_{st,min}}{2U_r} \times 100$
7.1.5	电压不平衡度	$\delta U_{2,0}$	空载下的负序或零序电压分量对正序电压分量的比值。电压不平衡度是用额定电压的某一百分数表示的

采用说明：

1）ISO 8528.5 规定为额定频率。

7.2 电压整定特性(见表 6)

表 6

条 号	术 语	符 号	定 义
7.2.1	电压整定范围	ΔU_s	对空载与额定输出之间的所有负载和在商定的功率因数范围内,额定频率时在发电机端子处的上升和下降调节电压的最大可能的范围: $\Delta U_s = \Delta U_{s,up} + \Delta U_{s,do}$
	相对的电压整定范围	δU_s	用额定电压的某一百分数表示的电压整定范围: $\delta U_s = \frac{\Delta U_{s,up} + \Delta U_{s,do}}{U_r} \times 100$
7.2.2	电压整定下降范围	$\Delta U_{s,do}$	对空载与额定输出之间的所有负载和在商定的功率因数范围内,额定频率时在发电机端子处的额定电压与下降调节电压之间的范围: $\Delta U_{s,do} = U_r - U_{s,do}$
	相对的电压整定下降范围	$\delta U_{s,do}$	用额定电压的某一百分数表示的电压整定下降范围: $\delta U_{s,do} = \frac{U_r - U_{s,do}}{U_r} \times 100$
7.2.3	电压整定上升范围	$\Delta U_{s,up}$	对空载与额定输出之间的所有负载和在商定的功率因数范围内,额定频率时在发电机端子处的上升调节电压与额定电压之间的范围: $\Delta U_{s,up} = U_{s,up} - U_r$
	相对的电压整定上升范围	$\delta U_{s,up}$	用额定电压的某一百分数表示的电压整定上升范围: $\delta U_{s,up} = \frac{U_{s,up} - U_r}{U_r} \times 100$
7.2.4	电压整定变化速率	γ_U	在远距离控制条件下,用每秒相对的电压整定范围的某一百分数表示的电压整定变化速率: $\gamma_U = \frac{(U_{s,up} - U_{s,do})/U_r}{t} \times 100$

7.3 动态电压工况(见表 7)

表 7

条号	术 语	符号	定 义
7.3.1	负载减少时上升的最高瞬时电压	$U_{dyn,max}$	在从较高负载到较低负载的某种突变中出现的最高电压
7.3.2	负载增加时下降的最低瞬时电压	$U_{dyn,min}$	在从较低负载到较高负载的某种突变中出现的最低电压

表 7（完）

条号	术　语	符号	定　　义
7.3.3	瞬态电压偏差，分别按负载增加（－）和负载减少（＋）	δU_{dyn}^{-}	按负载增加的瞬态电压偏差是指当发电机在正常励磁控制下被驱动在额定频率和额定电压时，接通额定负载，用额定电压的某一百分数表示的电压降： $\delta U_{dyn}^{-} = \frac{U_{dyn,min} - U_r}{U_r} \times 100$
		δU_{dyn}^{+}	按负载减少的瞬态电压偏差是指当发电机在正常励磁控制下被驱动在额定频率和额定电压时，突然切除额定负载，用额定电压的某一百分数表示的电压升： $\delta U_{dyn}^{+} = \frac{U_{dyn,max} - U_r}{U_r} \times 100$ 若负载改变量不同于上述规定值，则应说明规定的值和相应的功率因数
7.3.4	恢复电压	U_{rec}	对于某一规定的负载条件能达到的最高稳态电压 注：恢复电压一般是用额定电压的某一百分数表示的。它通常处在稳态电压容差带（ΔU）内。对于超过额定负载的负载，恢复电压是受饱和度和励磁机/调节器磁场强励能力的限制的（见图 5）。
7.3.5	电压恢复时间	t_U $t_{U,in}$ $t_{U,do}$	从某一负载变化瞬时开始（t_1）至当电压恢复到并保持在规定的稳态电压容差带（t_2）内瞬时止的间隔时间（见图 5）： $t_U = t_2 - t_1$
7.3.6	稳态电压容差带	ΔU	在某一给定的调节周期内，在突加或突减某一规定的负载后，电压达到的稳态电压的商定电压带。除另有规定外： $\Delta U = 2\delta U_{st} \times \frac{U_r}{100}$
	相对的稳态电压容差带	α_U	该容差带是用额定电压的某一百分数表示的： $\alpha_U = \frac{\Delta U}{U_r} \times 100$
7.3.7	电压调制	$\hat{U}_{mod,s}$	在某一稳态电压上下，在低于基本的发电频率的有代表性的频率下，用在额定频率和恒定转速时平均峰值电压的某一百分数表示的准周期电压变化（峰对峰）： $\hat{U}_{mod,s} = 2 \times \frac{\hat{U}_{mod,s,max} - \hat{U}_{mod,s,min}}{\hat{U}_{mod,s,max} + \hat{U}_{mod,s,min}} \times 100$ 注 1 这是可能由调节器、周期的不匀性或断续的负载导致的周期的或随机的扰动。 2 闪光是电压调制的 1 个特例（见图 11 和图 12）。

8 持续短路电流

持续短路电流 I_k 对电流控制的保护装置可能是重要的，在使用中将可能大大低于发电机制造厂对在发电机端子处的某种故障规定的“理想”值。该实际值将受发电机和故障部位之间的电路阻抗的影响(见 GB/T 2820.3—1997 中 10.2)。

9 影响发电机组性能的因素

发电机组的频率和电压性能取决于发电机组的功率和部件的特性。

9.1 在定发电机组和开关装置的规格时，下述因素尤为相关，应予考虑：

——用途；

——连接负载的功率要求；

——负载功率因数；

——连接的任一电动机的启动特性；

——连接负载的多样性；

——间断负载；

——非线性负载的影响。

在定 RIC 发动机、发电机以及开关装置的规格时，对连接负载的外形应予考虑。

9.2 发电机组突变负载时的瞬态频率和电压特性取决于下述因素的影响：

——RIC 发动机的涡轮增压系统；

——RIC 发动机在标定功率时的制动平均有效压力 P_{me}；

——调速器工况；

——发电机设计；

——交流发电机励磁系统特性；

——电压调节器工况；

——整套发电机组的转动惯量。

为了表示因负载变化引起的发电机组的频率和电压特性，必须确定按连接负载设备给出的最大开关接通和开关断开负载。

9.3 鉴于不可能真正地确定所有的有关动态负载影响的程度，应以允许的频率降为基础对施加负载给出推荐的指导值。制动平均有效压力 P_{me} 较高的，通常需要分别地进行分级加载。图 6 和图 7 表示了按标定功率时的 P_{me} 确定的对于突加分级负载的指导值。因此，用户应说明发电机组制造厂必须考虑的任一特殊负载类型或任一负载的认可。

相邻负载级之间的时间决定于 RIC 发动机的大小、制动平均有效压力、涡轮增压系统、调速器的种类、电压调节器和整台发电机组的转动惯量。必要时，该时间应由发电机组制造厂同用户商定。对于要求的最小转动惯量的判据是允许的频率降、周期不匀度以及适用时并联运行情况下的工况。

10 周期不匀度

周期不匀度 δ_s 是由往复式原动机的不匀度导致的转速的周期波动。它是发电机传动轴在任一恒定负载下的最高和最低角度之间的差值与平均角速度之比。单独运行的情况下，周期不匀度对发电机电压产生某一相应的调制作用，因此它是可通过测量所产生电压的变化确定的：

$$\delta_s = \frac{\hat{U}_{max,s} - \hat{U}_{min,s}}{\hat{U}_{mean,s}}$$

注

1 通过在内燃机和发电机之间安装1只弹性联轴器和/或变更质量惯性矩，以改变在发电机方面的旋转速度的周期不匀度相对于在内燃机方面的周期不匀度的测量值是可能的。

2 对于同低速(100 min^{-1}～180 min^{-1})压缩点火(柴油)发动机机组并联工作的发电机组，为了避免发动机扭矩不匀度和机组的机电频率振荡之间的共振，必须给与特殊的考虑(见GB/T 2820.3—1997中11)。

11 启动特性

启动特性决定于若干因素，例如空气温度、RIC发动机温度、启动空气压力、启动蓄电池状况、润滑油粘度、发电机组的总惯量、燃料的品质和启动设备的状态。这些都须经用户和发电机组制造厂商定(见图8)。

启动特性的术语、符号和定义在11.1～11.10中给出(见表8)。

表8

条号	术　语	符号	定　　义
11.1	加载时间	t_e	从有启动指令起至投入约定负载止的间隔时间： $t_e = t_p + t_g + t_s$
11.2	启动延迟时间	t_v	从初始的某种启动要求的出现起至有启动指令(尤其对自动启动的发电机组)止的间隔时间。该时间不取决于所采用的发电机组。该时间的精确值是由用户负责提供的或有要求时按立法管理机构的专门要求确定的。例如，该时间应可保证在某种非常短暂的电网故障的情况下避免启动
11.3	中断时间	t_u	从初始的某种启动要求的出现起至投入约定负载止的间隔时间： $t_u = t_v + t_p + t_g + t_s = t_v + t_e$ 该时间对自动启动的发电机组应专门加以考虑(见11.1)
11.4	启动准备时间	t_p	从有启动指令起至开始转动止的间隔时间
11.5	预润滑时间	t_o	对某些发动机，在开始发动之前为保证建立润滑油压力所要求的时间。对通常不要求预润滑的小型发电机组，该时间一般为零
11.6	发动时间	t_z	从开始转动起至达到发动机的着火转速止的间隔时间
11.7	升转时间	t_h	从开始转动起至首次达到标定转速止的间隔时间
11.8	总升转时间	t_g	从开始转动起至作好准备供给某一给定频率和电压容差的某约定功率止的间隔时间
11.9	加载准备时间	t_b	从有启动指令起至作好准备供给某一给定频率和电压容差的某约定功率止的间隔时间： $t_b = t_p + t_g$
11.10	负载转接时间	t_s	从准备加某一约定负载起至投入该负载止的时间

12 停机时间特性

停机时间特性的术语、符号和定义在12.1～12.4中给出(见表9和图10)。

表 9

条号	术　语	符号	定　　义
12.1	带载运行时间	t_i	从有停机指令起至断开负载止的间隔时间(自动化机组)
12.2	断载运行时间	t_c	从卸去负载起至给出发电机组停机信号止的间隔时间。也称为“冷却运行时间”
12.3	停转时间	t_d	从发电机组有停机信号起至发电机组达到完全停止状态时止的间隔时间
12.4	总停机时间	t_a	从有停机指令起至发电机组达到完全停止状态时止的间隔时间： $t_a = t_i + t_c + t_d$

13 并联运行

13.1 有功功率分配(见图 9)

13.1.1 影响有功功率分配的因素

有功功率分配可能受下述某个或多个因素的影响：

——调速器下降特性；

——RIC 发动机及其调速器的动态工况；

——联轴器的动态工况；

——考虑电网或用户设备特性的发电机的动态工况；

——自动电压调节器特性。

13.1.2 计算方法

在理想的频率特性下，由单台发电机组承担的功率比例与由所有发电机组承担的总功率比例间之差用百分数表示的值 ΔP_i 为：

$$\Delta P_i = \left[\frac{P_i}{P_{r,i}} - \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{\sum_{i=1}^{n} P_{r,i}}\right] \times 100$$

式中：n——并联运行的发电机组数；

i——在 1 组所有并联运行的发电机组内识别单台发电机组的标记；

P_i——单台发电机组承担的部分有功功率；

$P_{r,i}$——单台发电机组的额定有功功率；

ΣP_i——所有并联运行的发电机组的各部分有功功率的总和；

$\Sigma P_{r,i}$——所有并联运行的发电机组的各额定有功功率的总和。

若最佳有功功率分配是在总额定有功功率时实现，则当发动机调速器的整定保持不变时，对于某一特定的发电机组的有功功率分配的最大偏差将出现在总额定有功功率的 20%～100%的范围内。若都采用自动有功功率分配装置，同仅仅通过发动机调速器特性得到的值比较，可减小有功功率偏差。为避免并联运行的发电机组之间在不同的功率偏差时出现电动机运行工况，要求有适当的保护措施，例如逆功率继电器。

13.1.3 有功功率分配实例

按 $\cos\varphi = 0.8$(滞后)，见表 10。

表 10

实例	发电机组	额定功率 $P_{r,i}$	$\sum_{i=1}^{n} P_{r,i}$	部分功率 P_i	$\sum_{i=1}^{n} P_i$	$P_{i,p}=\frac{P_i}{P_{r,i}}$	$P_{s,p}=\frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{\sum_{i=1}^{n} P_{r,i}}$	ΔP_i
		kW	kW	kW	kW	%	%	%
1	1	400	1 200	275	900	68.7	75	−6.3
	2	400		300		75		0
	3	400		325		81.3		+6.3
2	1	400	900	335	675	83.7	75	+8.7
	2	300		210		70		−5
	3	200		130		65		−10

注：由恒定振荡引起的功率偏差是包括在有功功率分配的容差内的。在负载突变中，有功功率分配中的恒定偏差和振荡的数值可能暂时超出。

13.1.4 试验方法

对以全额定功率和 $\cos\varphi=0.8$(滞后)运行的系统进行调节，使无功电流减至最小且使功率分配相等，即 $P_{i,p}=P_{s,p}$，然后将功率从 100%降至 20%，并将在该功率范围内出现的最大偏差作为 ΔP。试验过程中不允许手动调节，例如对发动机转速/调速器的控制。

13.2 无功功率分配

13.2.1 影响无功功率分配的因素

无功功率分配可能受下述某个或多个因素的影响：

——交轴电流补偿电压降程度；

——用均压线环节的稳定作用；

——无功功率分配自动控制；

——自动电压调节器特性。

13.2.2 计算方法

在理想的电压降特性下，由单台发电机组承担的无功功率比例与由所有发电机组承担的总无功功率比例间之差用百分数表示的值 ΔQ_i 为：

$$\Delta Q_i=\left[\frac{Q_i}{Q_{r,i}}-\frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_{r,i}}\right]\times 100$$

式中：n——并联运行的发电机组数；

i——在 1 组所有并联运行的发电机组内识别单台发电机组的标记；

Q_i——单台发电机组承担的部分无功功率；

$Q_{r,i}$——单台发电机组的额定无功功率；

ΣQ_i——所有并联运行的发电机组的各部分无功功率的总和；

$\Sigma Q_{r,i}$——所有并联运行的发电机组的各额定无功功率的总和。

若最佳无功功率分配是在总额定无功功率时实现，则当电压控制基准值的整定保持不变时，对于某一特定的发电机组的无功功率分配的最大偏差将出现在总额定无功功率的 20%～100%的范围内。精确的无功功率分配可以得到，例如通过：

——交轴电流补偿电压降程度；

——均压线环节的稳定作用；

——无功功率分配的自动调节。

13.2.3 无功功率分配实例

按 $\cos\varphi=0.8$(滞后)，见表 11。

表 11

实例	发电机组	额定无功功率 $Q_{r,i}$	$\sum_{i=1}^{n} Q_{r,i}$	部分无功功率 Q_i	$\sum_{i=1}^{n} Q_i$	$Q_{i,p}=\frac{Q_i}{Q_{r,i}}$	$Q_{s,p}=\frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_{r,i}}$	ΔQ_i
		kvar	kvar	kvar	kvar	%	%	%
1	1	300	900	206	675	68.7	75	−6.3
	2	300		225		75		0
	3	300		244		81.3		+6.3
2	1	300	675	251	507	83.7	75	+8.7
	2	225		158		70.2		−4.8
	3	150		98		65.3		−9.7

注：在功率突变中，无功功率分配中的恒定偏差和振荡的数值可能暂时超出。

13.3 对并联运行工况的影响

下述因素对并联运行工况可能有影响：

——调速器下降特性；

——RIC 发动机及其调速器的动态工况；

——联轴器的动态工况；

——考虑连接电网或其他并联运行发电机作用的发电机的动态工况；

——自动电压调节器特性；

——自动电压调节器(AVR)交轴电流补偿电压降程度。

13.4 功率定额

功率定额指标按 GB/T 2820.1 的规定。

在并联运行中，作调节用时也不需要增加功率，发电机组不应超过额定输出。

14 定额牌

发电机组应有下列定额牌。

a) 机组的定额牌。

这应至少包括下述内容：

1) 发电机组 GB/T 2820 字样；

2) 制造厂名称或标记；

3) 机组编号；

4) 机组制造年份；

5) 额定功率，kW，按 GB/T 2820.1—1997 中 13 加词头 COP、PRP 或 LTP；

6) 性能等级，按 GB/T 2820.1—1997 中 7 的规定；

7) 额定功率因数；

8) 最高海拔高度，m；

9) 最高环境温度，℃；

10）额定频率，Hz；

11）额定电压，V；

12）额定电流，A；

13）质量，kg。

b）RIC 发动机的定额牌。

c）发电机的定额牌，按 GB 755 和 GB/T 2820.1—1997 中 14 的规定。

d）开关装置的定额牌，这里的开关装置为发电机组整体的一个部分。

注

1 图 13 表示用于发电机组的定额牌实例。

2 对于额定值小于 10 kW 的机组，可将内容合并在 1 块单独的定额牌上。

15 影响发电机组性能的其他因素

15.1 启动方法

决定于发电机组的大小、设计和应用，随能源的不同而采用不同的启动方法：

——机械的（例如手摇）；

——电气的（例如电启动马达）；

——气动的（例如压缩空气入气缸或气启动电动机）。

15.2 停机方法

决定于设计和应用，随停机信号的不同而采用不同的停机方法：

——机械的；

——电气的；

——气动的；

——液力的。

15.3 燃料供给

燃料供给应设计成使发电机组能在所有的工作条件下满意地运行。此外，应考虑安全要求（例如防火和防爆）。对于燃料贮存应遵守有关国家立法管理机构的相应条例。

15.4 燃烧空气

应考虑供燃烧所需空气的品质，以便确定滤清的程度。

15.5 排气系统

排气系统应按（发动机制造厂规定的）允许的排气背压和要求的噪声衰减设计。下列要求可能是重要的：

——结构隔声；

——隔热和外罩（辐射、穿透壁、防接触措施）；

——膨胀补偿；

——排放；

——防进水；

——防排气爆炸措施；

——排气出口端的形状（例如取决于风向、防鸟措施）；

——支承；

——气体排出物。

15.6 冷却和室内通风

当设计现场建筑物时，RIC 发动机、发电机和开关装置的冷却型式以及通风和排气对固定电站是特别重要的。对于设计建筑物所要求的发电机组的技术数据应从发电机组制造厂得到。

15.7 监测

电站的监测范围决定于：

——预定用途；

——运行方式；

——发电机组的大小和型式；

——用电设备的要求；

——制造厂的要求；

——用户的要求。

所选监测设备应确保机组的使用和运行。

15.8 噪声辐射

若要将噪声辐射限制到一定的值，则在设计阶段制造厂和用户之间就应签订一项专门的协议。

若约定对移动式发电机组的声级测量，则测量可在制造厂按短程场地进行。

注：实际上，按长程场地测量的花费大的测量结果比按短程场地测量的结果无明显差别。

正如固定式设备的情况一样，对于噪声衰减的处理通常是在现场进行的，且在制造厂的声级测量只是在无噪声衰减的情况下进行的。若要求发电机组的噪声衰减，其测量可按移动式发电机组的方法进行。

15.9 联轴器

联轴器的选择应考虑受下列因素影响的扭转振动所施加的各种应力：

——功率高达限油功率；

——RIC 发动机和发电机的惯量；

——短路扭矩；

——不同轴度。

最大短路扭矩出现在发电机端子处的两相线对线短路的条件下。然而在很多情况下，发电机惯量对发动机惯量之比是相当大的，致使在联轴器上的扭矩可能略大于甚至小于持续功率扭矩。

发电机组制造厂应对部件互换性的设计负责。

15.10 振动

发电机组制造厂应对发电机组的振动系统（发动机-联轴器-发电机-底座）验证，在其正常运行范围内的振动特性应安全地处在临界值范围之外。

由电站的其他部分（例如排气系统、基础）引起的振动也应考虑到。

15.10.1 扭转振动

机组制造厂应负责确保机组扭转振动安全地处在临界值范围之外。

当按合同预先约定时，机组制造厂应对得到的扭转振动计算和进行的扭转振动测量负责。

扭转振动测量和/或计算的结果应在发电机组、RIC 发动机和驱动机械制造厂之间取得意见一致，并在必要时经检验和/或立法管理机构和/或该类社团的认可。

15.10.2 纵向振动

15.10.2.1 动态弯曲变形

在由发动机-联轴器-发电机组成的旋转系统中，由于发动机的燃烧与惯性力和发电机的电磁力的作用，可能出现动态弯曲变形，在设计各部件和底座时应对此加以考虑。

15.10.2.2 结构振动

15.10.2.2.1 总则

除扭转和纵向振动外，存在着由 RIC 发动机往复作用力和扭矩引起的发电机组的振动。发电机组制造厂应对彼此相关部件的相容性负责，使各个部件不超过其最大的允许振动速度。

15.10.2.2.2 测量位置和测量条件

该测量的方式应是在轴承的水平和/或垂直方向上进行。当某一轴承不易接近或采用单轴承的a.c.发电机时，该测量应在轴承壳体上进行。振动速度的测量应优先在发电机组制造厂试验台上在额定输出下进行，若可能，应在模拟现场安装条件的情况下进行。对于该试验不能按额定输出的场合，则应按尽可能高的输出。

15.11 基础

关于基础或支承表面的尺寸，有关静态和动态负载的数据，可从发电机组制造厂得到。

为减小独立的惯性力对环境的影响，可能需要1个合适的弹性支座。

在现场应考虑管道、电缆等所需的一些孔口。

若设置弹性支座，则对电缆和管道应保持挠性连接。

16 关于性能等级的运行极限值(见表12)

列入表12中的运行极限值应予以满足，以便确定按GB/T 2820.1给出的对发电机组的电压和频率的重要特性。

对于各性能等级的数值应这样选择，以使其对各部件兼容性是相互匹配的。

对于发电机组的合适的性能等级应按当该性能等级的所有的极限值得到满足时选择。

注：建议用户应选择能满足其要求的最低性能等级。

表12

条号	参数		符号	单位	参照	运行极限值			
						性能等级			
						G1	G2	G3	G4
16.1	频率降		δf_{st}	%	5.1.1	≤8	≤5	≤3	AMC[1]
16.2	稳态频率带		β_f	%	5.1.4	≤2.5	≤1.5[2]	≤0.5	AMC
16.3	相对的频率整定下降范围		$\delta f_{s,do}$	%	5.2.1.1	≥(2.5+δf_{st})			AMC
16.4	相对的频率整定上升范围		$\delta f_{s,up}$	%	5.2.1.2	≥+2.5[3]			AMC
16.5	频率整定变化速率		γ_f	%/s	5.2.2	0.2～1			AMC
16.6	(对初始频率的)瞬态频率偏差	100%突减功率	δf_d	%	5.3.3	≤+18	≤+12	≤+10	AMC
		突加功率[4)5)]				≤−(15+δf_{st})[4]	≤−(10+δf_{st})[4]	≤−(7+δf_{st})[4]	
16.7	(对额定频率的)瞬态频率偏差	100%突减功率	δf_{dyn}	%	5.3.4	≤+18	≤+12	≤+10	AMC
		突加功率[4)5)]				≤−15[4] ≤−25[5]	≤−10[4] ≤−20[5]	≤−7[4] ≤−15[5]	
16.8	频率恢复时间		$t_{f,in}$	s	5.3.5	≤10[6]	≤5[6]	≤3[6]	AMC
			$t_{f,de}$			≤10[4]	≤5[4]	≤3[4]	
16.9	相对的频率容差带		α_f	%	5.3.6	3.5	2	2	AMC
16.10	稳态电压偏差		δU_{st}	%	7.1.4	≤±5 ≤±10[7]	≤±2.5 ≤±1[8]	≤±1	AMC
16.11	电压不平衡度		$\delta U_{2,0}$	%	7.1.5	1[9]	1[9]	1[9]	1[9]
16.12	电压整定范围		ΔU_s	%	7.2.1	±5			AMC

表 12（完）

条号	参数		符号	单位	参照	运行极限值 性能等级 G1	G2	G3	G4
16.13	电压整定变化速率		γ_U	%/s	7.2.4	0.2～1			AMC
16.14	瞬态电压偏差	100%突减功率	δU_{dyn}^{+}	%	7.3.3	≤+35	≤+25	≤+20	AMC
		突加功率[4)5)]	δU_{dyn}^{-}			≤−25[4)]	≤−20[4)]	≤−15[4)]	
16.15	电压恢复时间[10)]		$t_{U,in}$ $t_{U,de}$	s	7.3.5	≤10 ≤10[4)]	≤6 ≤6[4)]	≤4 ≤4[4)]	
16.16	电压调制[11)12)]		$\hat{U}_{mod,s}$	%	7.3.7	AMC	0.3[13)14)]	0.3[14)]	AMC
16.17	有功功率分配[15)]	80%和100%标定定额之间	ΔP	%	13.1	—	≤±5	≤±5	AMC
		20%和 80%标定定额之间					≤±10	≤±10	
16.18	无功功率分配 20%和100%标定定额之间		ΔQ	%	13.2		≤±10	≤±10	AMC

1) AMC 为按制造厂和用户之间的协议。

2) 在用单缸或两缸发动机的发电机组的情况下，该值可达 2.5。

3) 就不需并联运行而言，转速或电压的整定不变是允许的。

4) 对用涡轮增压发动机的发电机组，这些数据适用于按图 6 和图 7 增加最大允许功率。

5) 对火花点火气体发动机。

6) 该规定值仅是当卸去 100%负载时的常用值；制动扭矩仅是由发电机组的机械损耗提供的，所以恢复时间将只取决于发电机组的总惯量和机械效率，这样，由于用途和/或发动机型式不同引起的变化会很大。

7) 对不大于 10 kVA 的小型机组。

8) 当考虑无功电流特性时，对带同步发电机的机组在并联运行时的最低要求：频率漂移范围应不超过±0.5%。

9) 在并联运行的情况下，该值应减为 0.5。

10) 除非另有规定，用于计算电压恢复时间的容差带应等于 $2\times\delta U_{st}\times U_r/100$。

11) 运行极限值不包括在稳态极限内。

12) 若因发动机所迫出现发电机的扭转振动，将导致电压调制超过极限，发电机制造厂须予合作以减小振动或提供专门的励磁调节器。

13) 对用单缸或两缸发动机的发电机组，该值可为±2。

14) 在因亮度变化引起光线闪烁的情况下，眼睛的最高辨别力使 10 Hz 电压波动能以 $U_{mod10}\leqslant 0.3\%$ 的刺激作为最低限值。

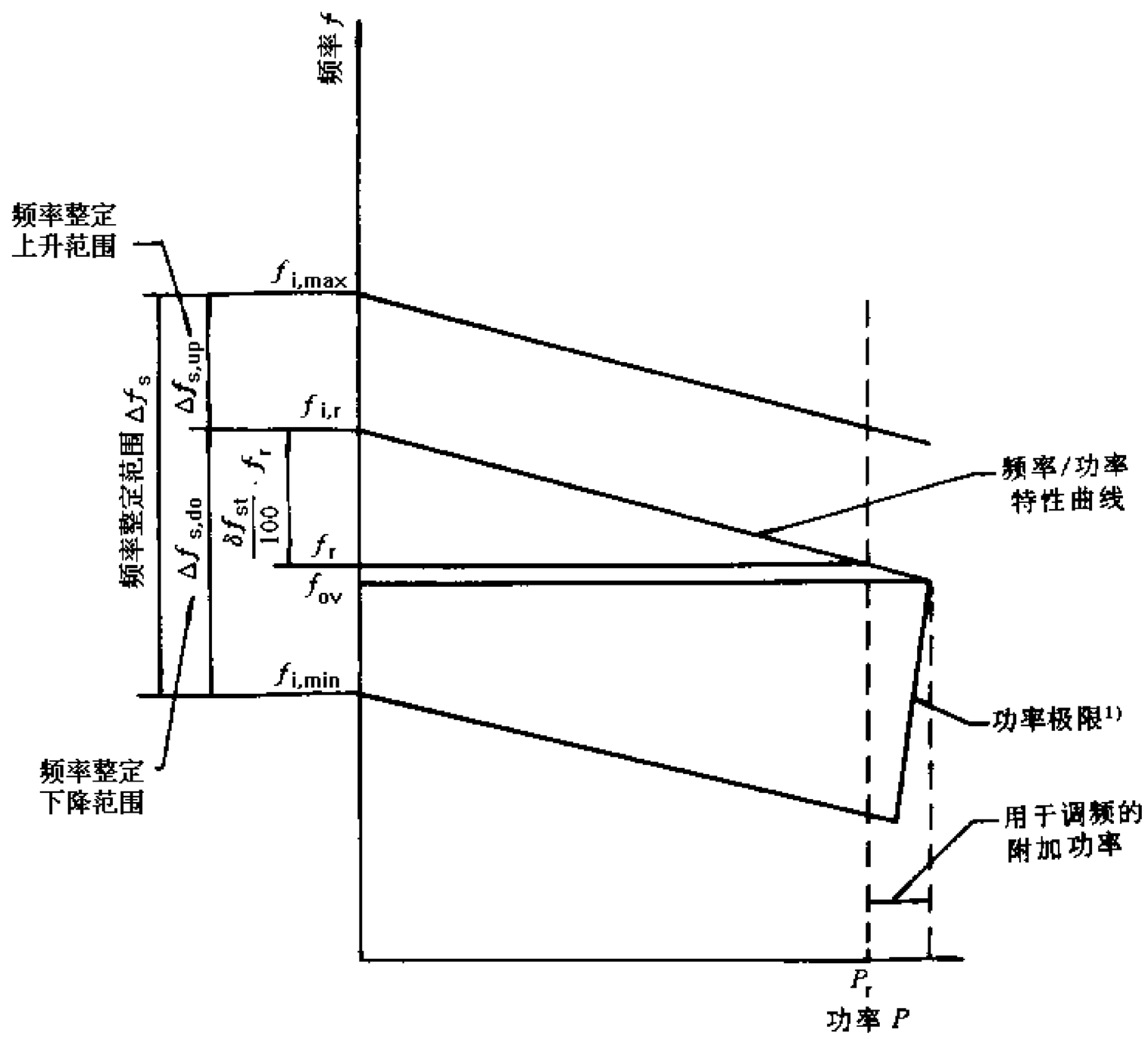
对 U_{mod10} 给出的运行极限值与 10 Hz 时的某一正弦电压波动有关。对具有幅值 α_f 的频率 f 时的电压波动，等效 10 Hz 的幅值将为：

$$\alpha_{10}=g_f\alpha_f$$

式中的 g_f 是按图 12 的频率对应于 α_f 的加权系数。考虑某一电压波动的所有谐波，对应等效 10 Hz 的电压调制为：

$$\hat{U}_{mod10}=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}g_{f,i}^2\alpha_{f,i}^2}$$

15) 当使用该容差时，并联运行发电机组的有功标定负载或无功标定负载的总额按容差值减小。



1）考虑 a.c. 发电机效率的条件下，发电机组的功率极限取决于 RIC 发动机的功率极限，例如限油功率。

图 1　频率/功率特性，频率整定范围

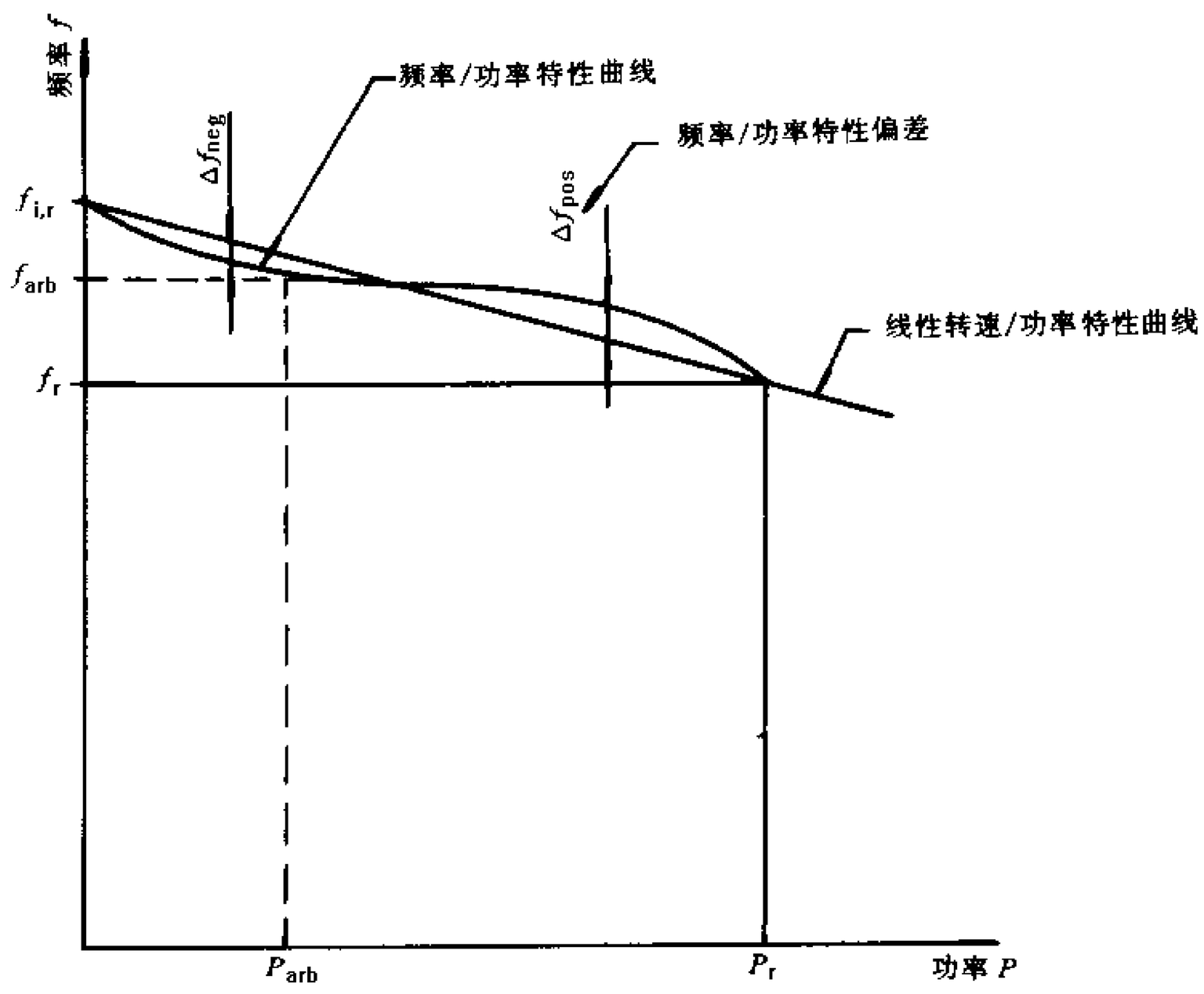


图 2　频率/功率特性，对线性曲线的偏差

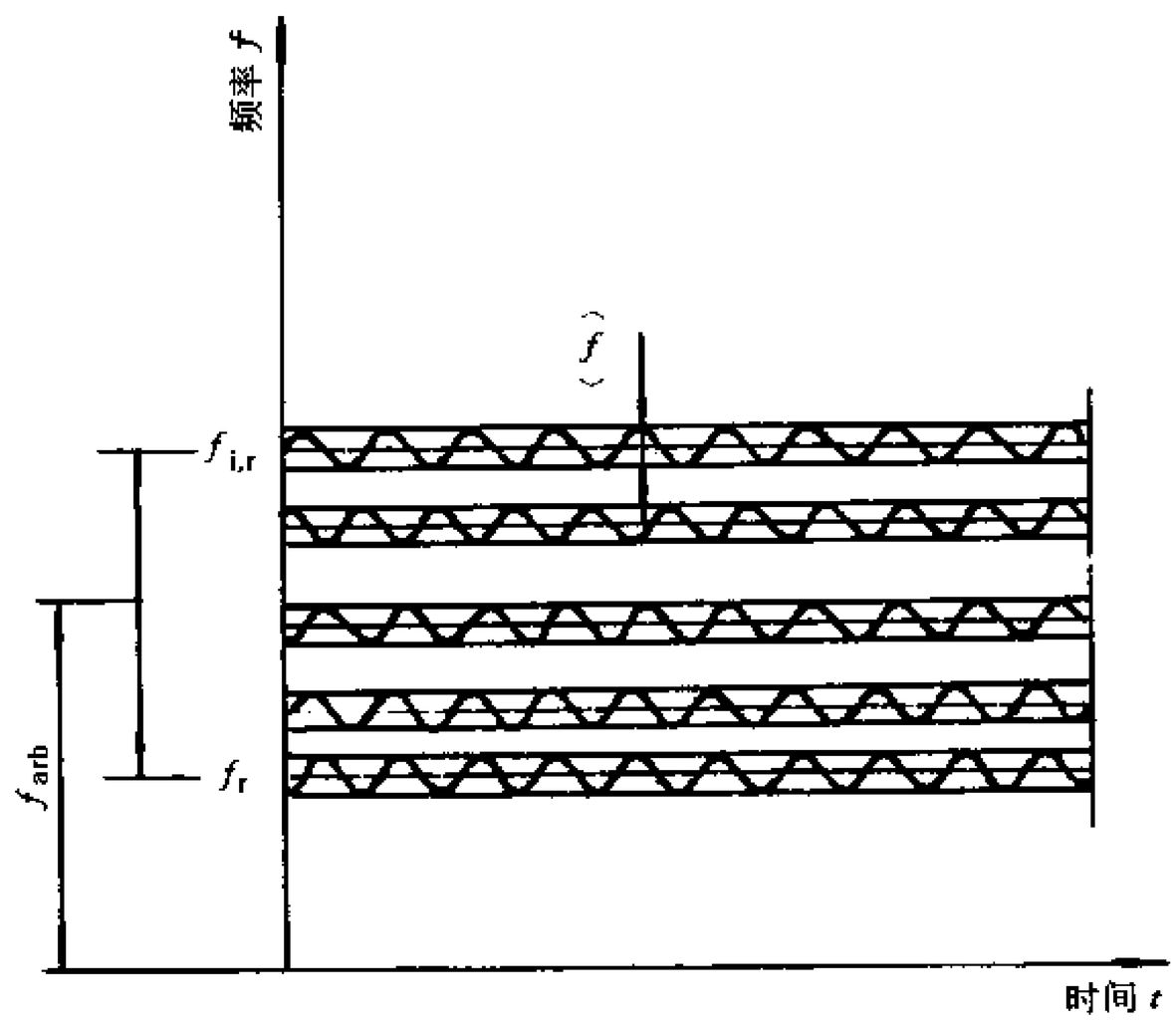


图 3　稳态频率带

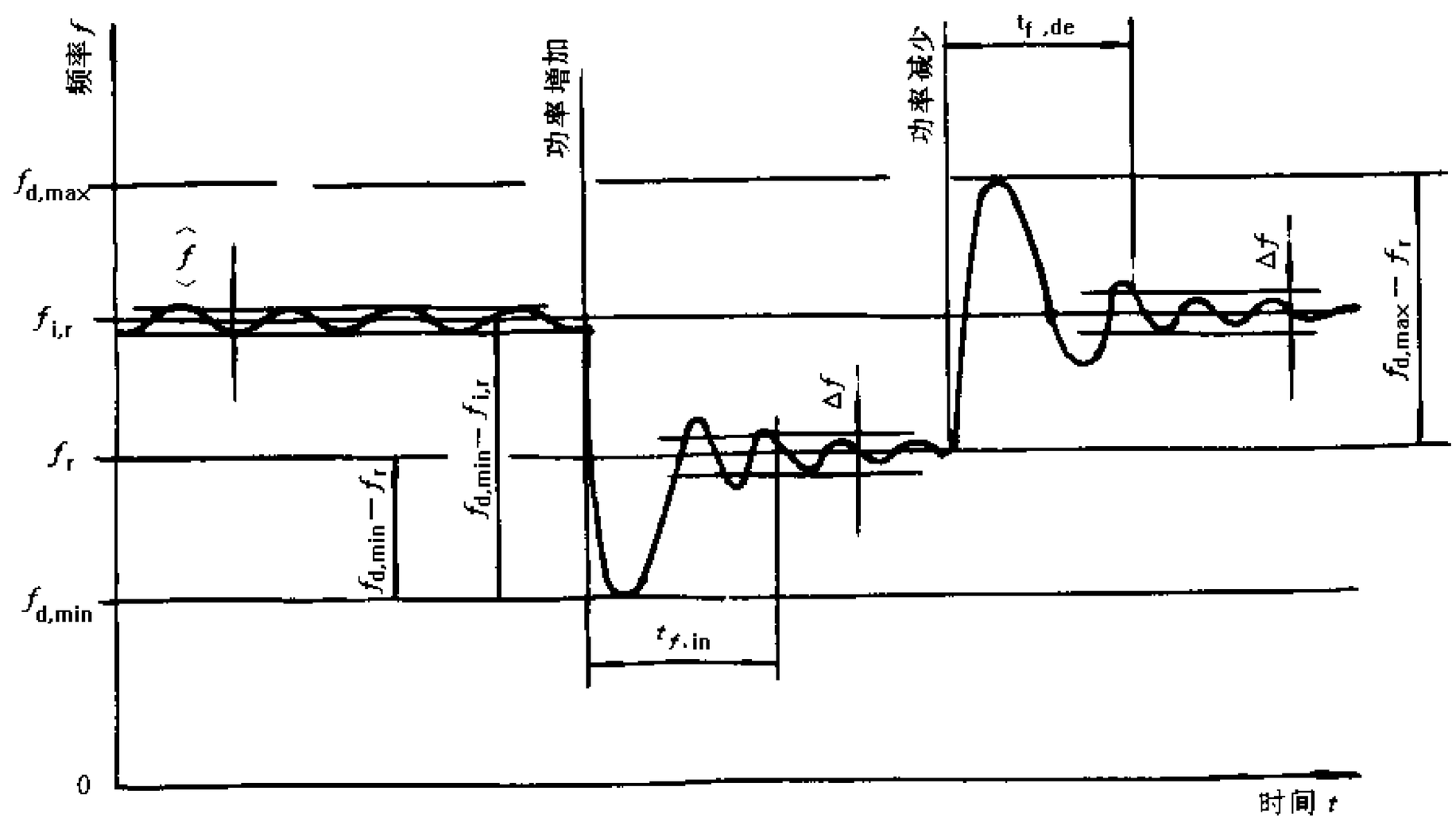


图 4　动态频率工况

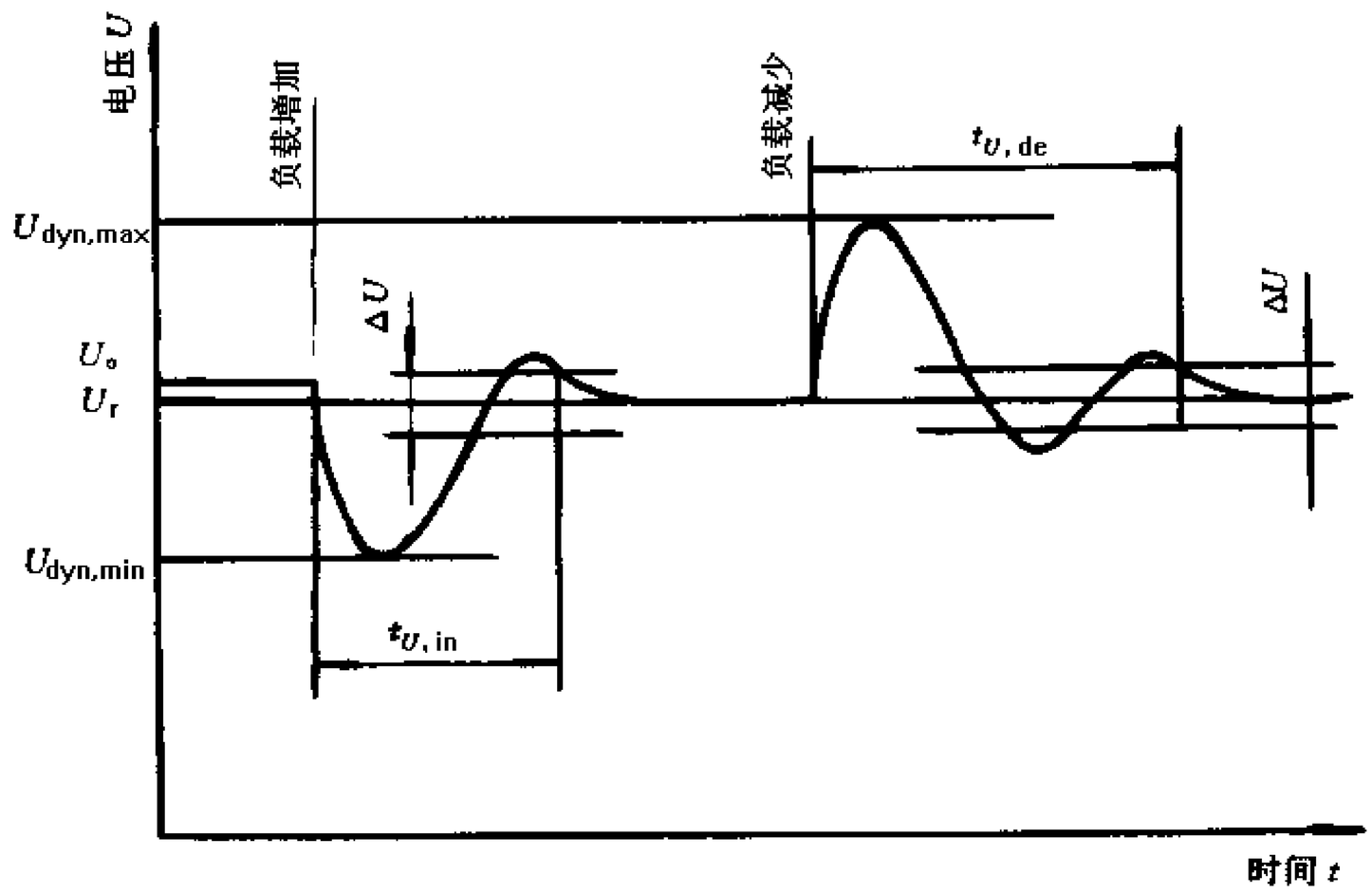


图 5　无交轴电流补偿电压降的瞬态电压特性[1]

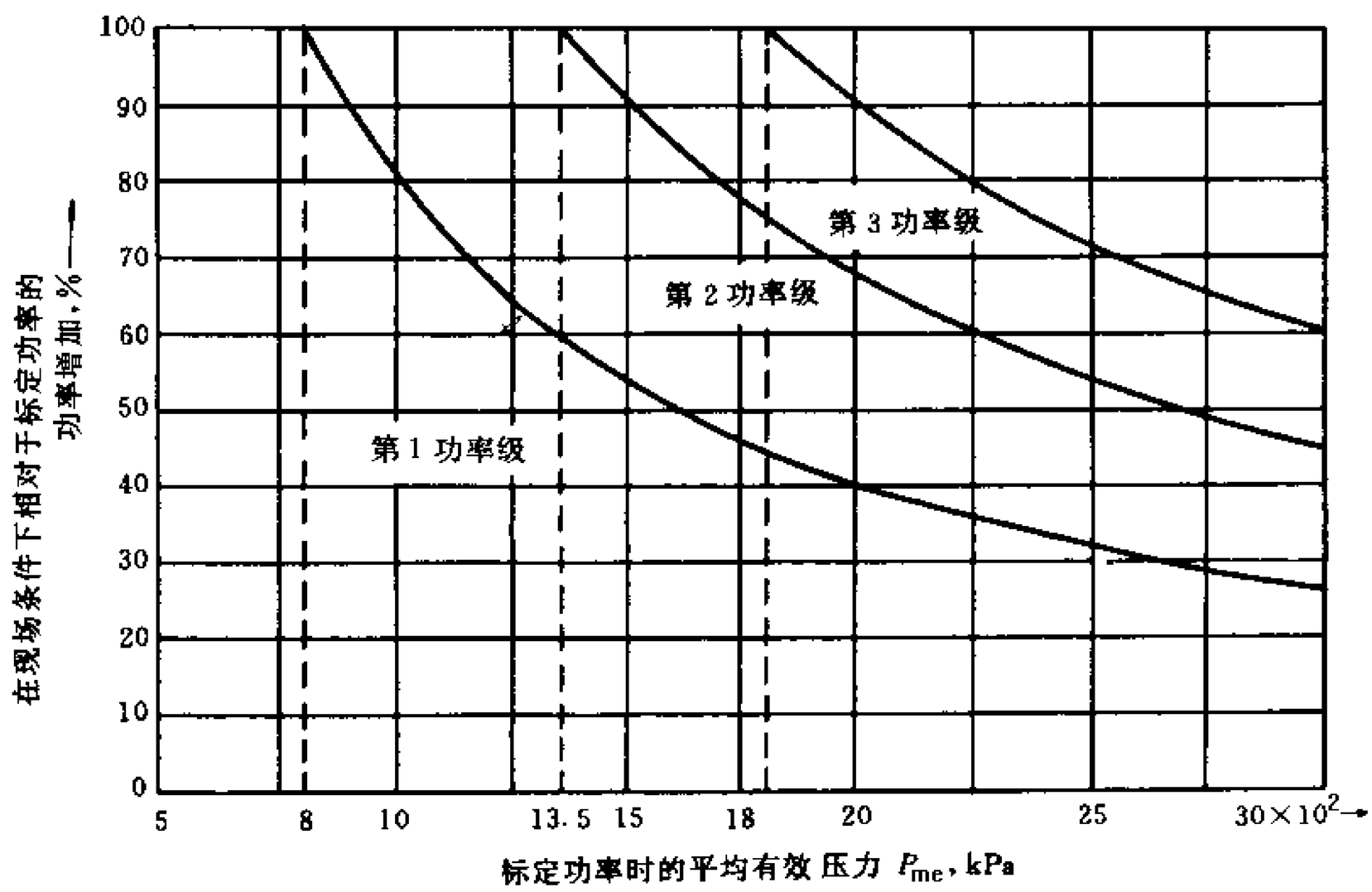
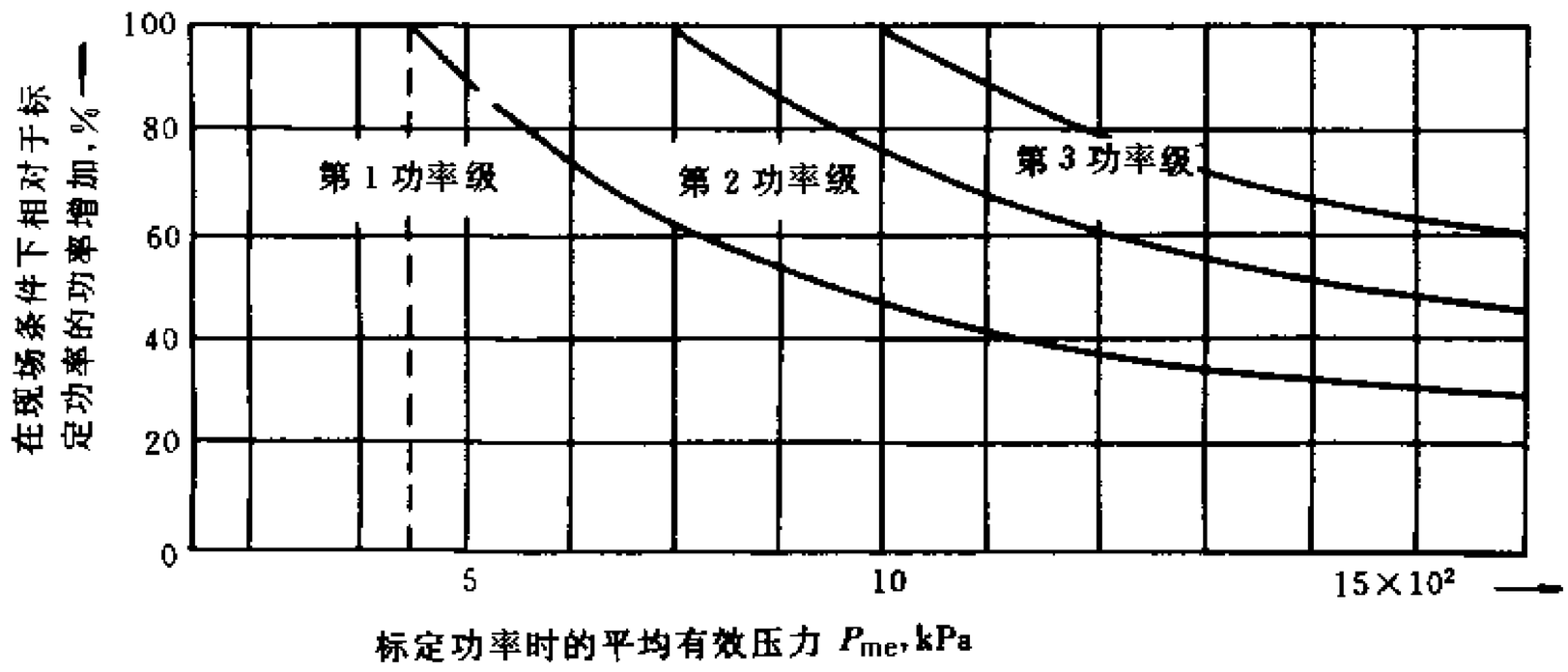


图 6　随标定功率时的制动平均有效压力 P_{me} 而变的最大可能突加功率的指导值(4 冲程发动机)

采用说明：

1) ISO 8528.5 规定负载增加时的初始电压为 U_r。



注：这些曲线仅是供作典型实例的。对于进行决定的场合，应考虑所用发动机的实际功率接受工况。

图 7　随标定功率时的制动平均有效压力 P_{me} 而变的最大可能突加功率的指导值(2 冲程高速发动机)

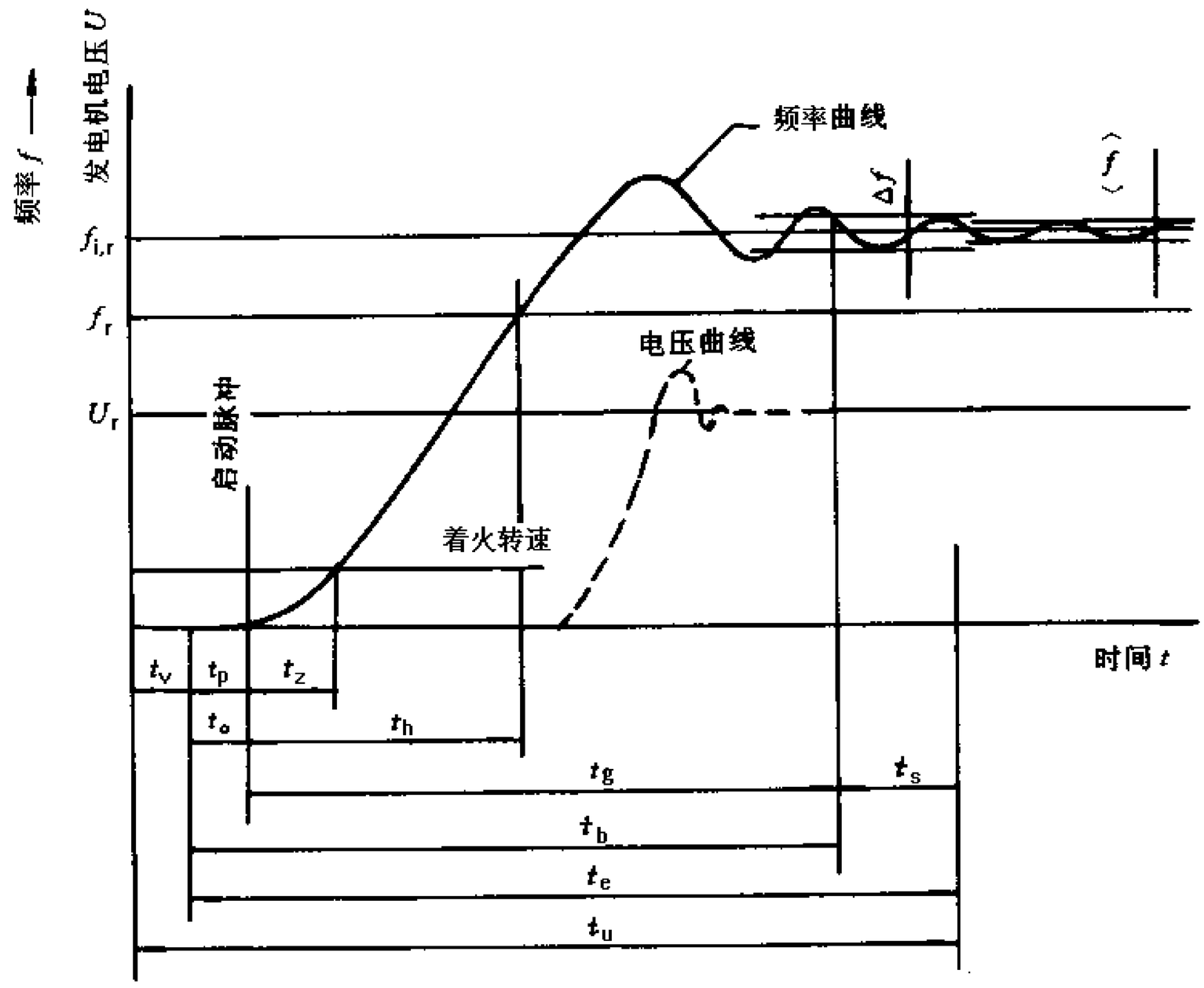


图 8　启动特性

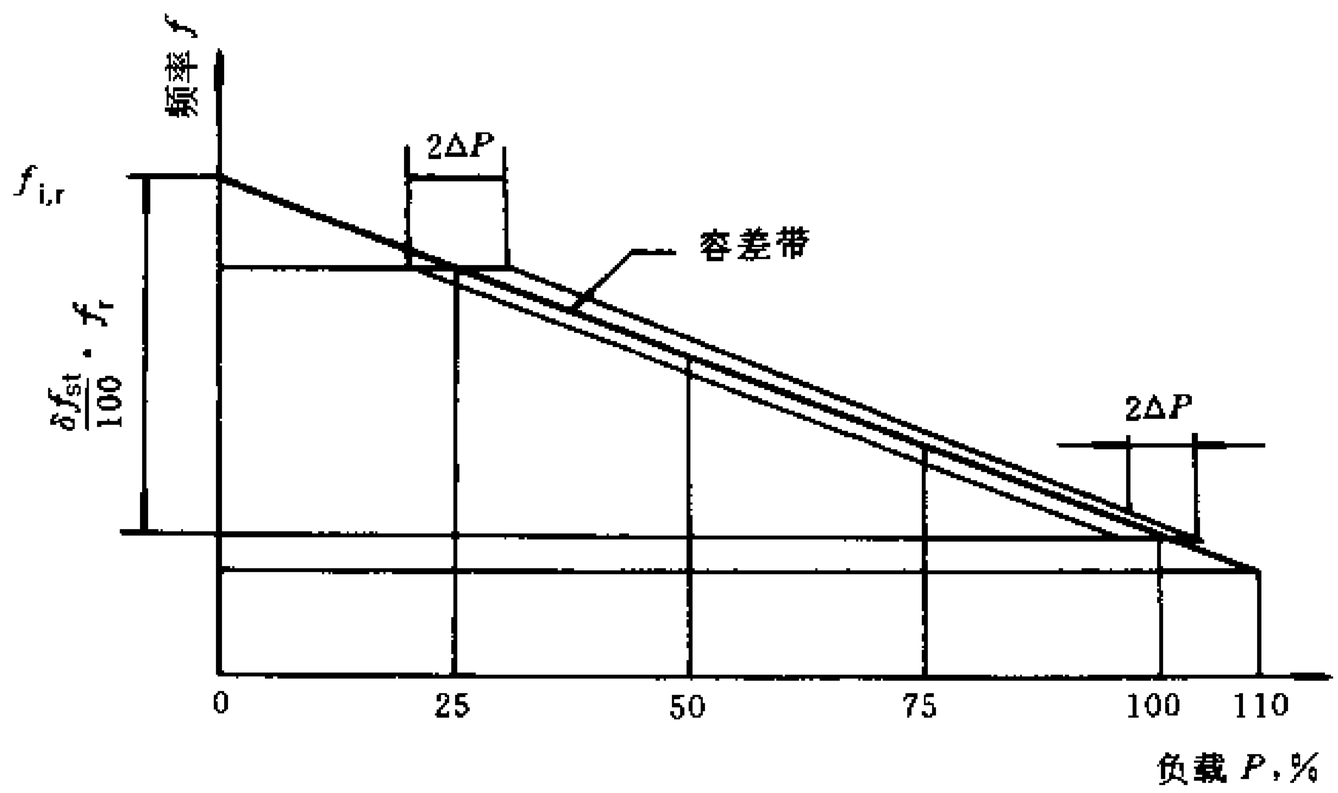


图 9　并联运行中的功率分配

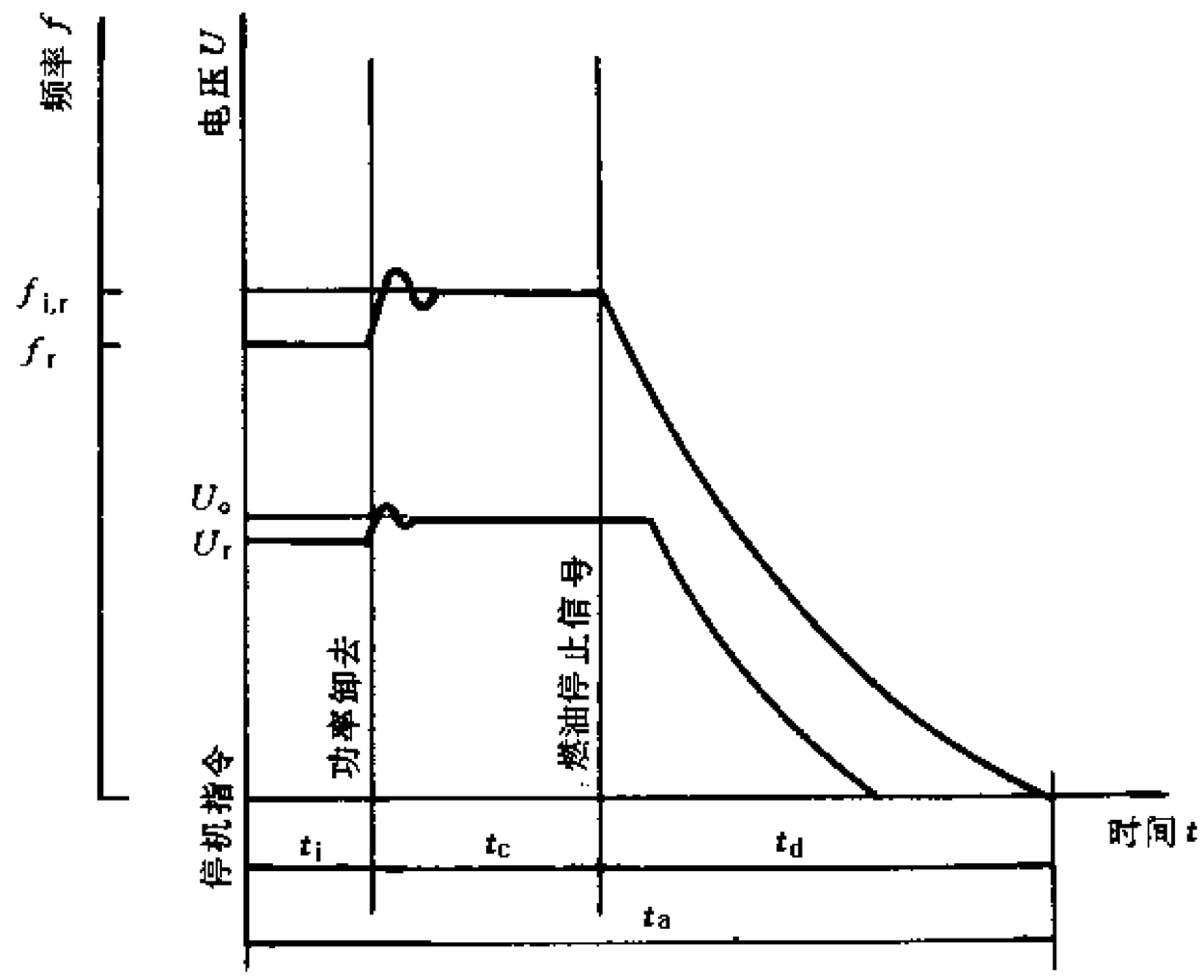


图 10　停机特性

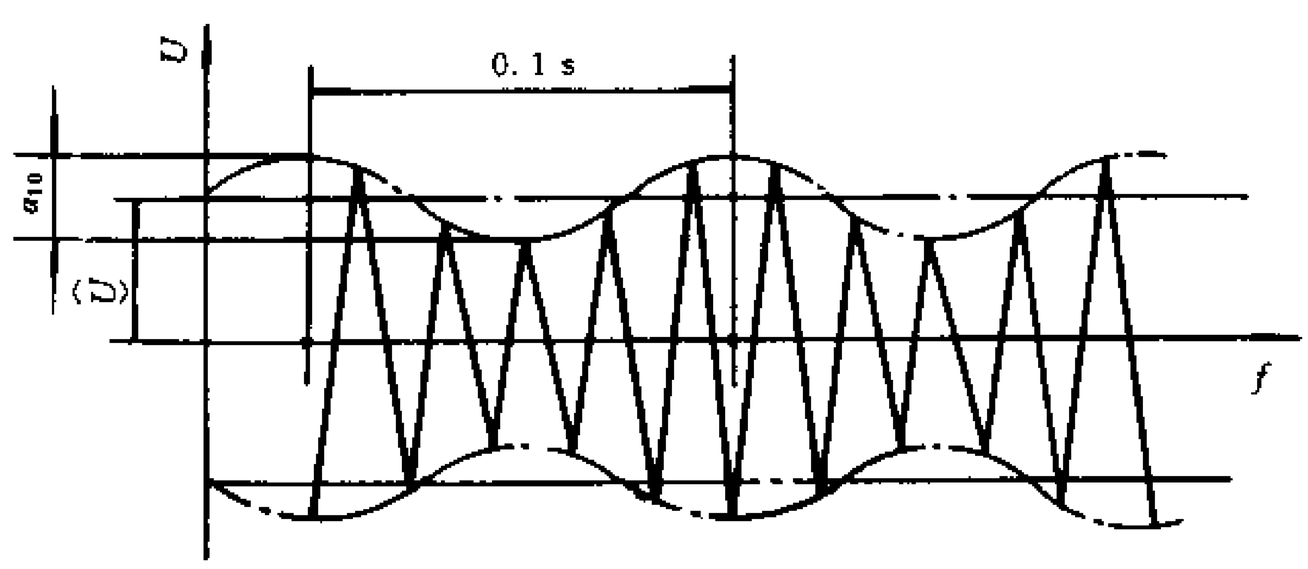


图 11　幅值 a_{10}和 10 Hz 正规频率的正弦电压调制(见 16.16)

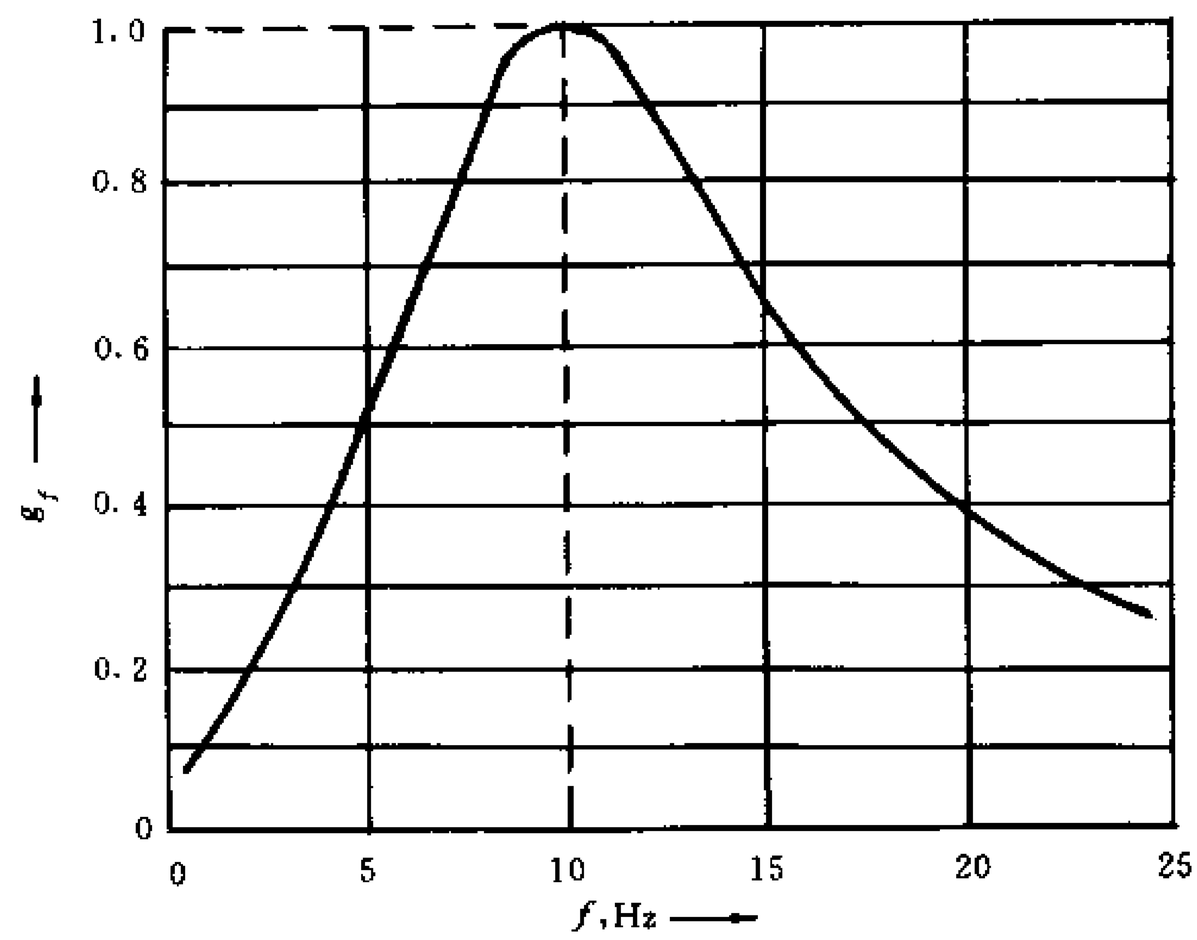


图 12　因亮度变化引起的等效辨别力曲线 $g_f=\frac{\alpha_{10}}{\alpha_f}$

发电机组

制造厂		—
编号		—
制造年份		—
额定功率		kW
额定功率因数		—
装备的最高现场海拔		m
最高环境温度		℃
额定频率		Hz
额定电压		V
额定电流		A
质量		kg
性能等级		—

□用于表示功率输出种类词头的空格(见 GB/T 2820.1)；

COP:持续功率；PRP：基本功率；LTP:限时运行功率

图 13　用于一台 RIC 发动机驱动的发电机组的一块定额牌的实例