

# Energy Consumption Test and Energy Saving Technology Evaluation of Several Common Electric Power Fittings in Transmission and Distribution Network

Yongbin Zhang, Bin Wu, Xin Li

Shanghai Zhuorun Asset Management Co., Ltd., Shanghai  
Email: yongbinzhang2009@163.com

Received: May 12<sup>th</sup>, 2018; accepted: May 30<sup>th</sup>, 2018; published: Jun. 7<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Several common transmission and distribution grid suspension clamp, strain clamp are tested in accordance with the standard-DL/T 1288-2013 "Energy Consumption of Electric Power Fittings and Evaluation of Energy Saving Technology Requirements". According to the energy consumption test results and energy saving technology criterion, XGU-4, XGU-5B suspension clamp and NLD-4 strain clamp are identified as non-energy saving fittings and, XGF-4, CGL-5X suspension clamp are identified as energy-saving fittings. The test results indicate that energy-saving fittings consume much less energy than the non-energy saving fittings, and energy saving effect is obvious.

## Keywords

Suspension Clamp, Strain Clamp, Energy Consumption Test, Evaluation of Energy-Saving Technology

---

# 输配电网几种常用金具的能耗测试与节能技术评价

张雍斌, 吴斌, 李鑫

上海卓润资产管理有限公司, 上海  
Email: yongbinzhang2009@163.com

收稿日期: 2018年5月12日; 录用日期: 2018年5月30日; 发布日期: 2018年6月7日

## 摘要

对输配电网几种常用悬垂线夹、耐张线夹按照DL/T 1288-2013《电力金具能耗测试与节能技术评价要求》标准要求进行了能耗测试,依据能耗测试结果和节能技术评价准则确认XGU-4、XGU-5B悬垂线夹和NLD-4耐张线夹为非节能型金具,CGL-4和XGF-5X悬垂线夹为节能型金具,并且,节能型金具比非节能型金具的能耗值小很多,节能效果明显。

## 关键词

悬垂线夹,耐张线夹,能耗测试,节能技术评价

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着我国经济的高速发展,能源消耗大幅提高,然而我国是人均资源短缺的国家,能源短缺严重制约国民经济持续、健康、快速发展和人们生活水平的提高,提高能源利用效率,减少能源浪费,是我国的一项基本国策。目前电力行业在输电线路节能方面做了很多研究,也取得了一定的成果,其中也开始了很少被关注的电力金具电能损耗的研究。电力金具作为输电线路中辅助电能输送的附件投入运行的数量巨大,总体电能损耗不可小视,淘汰高能耗金具,推广应用节能金具势在必行,为此,2014年国家能源局发布实施了电力行业标准DL/T 1288-2013《电力金具能耗测试与节能技术评价要求》,标准的颁布为电力金具的节能评价提供了参考依据,按照标准要求对输配电网几种常用金具进行了能耗测试与节能技术评价,筛选出节能型电力金具,为新建输电线路设计选型和老输电线路改造提供参考[1]。

## 2. 《电力金具能耗测试与节能技术评价要求》标准简要介绍

DL/T 1288-2013《电力金具能耗测试与节能技术评价要求》标准是根据《国家能源局关于下达2011年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技[2011]27号)的任务而编制,由中国电力企业联合会提出并归口。该标准依据金具能耗的不同机理将金具分为电气接续类和非电气接续类两大类,电气接续类是承受电气负荷的电力金具,主要包括并沟线夹、绝缘穿刺线夹、压缩型耐张线夹和接续管等[2];非电气接续类是不承受电气负荷的电力金具,主要包括悬垂线夹、螺栓型耐张线夹、防振锤和间隔棒等,标准尚未涵盖全部类别的电力金具。该标准规范了电力金具能耗测试的试验设备、试验方法及节能技术评价准则。标准的颁布为判定电力金具是否为节能型金具提供了参考依据。

## 3. 电力金具能耗原理简介

输配电线路在输送交变电流过程中,电力金具的耗能主要由金具本身的磁滞损耗和涡流损耗产生。我国电网从6~220 kV输配电线路绝大部分采用由特殊形状铸铁块和螺栓组合成的耐张线夹和悬垂线夹(包括防震锤),悬垂线夹、耐张线夹、防震锤安装使用时将导线包裹在中间,用这种材料制成的金具在导线中通过交变电流时形成一个闭合的磁回路,铁磁物质在交变磁场作用下反复磁化的过程中,其磁感应强度的变化总是滞后于磁场强度的变化,这就是所谓磁滞现象[3]。在反复磁化的过程中,由于磁畴的反复

转向, 铁磁物质内部的分子摩擦发热而造成能量损耗, 就是磁滞损耗。同时, 根据电磁感应定律, 这一交变磁场在金具内部也会产生感应电动势和感应电流, 即涡流, 由于钢铁材料电阻的存在, 必然产生有功功率损耗, 即涡流损耗。磁滞损耗和涡流损耗以内能的形式消耗, 散发热量, 造成电能损失。

#### 4. XGU-4、CGL-4、XGU-5B、XGF-5X 悬垂线夹和 NLD-4 耐张线夹能耗测试及节能技术评价

##### 4.1. XGU-4、CGL-4、XGU-5B、XGF-5X 悬垂线夹和 NLD-4 耐张线夹能耗测试步骤[4]

a、按照《电力金具能耗测试与节能技术评价要求》标准要求的试验设备、试验方法和试验步骤进行电能损耗测试。选取铁质悬垂线夹 XGU-4、XGU-5B、铝合金悬垂线夹 CGL-4、XGF-5X 和铁质耐张线夹 NLD-4 各 5 套作为电能损耗测试样品, XGU-4、CGL-4 悬垂线夹和 NLD-4 耐张线夹选取  $300\text{ mm}^2$  铜绞线作为参考导线, XGU-5B、XGF-5X 悬垂线夹选取  $400\text{ mm}^2$  铜绞线作为参考导线, 将  $300\text{ mm}^2$  及  $400\text{ mm}^2$  铜绞线两端压接相匹配的铜设备线夹并与大电流发生装置连接组成电流回路。测试布置图如图 1~图 5 所示。

b、将电流通过试验回路, 试验电流的取值见表 1, 当导线温度达到稳定状态时, 恒温 30 min。

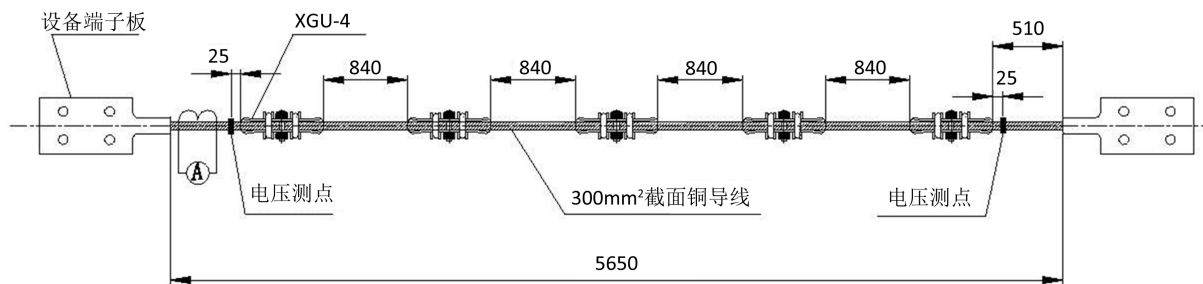


Figure 1. Layout for XGU-4 suspension clamp in power loss test

图 1. XGU-4 悬垂线夹电能损耗测试布置图

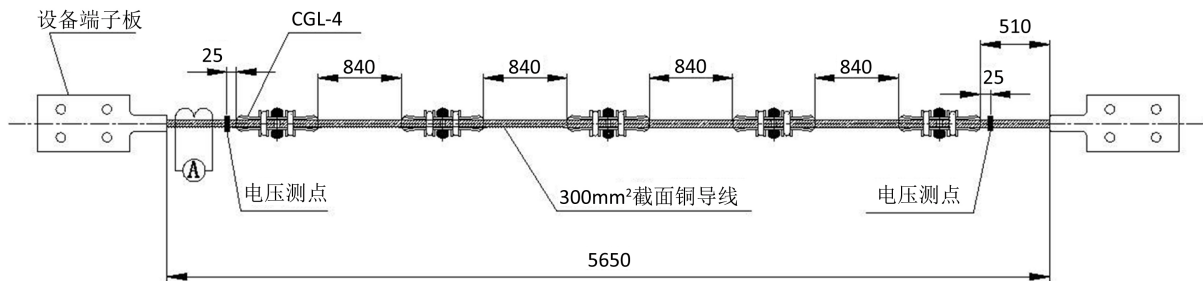


Figure 2. Layout for CGL-4 suspension clamp in power loss test

图 2. CGL-4 悬垂线夹电能损耗测试布置图

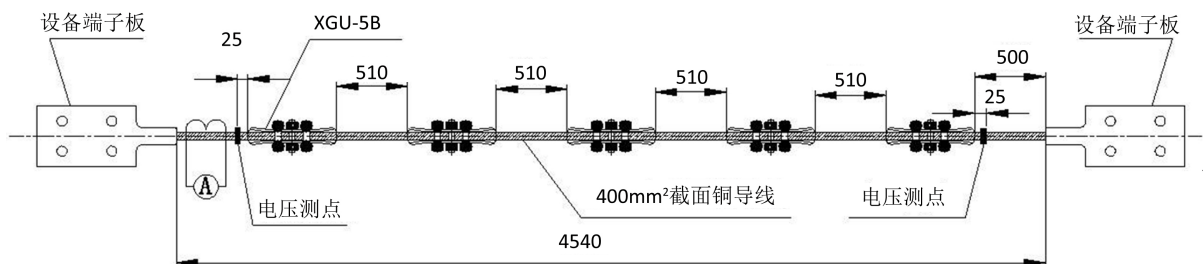


Figure 3. Layout for XGU-5B suspension clamp in power loss test

图 3. XGU-5B 悬垂线夹电能损耗测试布置图

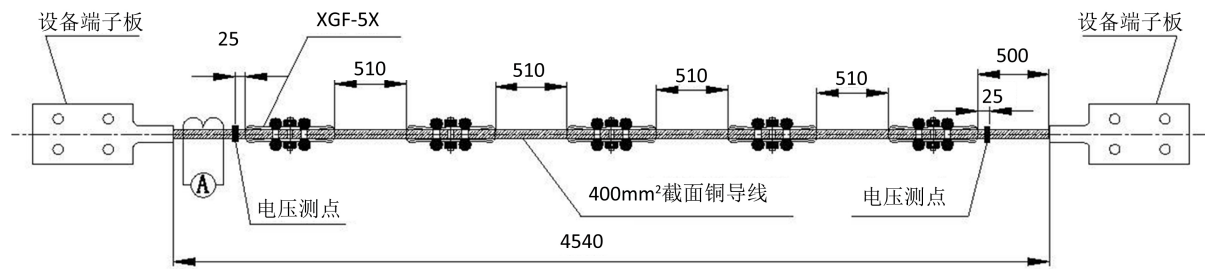


Figure 4. Layout for XGF-5X suspension clamp in power loss test

图 4. XGF-5X 悬垂线夹电能损耗测试布置图

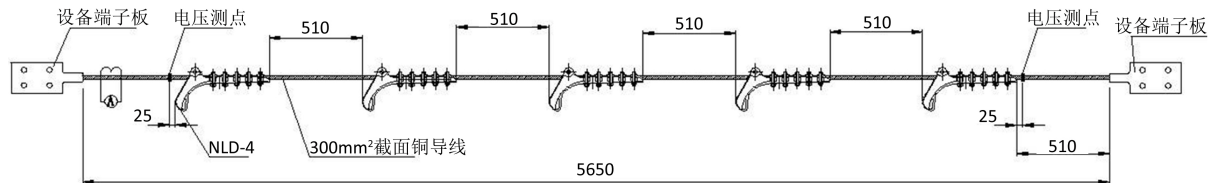


Figure 5. Layout for NLD-4 strain clamp in power loss test

图 5. NLD-4 耐张线夹电能损耗测试布置图

c、恒温 30 min 后，测量并记录参考导线试验电流，同时测量参考导线的能耗  $P_c$ ，记录试验数据，测量结果如表 1 所示。

d、断开电流，使导线温度降低至  $+5^\circ\text{C}$  (实验室温度) 以内；

e、重复 b 步骤~d 步骤，进行第二次循环和第三次循环。记录试验数据，测量结果如表 1 所示。

三次试验循环完毕，计算参考导线的能耗  $P_c$  ( $P_c$  为三次循环值的平均值) 如表 1 所示。

f、将试验样品按图 1 (2, 3, 4, 5) 要求安装在试验导线上，分别重复 b 步骤~d 步骤，循环三次。记录参考导线与试验样品的总能耗  $P_n$ ，采用式(1)计算单个金具能耗值  $P_f$ 。

$$P_f = \frac{P_n - P_c}{N} \quad (1)$$

式中：

$P_f$ ——单个试验样品的能耗，W；

$P_n$ ——参考导线与试验样品的总能耗，W；

$P_c$ ——参考导线能耗，W；

$N$ ——试验样品数量，5 套；

g、试验结果；

试验样品  $P_n$  值、 $P_c$  值测量结果和  $P_f$  计算结果如表 1 所示。

由表 1 悬垂线夹和耐张线夹能耗测试值及计算的一套能耗值可以看出：随导线测试电流的增大，悬垂线夹和耐张线夹能耗值非线性增加；同一导线测试电流相同时，铁质悬垂线夹的能耗损失比铝合金悬垂线夹能耗损失大很多。当电流达到 300 A 时，XGU-4 铁质悬垂线夹的能耗损失是 CGL-4 铝合金悬垂线夹的 22.9 倍，一套 CGL-4 铝合金悬垂线夹比 XGU-4 铁质悬垂线夹减少能耗约 27 W；当电流达到 400 A 时，XGU-5B 铁质悬垂线夹的能耗损失是 XGF-5X 铝合金悬垂线夹的 40.1 倍，一套 XGF-5X 铝合金悬垂线夹比 XGU-5B 铁质悬垂线夹减少能耗约 61 W，节能效果明显。

## 4.2. XGU-4、CGL-4、XGU-5B、XGF-5X 悬垂线夹和 NLD-4 耐张线夹节能技术评价[5]

根据《电力金具能耗测试与节能技术评价要求》标准要求，非电气接续类金具能耗试验电流 300 mm<sup>2</sup>

**Table 1.** Energy consumption data of sample product and calculation results table  
**表 1.** 试验样品能耗测试数值及计算结果数据表

测试电流		200A	300A	400A	500A	
300mm <sup>2</sup> 参考导线	P <sub>c</sub> (W)	第一次	12.2	26.8	47.0	74.0
		第二次	12.4	27.0	47.2	73.8
		第三次	12.0	26.8	47.4	73.6
		平均功率	12.2	26.87	47.2	73.8
XGU-4 悬垂线夹	P <sub>n</sub> (W)	第一次	74.8	167.0	290.0	449.2
		第二次	74.0	167.8	291.2	449.0
		第三次	75.2	168.6	289.4	450.0
		平均功率	74.67	167.8	290.2	449.4
	P <sub>t</sub> (W)	计算结果	12.49	28.19	48.6	75.12
CGL-4 悬垂线夹	P <sub>n</sub> (W)	第一次	14.2	33.6	57.6	89.4
		第二次	15.0	33.0	58.0	90.8
		第三次	14.0	32.4	56.8	90.0
		平均功率	14.4	33.0	57.47	90.07
	P <sub>t</sub> (W)	计算结果	0.44	1.23	2.05	3.25
NLD-4 耐张线夹	P <sub>n</sub> (W)	第一次	102.6	232.4	402.6	609.0
		第二次	103.2	231.6	402.0	608.4
		第三次	101.8	231.0	401.2	608.0
		平均功率	102.53	231.67	401.93	608.47
	P <sub>t</sub> (W)	计算结果	18.06	40.96	70.95	106.93
400mm <sup>2</sup> 参考导线	P <sub>c</sub> (W)	第一次	7.0	15.6	27.8	43.4
		第二次	6.6	16.0	28.0	43.0
		第三次	7.2	15.4	27.2	43.8
		平均功率	6.93	15.67	27.67	43.4
XGU-5B 悬垂线夹	P <sub>n</sub> (W)	第一次	85.6	193.4	340.8	523.8
		第二次	84.8	194.0	340.0	524.4
		第三次	85.2	194.6	341.6	524.8
		平均功率	85.2	194.0	340.8	524.33
	P <sub>t</sub> (W)	计算结果	15.65	35.67	62.63	96.17
XGF-5X 悬垂线夹	P <sub>n</sub> (W)	第一次	8.8	20.4	35.2	57.0
		第二次	8.4	20.8	35.8	57.6
		第三次	9.2	20.4	35.4	56.8
		平均功率	8.8	20.53	35.47	57.13
	P <sub>t</sub> (W)	计算结果	0.37	0.97	1.56	2.75

**Table 2.** Energy consumption data of sample product and the calculation results by formula (2)  
**表 2.** 试验样品能耗数值及按式(2)计算结果

试验样品名称	测试电流[1] (A)	$P_f$ (W)	$B$ [1]	$\beta = \frac{P_c}{L_c}$ (W)	比较结果	节能技术评价结果
XGU-4 悬垂线夹	300	28.19	0.23	1.32	$28.19 > 1.32$	非节能型金具
CGL-4 悬垂线夹		1.23	0.23	1.32	$1.23 < 1.32$	节能型金具
NLD-4 耐张线夹	400	40.96	0.42	2.41	$40.96 > 2.41$	非节能型金具
XGU-5B 悬垂线夹		62.63	0.3	2.31	$62.63 > 2.31$	非节能型金具
XGF-5X 悬垂线夹		1.56	0.3	2.31	$1.56 < 2.31$	节能型金具

铜绞线取值为 300 A, 400 mm<sup>2</sup> 铜绞线取值为 400 A, 当试验样品能耗数值满足式(2)要求时, 则该金具为节能金具, 以上 XGU-4、CGL-4、XGU-5B、XGF-5X 悬垂线夹和 NLD-4 耐张线夹按式(2)计算结果及节能技术评价结果如表 2 所示:

$$P_f \leq \beta \frac{P_c}{L_c} \quad (2)$$

式中:

$P_f$ ——单个试验样品的能耗, W;

$P_c$ ——参考导线能耗, W;

$L_c$ ——参考导线两电压测点间的长度, 300 mm<sup>2</sup> 铜绞线 4.68 m; 400 mm<sup>2</sup> 铜绞线 3.59 m;

$\beta$ ——非电气接续类金具节能评价系数。

## 5. 结束语

按照《电力金具能耗测试与节能技术评价要求》标准要求, 对输配电网常用 XGU-4、CGL-4、XGU-5B、XGF-5X 悬垂线夹和 NLD-4 耐张线夹 5 种非电气接续类金具进行了能耗测试, 依据能耗测试结果和节能技术评价准则确认 XGU-4、XGU-5B 悬垂线夹和 NLD-4 耐张线夹为非节能型金具, CGL-4 和 XGF-5X 悬垂线夹为节能型金具。

XGU-4、CGL-4、XGU-5B、XGF-5X 悬垂线夹能耗测试结果显示, 在参考导线和测试电流相同时, 节能型金具比非节能型金具的能耗值小很多, 节能效果明显。电力金具作为输电线路中辅助电能输送的附件投入运行的数量巨大, 据不完全统计, 我国输配电网中若广泛采用节能型电力金具, 每年可节电 10 亿 kW·h 以上, 节能效果显著, 并可大量减少因燃烧煤或油产生的废气对大气的污染, 可大量减少因钢铁类金具热镀锌产生的废液对环境的污染。因此, 我国输配电网中广泛采用节能型电力金具具有巨大的经济效益、社会效益和环境效益。

## 参考文献

- [1] 能源部东北电力设计院. 电力工程高压送电线路设计手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [2] GB/T 2314-2008 电力金具通用技术条件[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [3] DL/T 756-2009 悬垂线夹[S]. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- [4] 程应镗. 送电线路金具的设计, 安装, 试验和应用[M]. 北京: 水利电力出版社, 1989.
- [5] DL/T 1288-2013 电力金具能耗测试与节能技术评价要求[S]. 北京: 中国电力出版社, 2013.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2325-1565，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[tdet@hanspub.org](mailto:tdet@hanspub.org)