

ICS 29.240.20
F 21
备案号: 16993-2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 989 — 2005

直流输电系统可靠性评价规程

Reliability evaluation code for DC power transmission system

2005-11-28发布

2006-06-01实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 术语和定义..... 1

3 评价指标与计算公式..... 3

4 填表要求..... 5

附录 A（资料性附录） 直流输电系统可靠性统计状态中英文对照 10

附录 B（资料性附录） 直流输电系统可靠性容量术语中英文对照 11

附录 C（资料性附录） 直流输电系统可靠性统计时间术语中英文对照 12

附录 D（资料性附录） 直流输电系统可靠性指标中英文对照 13

前 言

本标准是根据国家发展改革委办公厅《关于下达 2004 年行业标准补充计划的通知》（发改办工业〔2004〕1951 号文）的安排制定的。直流输电系统可靠性评价是电力可靠性管理的一项重要内容。本标准是在《直流输电系统可靠性统计评价办法（暂行）》的基础上，经过几年的应用、修改、完善修编而成的。本标准实施之日起，代替原国家电力公司《直流输电系统可靠性统计评价办法（暂行）》（国电可〔2000〕03 号）。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业可靠性管理标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准起草单位：中国电力企业联合会电力可靠性管理中心、南方电网有限责任公司超高压输电公司。

本标准主要起草人：胡小正、贾立雄、丁钊、韩伟强、杨泽明、饶宏、林志波、王先开、肖遥、王鹏。

直流输电系统可靠性评价规程

1 范围

本标准规定了直流输电系统可靠性的统计办法和评价指标。

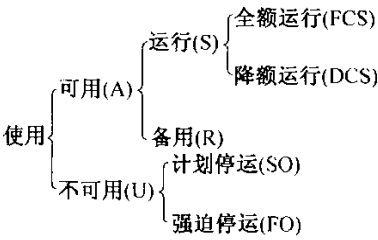
本标准适用于我国境内的所有输电企业对直流输电系统可靠性进行统计、计算、分析和评价。统计的范围从送端变电站的换流变压器，到受端变电站的换流变压器和线路，包括送、受端换流变压器交流侧的交流滤波器、电容补偿器，以及相关的控制和保护设备（不包括交流母线）。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

2.1 状态分类术语

直流输电系统自投运之日起，作为可靠性的统计对象，即进入使用状态。使用状态可分为可用状态和不可用状态。状态划分如图 1（英文缩写参见附录 A）所示。



注：统计对象包括直流输电系统和统计极。

图 1 直流输电系统使用状态划分图

2.1.1

可用 available (A)

统计对象处于可以输送电能的状态称为可用。可用又分为运行和备用。

2.1.1.1

运行 in service (S)

统计对象与电网相连接，并处于工作状态称为运行。运行又分为全额运行和降额运行。

2.1.1.1.1

全额运行 full capacity in service (FCS)

统计对象处于能按额定容量输送电能的状态。

2.1.1.1.2

降额运行 service in derated capacity (SDC)

由于统计范围内设备的异常或缺陷导致统计对象不能运行在额定容量的状态。

2.1.1.2

备用 reserve shutdown (R)

统计对象可用，但没有投入运行的状态。

2.1.2

不可用 unavaliable (U)

由于统计范围内设备的异常或缺陷导致统计对象不能输送能量的状态。不可用可分为计划停运和强迫停运。

如果是外部交流系统的故障或调度需要导致直流系统的停运，在计算系统的可靠性指标时，不计算在内，此时直流输电系统为备用状态。

对于系统而言，不可用指的是两个极都处于不可用的状态；对于统计极而言，不可用指的是该极处于不可用的状态。

2.1.2.1

计划停运 scheduled outage (SO)

事先有计划安排且向调度申请并由调度许可的停运。

如果计划停运超出了事先计划的时间，超出原计划停运时间的那部分应计作强迫停运时间。

注：事先安排好的计划停运主要是出于检修、试验和维修的需要。可以推迟到低谷负荷期间，对能量传输没有影响的停运也可以归类为计划停运。

2.1.2.2

强迫停运 forced outage (FO)

统计对象处于不可用而又不是计划停运的状态。

强迫停运是由于不期望的设备问题引起的，如系统故障跳闸、设备紧急缺陷等必须立即停止运行、进行处理等情况造成的停运。

在某些情况下，在强迫停运期间，可以做一些下一次计划停运期间的检修工作。

2.1.2.3

双极停运 bipolar total outage (BP)

系统两个极在同一时间由同一原因引起的停运。双极停运可分为双极计划停运、双极强迫停运。

2.2 容量术语

2.2.1

额定输送容量 rated transmission capacity (P_m)

统计对象的设计输送容量。

2.2.2

停运容量 outage capacity (P_o)

在降额运行状态下，统计对象无法输送的那一部分容量。

2.2.3

总输送电量 total transmission energy (TIE)

在统计期间，统计对象交换电量的总和。通常以送端的电量作为统计量。

2.2.4

降额系数 outage derating factor (ODF)

在降额运行状态下，统计对象按该次的降额容量折算到统计对象额定容量的等效系数。

$$ODF = \frac{P_{oi}}{P_m}, i=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中：

i ——统计对象第 i 次处于降额停运的运行状态；

P_{oi} ——统计对象第 i 次处于降额停运状态下的停运容量，MW；

P_m ——统计对象的额定输送容量，MW。

2.3 时间术语

2.3.1

统计期间小时数 period hours (PH)

统计对象处于使用状态下, 根据需要选取统计期间的小时数。

2.3.2

可用小时数 available hours (AH)

在统计期间, 统计对象处于可用状态下的小时数。可用小时数又分为运行小时数和备用小时数。

2.3.2.1

运行小时数 service hours (SH)

在统计期间, 统计对象处于运行状态下的小时数 (含降额运行小时数)。

2.3.2.2

降额运行小时数 service hours for derated capacity (SHDC)

在统计期间, 统计对象实际处于降额运行状态下的小时数。

2.3.2.3

备用小时数 stand by hours (SBH)

在统计期间, 统计对象处于备用状态下的小时数。

2.3.3

不可用小时数 unavailable hours (UH)

在统计期间, 统计对象处于不可用状态下的小时数。不可用小时数可根据不可用的原因分为强迫停运小时数 (FOH) 和计划停运小时数 (SOH)。

2.3.3.1

计划停运小时数 scheduled outage hours (SOH)

在统计期间, 统计对象处于计划停运状态下的小时数。

2.3.3.2

强迫停运小时数 forced outage hours (FOH)

在统计期间, 统计对象处于强迫停运状态下的小时数。

2.3.4

等效停运小时数 equivalent outage hours (EOH)

实际的降额运行时间按该次的停运容量折算到统计对象额定容量的等效停运时间。

$$EOH = \sum \frac{P_{oi}}{P_m} \times DCSH_i, i=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

式中:

i ——统计对象第 i 次处于降额停运的运行状态;

P_{oi} ——统计对象第 i 次处于降额停运状态下的停运容量, MW;

P_m ——统计对象的额定输送容量, MW;

$DCSH_i$ ——统计对象第 i 次处于降额停运状态下的降额运行小时数, h。

3 评价指标与计算公式

3.1

能量可用率 energy availability (EA)

在统计期间, 直流输电系统能够输送能量的能力。

$$EA = \frac{AH - EOH}{PH} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

AH ——可用小时数, h ;

EOH ——降额运行等效停运小时数, h ;

PH ——统计期间小时数, h 。

3.2

能量不可用率 energy unavailability (EU)

在统计期间, 由于计划停运、强迫停运或降额运行造成的统计对象输电能力的降低。

$$EU = 1 - EA = \frac{UH + EOH}{PH} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

UH ——不可用小时数, h ;

EOH ——降额运行等效停运小时数, h ;

PH ——统计期间小时数, h 。

能量不可用率又可以根据停运的不同类型分为强迫能量不可用率 (FEU) 和计划能量不可用率 (SEU), 它们的计算公式分别如下:

$$\begin{aligned} FEU &= \frac{FOH + EOH}{PH} \times 100\% \\ SEU &= \frac{SOH}{PH} \times 100\% \end{aligned} \quad (5)$$

式中:

FOH ——强迫停运小时数, h ;

SOH ——计划停运小时数, h 。

3.3

能量利用率 energy utilization (U)

在统计期间, 统计对象实际输送能量与额定输送能量的百分比。

$$U = \frac{TTE}{P_m \times PH} \times 100\% \quad (6)$$

式中:

TTE ——总输送电量, MWh 。

3.4

单极计划停运次数 monopole scheduled outage times (MSOT)

在统计期间, 直流系统发生单极计划停运的次数。

3.5

双极计划停运次数 bipole scheduled outage times (BSOT)

在统计期间, 直流系统发生双极计划停运的次数。

3.6

单极强迫停运次数 monopole forced outage times (MFOT)

在统计期间, 直流系统发生单极强迫停运的次数。

3.7

双极强迫停运次数 bipole forced outage times (BFOT)

在统计期间, 直流系统发生双极强迫停运的次数。

3.8

系统运行率 service rate of system (SR)

在统计期间, 直流输电系统处于运行状态的概率。

$$SR = \frac{SH}{PH} \times 100\% \quad (7)$$

式中:

SH ——运行小时数, h;

PH——统计期间小时数, h。

3.9

系统双极运行率 bipole service rate of system (BSR)

在统计期间，双极同时运行的概率。

$$BSP = \frac{DSH}{PH} \times 100\% \quad (8)$$

式中:

DSH——双极同时运行小时数, h;

PH ——统计期间小时数, h。

4 填表要求

4.1 直流输电系统基本情况表 (见表 1)

表 1 直流输电系统基本情况表

填報日期： 年 月 日

填报单位: _____

系统名称	投运日期 年 月 日	额定电压 kV	额定输送容量 MW	线路长度 km

主管:

审核:

制表:

4.2 直流输电系统基础事件表 (见表 2)

表2 直流输电系统基础事件表

统计期限：____年__月__日至____年__月__日

填报单位: _____

系统名称: _____

填报日期: ____年__月__日

[illegible]

主管:

审核:

制表:

4.3.1 事件序号

应按事件发生时间的先后顺序填写“1, 2, 3, ……”。

4.3.2 发生极

应填入继电保护首先动作的极。

4.3.3 事件发生的起始时间

应填入继电保护第一次动作的时间。

4.3.4 事件发生的终止时间

继电保护动作后，如重合成功不应填写。如重启动不成功，应填入人工解锁的时间。

4.3.5 极电压

应填入继电保护动作时整流器（逆变器）直流侧的稳态运行电压。正极填正数，负极填负数。

4.3.6 再启动极电压

应填入极再启动的电压。正极填正数，负极填负数。

4.3.7 再启动次数

应填入继电保护一次动作过程中，极再启动的次数。

4.3.8 故障距离

应填入继电保护测量到的故障点与本站的距离。

4.3.9 备注

应简要描述引起保护动作的情况，如故障所在的塔号等。

4.4 统计对象事件原因分类表（见表 4）

表 4 统计对象事件原因分类表

统计期限：____年__月__日至____年__月__日

填报单位：_____

统计极的名称：_____

填报日期：____年__月__日

事 件 原 因			降 额 运 行			强 迫 停 运		计 划 停 运		总 计	
			次数 次	实际停运 小时数 DCSH h	等效停运 小时数 EOH h	次数 次	实际停 运小时 FOH h	次数 次	实际停 运小时 SOH h	次数 次	总等效停 运小时数 EOH h
换 流 站 的 设 备	交 流 及 其 辅 助 设 备 子 系 统	交流滤波器和并 联电容器									
		交流控制和保护									
		换流变压器									
		同步补偿器									
		辅助设备和辅助 电源									
		交流开关场设备									
	阀 设 备	阀									
		阀基设备									
		阀冷却系统									
		检测系统									
	控 制 及 其 保 护 设 备	控制和保护系统									
		通信系统									

表 4（续）

事 件 原 因			降 额 运 行			强 迫 停 运		计 划 停 运		总 计	
			次数 次	实际停运 小时数 DCSH h	等效停运 小时数 EOH h	次数 次	实际停 运小时 FOH h	次数 次	实际停 运小时 SOH h	次数 次	总等效停 运小时数 EOH h
换 流 站 的 设 备	直 流 一 次 设 备	直流滤波器									
		直流平波电抗器									
		直流开关设备									
		直流通地极									
		直流通地线									
		其他一次设备									
	其他换流站设备										
	小计										
综合检修											
直流输电线路											
外部交流系统											
其他原因（调度令）											

主管：

审核：

制表：

4.5 统计极可靠性指标统计表（见表 5）

表 5 统计极可靠性指标统计表

统计期限：__年__月__日至__年__月__日

系统名称：_____

统计极的名称：_____

填报单位：_____

填报日期：__年__月__日

能量 传输	潮流方向		交换电量 MWh	总的交换电量 MWh
	从	站到站		
	从	站到站		
统计 极的 可靠 性基 本指 标	编号	指标名称（单位）	指标值	
	1	能量可用率 EA （%）		
	2	能量不可用率 EU （%）		
	3	强迫能量不可用率 FEU （%）		
	4	计划能量不可用率 SEU （%）		
	5	能量利用率 U （%）		
	6	单极计划停运次数 $MSOT$ （次）		
	7	单极计划停运时间（h）		
	8	单极强迫停运次数 $MFOT$ （次）		
	9	单极强迫停运时间（h）		
	10	降额运行次数 $MDOT$ （次）		
	11	降额等效停运时间（h）		

主管：

审核：

制表：

4.5.1 能量传输

应填入本站作为整流站和逆变站的变换电量。电量数据在时间上应连续，不应出现时间间断。

4.6 直流输电系统可靠性指标统计表（见表 6）

表 6 直流输电系统可靠性指标统计表

统计期限：__年__月__日至__年__月__日

填报单位：_____

系统名称：_____

填报日期：__年__月__日

能量传输	潮流方向		传输的电量 MWh	总的传输电量 <i>TTE</i> MWh
	从	站到	站	
	从	站到	站	
系统的可靠性基本指标	编号	指标名称（单位）		指标值
	1	能量可用率 <i>EA</i> （%）		
	2	能量不可用率 <i>EU</i> （%）		
	3	强迫能量不可用率 <i>FEU</i> （%）		
	4	计划能量不可用率 <i>SEU</i> （%）		
	5	能量利用率 <i>U</i> （%）		
	6	单极计划停运次数 <i>MSOT</i> （次）		
	7	单极计划停运时间（h）		
	8	单极强迫停运次数 <i>MFOT</i> （次）		
	9	单极强迫停运时间（h）		
	10	降额运行次数 <i>MDOT</i> （次）		
	11	降额等效停运时间（h）		
	12	双极计划停运次数 <i>BSOT</i> （次）		
	13	双极计划停运时间（h）		
	14	双极强迫停运次数 <i>BFOT</i> （次）		
	15	双极强迫停运时间（h）		
	16	系统运行率 <i>SR</i> （%）		
	17	系统双极运行率 <i>BSR</i> （%）		

主管：_____

审核：_____

制表：_____

4.6.1 能量传输

应按系统输送潮流的方向填写，交换电量以送端换流站测量到的电量为准。总的交换电量为两个极交换电量的和。

4.7 填报时间

应在每月 5 日前填报前一月的直流输电基础事件表（见表 2）、直流输电系统可靠性指标统计表（见表 6）。

附 录 A
(资料性附录)
直流输电系统可靠性统计状态中英文对照

中 文	英文全称	英文缩写
使用	active	ACT
可用	available	A
运行	in service	S
备用	reserve shutdown	R
不可用	unavailable	U
全额运行	full capacity in service	FCS
降额运行	derated capacity in service	DCS
计划停运	scheduled outage	SO
强迫停运	forced outage	FO

附 录 B
(资料性附录)

直流输电系统可靠性容量术语中英文对照

中 文	英文全称	英文缩写
额定输送容量	maximum continuous capacity	P_m
停运容量	outage capacity	P_0
总输送电量	total transmission energy	TTE
降额系数	outage derating factor	ODF

附 录 C
(资料性附录)
直流输电系统可靠性统计时间术语中英文对照

中 文	英文全称	英文缩写
统计期间小时数	period hours	<i>PH</i>
可用小时数	available hours	<i>AH</i>
运行小时数	service hours	<i>SH</i>
备用小时数	reserve hours	<i>RH</i>
不可用小时数	unavailable hours	<i>UH</i>
等效停运小时数	equivalent outage hours	<i>EOH</i>
降额运行小时数	derated capacity in service hours	<i>DCSH</i>
计划停运小时数	scheduled outage hours	<i>SOH</i>
强迫停运小时数	forced outage hours	<i>FOH</i>

附 录 D
(资料性附录)
直流输电系统可靠性指标中英文对照

指标名称	英文全称	英文缩写
能量可用率	energy availability	<i>EA</i>
能量不可用率	energy unavailability	<i>EU</i>
能量利用率	energy utilization	<i>U</i>
单极计划停运次数	monopole scheduled outage times	<i>MSOT</i>
双极计划停运次数	bipole scheduled outage times	<i>BSOT</i>
单极强迫停运次数	monopole forced outage times	<i>MFOT</i>
双极强迫停运次数	bipole forced outage times	<i>BFOT</i>
系统运行率	service rate of system	<i>SR</i>
系统双极运行率	bipole service rate of system	<i>BSR</i>