

## 基于 PSD-SCCP 与 PSASP 的短路电流计算研究

张 曼<sup>1</sup>, 施 超<sup>1</sup>, 许文超<sup>1</sup>, 孙文涛<sup>2</sup>

(1. 中国能源建设集团江苏省电力设计院有限公司, 江苏 南京 211102;

2. 国网江苏省电力公司经济技术研究院, 江苏 南京 210008)

**摘要:** PSD-SCCP 与 PSASP 是目前国内常用的 2 种短路电流计算软件, 采用不同的计算条件及计算方法, 计算结果将大不相同, 已影响电网的决策。结合现行常用的 3 种短路电流计算标准, 分析了不同标准对短路电流计算影响因素的处理差异, 结合等效电路研究了线路和变压器电阻、线路电容、无功补偿、静态负荷对短路电流计算结果的影响。以“十三·五”期间某年江苏电网规划数据为基础, 基于 PSD-SCCP 与 PSASP 2 种软件采用了 6 种不同的短路电流计算方法进行计算, 并对计算结果进行比较与分析, 提出了推荐意见, 以期为电网规划和工程前期设计中短路电流计算提供合理的参考和思路。

**关键词:** PSD-SCCP; PSASP; 短路电流; 计算方法

**中图分类号:** TM713

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2096-3203(2017)02-0088-06

### 0 引言

随着电力需求的日益增长, 电网规模不断扩大, 电网结构逐渐加强, “十二·五”以来交直流特高压工程的建设使得全国范围内电网的互联越来越紧密, 电网短路电流水平超标问题日益严重, 成为影响电网安全稳定运行最突出的问题之一<sup>[1-4]</sup>。对于江苏电网而言, 1000 kV 淮南-南京-上海特高压交流输变电工程、±800 kV 晋北-南京特高压直流工程、±800 kV 锡盟-泰州特高压直流工程等已进入加速建设阶段, 特高压交直流系统的接入加强了江苏电网与外界电网的电气联系, 省内 500 kV 及 220 kV 变电站的短路电流水平也发生着变化<sup>[5-7]</sup>。

在电力系统规划和设计阶段, 必需进行短路电流计算。而目前短路电流计算尚无统一的标准, 各规划设计部门采用的计算数据、计算软件、计算方法、计算模型及方式等不尽相同, 计算结果及短路电流超标判断存在着差异, 从而影响电网的决策。计算结果偏大, 可能会造成投资浪费, 而计算结果偏小, 则会给电力系统安全稳定运行留下隐患。文献[8]介绍了国内外常用的短路电流计算标准以及方法, 文献[9]介绍了不同的元件模型对短路电流计算结果的影响, 文献[10, 11]研究了负荷模型对短路电流计算结果的影响。

目前国内电力行业计算三相短路电流最常用的软件是 PSD-SCCP 及 PSASP, 2 种软件均提供了多种计算方法, 计算结果也有差异。如文献[12]、[13]分别基于四川、河南电网研究了 PSD-SCCP 软

件与 PSASP 软件计算短路电流的方法, 文献[14]比较了 PSD-SCCP 与 PSASP 2 种软件短路电流计算结果的差异, 文献[15]比较研究了 PSASP 软件与 IEC 60906 标准的短路计算差异。

而现有文献对短路电流影响因素的理论分析不够充分, 且相关标准引用和计算工具的运用具有一定的时间局限性。文中比较了现行常用的几种短路电流计算标准之间的差异, 分析了不同因素对短路电流计算结果的影响, 基于 PSD-SCCP 与 PSASP 2 种软件采用了 6 种不同的计算方法进行计算, 并对结果进行分析比较。

### 1 短路电流计算标准

目前我国常见的短路电流计算标准有如下 3 种, 各标准在计算时假设条件有所差异。

#### 1.1 国家标准

GB/T 15544.1—2013<sup>[16]</sup>与目前国际上采用的标准(IEC 60909-0:2001)是一致的, 即标准, 标准中对短路电流计算的假设条件如下:(1) 短路类型不随短路持续时间而变化;(2) 电网结构不随短路持续时间而变化;(3) 变压器的阻抗取自分接开关处于主分接头位置时的阻抗, 因为引入了变压器的阻抗修正系数  $K_T$ ;(4) 不计电弧的电阻;(5) 除零序系统外, 忽略线路电容、并联导纳、非旋转型负载。

#### 1.2 行业标准

行业标准 DL/T 559—2007<sup>[17]</sup>中对短路电流计算的假设条件如下:(1) 忽略发电机、调相机、变压器、架空线路、电缆线路等阻抗的电阻部分, 并假定旋转电机的负序电抗等于正序电抗;(2) 发电机及

调相机的正序电抗可采用  $t=0$  时刻的瞬态值  $X_d'$  的饱和值;(3) 发电机电势标幺值假定为 1;(4) 不考虑短路电流的衰减;(5) 各级电压采用标称电压或者平均电压,不考虑变压器电压分接头实际位置的变动;(6) 不计线路电容和负荷电流的影响;(7) 不计故障点的相间电阻和接地电阻;(8) 不计短路暂态电流中的非周期分量。

### 1.3 企业标准

企业标准 Q/GDW 404—2010 中对短路电流计算的假设条件如下:(1) 变压器在分接头位置明确且通常固定的情况下,可取实际位置,否则取额定位置;(2) 考虑交流线路电阻、电抗、电容,以及高压输电线路的并联电抗器;(3) 感应电动机可用堵转电抗模拟。

上述 3 种标准对线路电阻、线路电容、无功补偿、负荷等因素的处理存在一定的差异,不同的假设条件引起的短路故障点的等效电压源和等值阻抗不同,因此计算结果也不同,如表 1 所示。

表 1 3 种标准对短路电流影响因素的处理差异  
Table 1 Differences on short-circuit current affecting factors between three standards

| 项目    | 国家标准   | 行业标准              | 企业标准     |
|-------|--------|-------------------|----------|
| 等效电压源 | $cU_N$ | 发电机内电势取 1, 计算开路电压 | 运行最高电压   |
| 线路电容  | 忽略     | 忽略                | 考虑       |
| 无功补偿  | 忽略     | 忽略                | 考虑高抗     |
| 线路电阻  | 考虑     | 忽略                | 考虑       |
| 变压器变比 | 额定变比   | 额定变比              | 明确时用额定变比 |
| 旋转负荷  | 考虑     | 忽略                | 考虑       |
| 静态负荷  | 忽略     | 忽略                | 考虑       |

注:表中  $c$  为电压系数,取值 1~1.1;  $U_N$  为母线额定电压。

## 2 短路电流计算方法及影响因素

PSD-SCCP 与 PSASP 2 种软件均提供了 2 种计算方法:基于潮流计算和基于网络计算。以图 1 所示的简单电力系统为例分析。

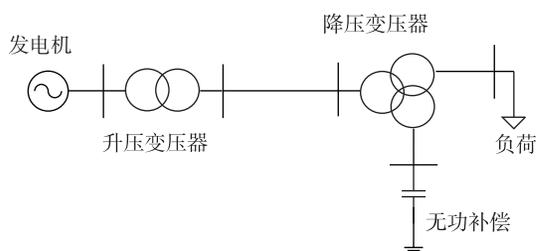


图 1 简单电力系统

Fig.1 A simple power system

### 2.1 基于潮流计算

基于潮流计算是一种精确计算方法,各母线电

压取故障前的实际运行电压,并且考虑线路电阻、变压器电阻、线路电容、并联无功补偿以及负荷,变压器变比取非标准变比。采用基于潮流计算方式时,图 1 所示系统的等效电路如图 2 所示。

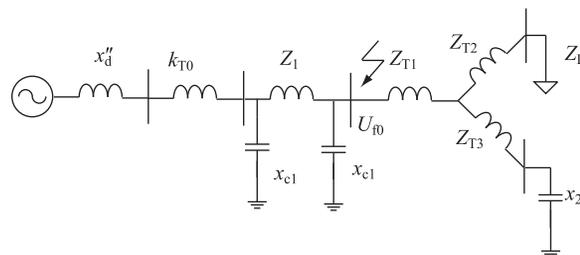


图 2 基于潮流计算短路电流等效电路

Fig.2 Equivalent circuit of short-circuit current calculation based on power flow

图中:  $x_d''$  为发电机等效电抗;  $k$  为变压器变比;  $Z_{T0}$  为升压变压器等效阻抗;  $Z_1$  为线路阻抗;  $Z_{T1}$ ,  $Z_{T2}$ ,  $Z_{T3}$  为降压变压器三侧等效阻抗;  $Z_L$  为静态负荷;  $x_{c1}$  为线路电容电抗;  $x_2$  为无功补偿等效电抗;  $U_0$  为节点实际运行的电压值。

### 2.2 基于网络计算

电力系统的运行状态多种多样,在不同的潮流方式下,各母线的运行电压和系统阻抗不一定相同,因此短路电流也有所差别。前述 3 种标准均推荐基于网络计算短路电流,以电网网架结构为基础,在电源安排及负荷水平相同时,短路电流计算结果与潮流分布方式无关,主要受初始条件影响。

在基于网络计算条件下,通过电压系数  $c$  控制节点的初始电压,并忽略电阻、线路电容、无功补偿、负荷,变压器变比取标准变比,图 1 所示系统的等效电路如图 3 所示。图中,  $x_{T0}$  为升压变压器等效电抗值;  $x_1$  为线路电抗;  $x_{T1}$ ,  $x_{T2}$ ,  $x_{T3}$  为降压变压器三侧等效电抗值;  $cU_N$  为节点等效电压源。

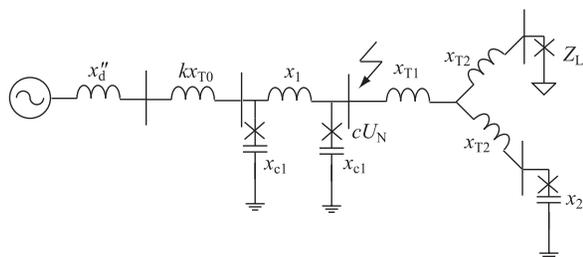


图 3 基于网络忽略所有因素计算短路电流等效电路

Fig.3 Equivalent circuit of short-circuit current calculation based on power grid ignoring all factors

短路点的等效阻抗为:

$$Z_0 = x_d'' + kx_{T0} + x_1 \quad (1)$$

若考虑线路和变压器电阻,等效阻抗幅值将增大,短路电流减小。

若考虑线路电容,短路点的等效阻抗为:

$$Z_{01} = |(x''_d + kx_{T0}) // (-x_{c1}) + x_1| // (-x_{c1})| \quad (2)$$

由于:

$$|x // (-x_{c1})| = \left| \frac{xx_{c1}}{x - x_{c1}} \right| > \left| \frac{xx_{c1} - x^2}{x - x_{c1}} \right| = x \quad (3)$$

故  $Z_{01} > Z_0$ , 因此, 考虑线路电容, 等值阻抗幅值增大, 短路电流减小。

若考虑并联无功补偿, 短路点的等效阻抗为:

$$Z_{02} = |(x''_d + kx_{T0} + x_1) // (x_{T1} + x_{T3} + x_2)| \quad (4)$$

对于感性无功补偿,  $x_2 > 0$ , 故  $Z_{02} < Z_0$ , 等值阻抗幅值减小, 短路电流增大。

对于容性无功补偿,  $x_2 < 0$ , 并且在实际电力系统中, 变压器的电抗一般小于电容器的电抗, 故  $x_{T1} + x_{T3} + x_2 < 0$ , 结合式(3)知,  $Z_{02} > Z_0$ , 等值阻抗幅值增大, 短路电流减小。

若考虑静态负荷, 短路点的等效阻抗为:

$$Z_{03} = |(x''_d + kx_{T0} + x_1) // (x_{T1} + x_{T2} + Z_L)| \quad (5)$$

由于  $Z_L > 0$ , 故  $Z_{03} < Z_0$ , 等值阻抗幅值减小, 短路电流增大。

### 3 计算结果分析与比较

计算采用 2 种软件, PSD-SCCP V2.1.17.b 版及 PSASP7.0 版, 基于网络计算短路电流, 不考虑负荷影响, 电压系数取 1.1。以“十三·五”期间某年江苏规划电网为计算基础数据, 选取苏南某片区为研究对象。该片区 220 kV 电网以 1 座 500 kV 变电站及相关 220 kV 接入的电厂为主要电源点, 形成 220 kV 多重环网结构。

#### 3.1 PSD-SCCP 软件短路电流计算结果与分析

在 PSD-SCCP 软件中采用 6 种计算方法。

方法一: 经典假设计算条件, 即考虑电阻, 变压器变比采用标准变比, 忽略其他影响短路电流的因素, 作为基本方案; 方法二: 在基本方案的基础上, 忽略线路和变压器的电阻; 方法三: 在基本方案的基础上, 考虑线路充电功率, 即考虑线路电容; 方法四: 在基本方案的基础上, 考虑并联容性无功补偿, 即考虑并联电容器; 方法五: 在基本方案的基础上, 考虑并联感性无功补偿, 即考虑并联电抗器; 方法六: 采用 IEC 60909 算法。

相关站点 500 kV 和 220 kV 母线短路电流计算结果如表 2 所示。计算结果表明: 忽略电阻, 短路电流增大; 考虑线路电容, 短路电流减小; 考虑并联电容器, 短路电流减小; 考虑并联电抗器, 短路电流增大; 采用 IEC 60906 算法, 短路电流最大。

表 2 PSD-SCCP 软件短路电流计算结果

| 母线   | 方法一   | 方法二   | 方法三   | 方法四   | 方法五   | 方法六   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ME-H | 52.28 | 52.34 | 51.03 | 51.23 | 52.39 | 54.27 |
| ME-M | 44.28 | 44.29 | 43.73 | 43.10 | 44.30 | 46.62 |
| ZGQ  | 40.00 | 40.02 | 39.55 | 39.05 | 40.02 | 41.93 |
| JT   | 37.19 | 37.22 | 36.77 | 36.37 | 37.20 | 38.87 |
| CJ   | 36.20 | 36.23 | 35.82 | 35.44 | 36.21 | 37.84 |
| GL   | 35.72 | 35.75 | 35.35 | 34.98 | 35.73 | 37.29 |
| XN   | 33.83 | 33.88 | 33.52 | 33.25 | 33.85 | 35.55 |
| HF   | 33.55 | 33.59 | 33.24 | 32.87 | 33.57 | 34.88 |
| HQ   | 32.99 | 33.05 | 32.65 | 32.39 | 33.01 | 34.44 |
| WS   | 32.16 | 32.20 | 31.86 | 31.58 | 32.17 | 33.51 |
| JX   | 31.72 | 31.76 | 31.43 | 31.12 | 31.74 | 32.92 |
| YM   | 31.09 | 31.15 | 30.79 | 30.54 | 31.10 | 32.32 |
| TB   | 29.53 | 29.59 | 29.29 | 29.03 | 29.55 | 30.61 |
| XC   | 28.25 | 28.32 | 27.98 | 27.81 | 28.26 | 29.28 |
| HD   | 27.02 | 27.10 | 26.79 | 26.62 | 27.03 | 27.98 |
| XG   | 21.47 | 21.58 | 21.33 | 21.21 | 21.47 | 22.05 |
| XD   | 21.25 | 21.32 | 21.12 | 20.99 | 21.25 | 21.80 |

注: ME-H、ME-M 分别代表 500 kV 变电站 ME 的高压侧及中压侧母线, 其余分别代表 220 kV 变电站的高压侧母线, 下同。

与基本方案进行差值分析可知, 电阻对短路电流的影响较小, 差值分布在 0~0.12 kA; 线路电容对短路电流的影响差值分布在 0~1.25 kA, 其中出线回路数较多的母线短路电流计算结果受是否考虑线路电容影响较大, 如母线 ME-H、ZGQ、JT 的出线相对较多, 考虑线路电容后, 短路电流降低 0.4 kA 以上, 而母线 XG 仅有 1 回出线, 短路电流降低 0.13 kA; 采用 IEC 60909 算法计算得到的短路电流结果最大, 差值分布在 0~2.34 kA; 并联电容器及并联电抗器对短路电流的影响大小取决于节点投切电容器、电抗器的数量。一般情况下, 若电网电源开机等其他条件保持不变, 在高峰负荷时, 电压水平较低, 需投入大量并联电容器, 节点短路电流将相应减小, 在电网低谷负荷时, 电压水平较高, 需要投入大量并联电抗器, 节点短路电流将有所增大。

#### 3.2 PSASP 软件短路电流计算结果与分析

在 PSASP 软件中采用 3.1 节中方法一至方法五 5 种计算方法。计算结果如表 3 所示。电阻、线路电容、并联电容器及并联电抗器对短路电流的影响与 PSD-SCCP 软件计算结果一致。与基本方案进行差值分析可知, 电阻对短路电流的影响差值分布在 0~0.12 kA; 线路电容对短路电流的影响差值分布在 0~1.65 kA, 比 PSD-SCCP 计算稍大, 同样对于出线回路数较多的母线, 短路电流计算结果受是否考虑线路电容影响较大。

表 3 PSASP 软件短路电流计算结果

Table 3 Short-circuit current results calculated by PSASP kA

| 母线   | 方法一   | 方法二   | 方法三   | 方法四   | 方法五   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ME-H | 53.02 | 53.14 | 51.37 | 51.94 | 53.11 |
| ME-M | 44.28 | 44.30 | 43.59 | 43.25 | 44.30 |
| ZGQ  | 40.19 | 40.22 | 39.62 | 39.35 | 40.21 |
| JT   | 37.44 | 37.48 | 36.92 | 36.72 | 37.46 |
| CJ   | 36.49 | 36.53 | 36.01 | 35.81 | 36.50 |
| GL   | 36.03 | 36.07 | 35.56 | 35.36 | 36.04 |
| XN   | 34.16 | 34.21 | 33.76 | 33.60 | 34.17 |
| HF   | 33.91 | 33.95 | 33.50 | 33.30 | 33.92 |
| HQ   | 33.34 | 33.40 | 32.92 | 32.79 | 33.36 |
| WS   | 32.54 | 32.58 | 32.16 | 32.01 | 32.55 |
| JX   | 32.14 | 32.18 | 31.76 | 31.60 | 32.15 |
| YM   | 31.49 | 31.56 | 31.12 | 30.99 | 31.50 |
| TB   | 29.97 | 30.02 | 29.65 | 29.51 | 29.98 |
| XC   | 28.68 | 28.74 | 28.34 | 28.26 | 28.68 |
| HD   | 27.49 | 27.57 | 27.20 | 27.12 | 27.50 |
| XG   | 21.96 | 22.07 | 21.78 | 21.71 | 21.96 |
| XD   | 21.74 | 21.81 | 21.57 | 21.50 | 21.74 |

### 3.3 2 种软件计算结果比较与分析

为了比较 2 种软件计算算法的差异,控制片区内 500 kV 变电站 500 kV 母线的短路电流相同,计算考虑线路及变压器电阻,结果如表 4 所示。

表 4 2 种软件计算结果比较

Table 4 Comparison of short-circuit current results calculated by two software kA

| 母线   | PSD-SCCP | PSASP | 差值    |
|------|----------|-------|-------|
| ME-H | 52.28    | 52.28 | 0.00  |
| ME-M | 44.28    | 44.08 | -0.19 |
| ZGQ  | 40.00    | 40.04 | 0.04  |
| JT   | 37.19    | 37.31 | 0.12  |
| CJ   | 36.20    | 36.36 | 0.16  |
| GL   | 35.72    | 35.90 | 0.18  |
| XN   | 33.83    | 34.06 | 0.23  |
| HF   | 33.55    | 33.79 | 0.24  |
| HQ   | 32.99    | 33.24 | 0.25  |
| WS   | 32.16    | 32.44 | 0.28  |
| JX   | 31.72    | 32.03 | 0.31  |
| YM   | 31.09    | 31.40 | 0.31  |
| TB   | 29.53    | 29.88 | 0.35  |
| XC   | 28.25    | 28.60 | 0.34  |
| HD   | 27.02    | 27.42 | 0.40  |
| XG   | 21.47    | 21.91 | 0.44  |
| XD   | 21.25    | 21.69 | 0.45  |

由表 4 可知,PSASP 软件的短路电流计算结果比 PSD-SCCP 软件计算结果大,但最大相差仅 0.45 kA,可见在保持片区外部等值电路及片区内电网网架及参数都相同时,2 种软件计算所得片区内母线的短路电流结果基本相同,可认为 2 种软件的计算算法是一致的。

## 4 结论

结合等效电路从理论上分析了线路及变压器电阻、线路电容、无功补偿、静态负荷几种因素对短路电流计算结果的影响,并基于 PSD-SCCP 与 PSASP 2 种软件进行计算,主要结论如下:

(1) 考虑线路及变压器电阻,短路电流减小;考虑线路电容,短路电流减小;考虑并联电容器,短路电流减小;考虑并联电抗器,短路电流增大;考虑静态负荷,短路电流增大。

(2) 对同一个研究片区,控制片区外部等值电路及内部网架结构和参数相同时,两种软件短路电流计算结果基本一致,PSASP 软件计算结果稍大于 PSD-SCCP 软件的计算结果。

(3) 采用 PSD-SCCP 软件中 IEC 60906 算法计算短路电流结果比其他方法偏大 2 kA 左右,在电网规划设计的保守计算中,可尝试采用此算法;根据现有的短路电流计算标准,结合江苏电网实际特点,建议采用基于网络计算,并且考虑线路及变压器电阻,忽略线路电容和无功补偿装置,变压器变比取标准变比。

(4) 电网规模的扩大、互联程度的提高、特高压交直流输电网络的建设、新能源的大规模发展以及诸如统一潮流控制器、可控串抗、调相机等新装置新设备的增多,为未来电网短路电流的计算和分析带来了新的挑战,建议相关部门根据国内电网的特点尽快制定统一的短路电流计算标准。

### 参考文献:

- [1] 杜志刚,牛林,赵建国. 发展特高压交流输电建设坚强的国家电网[J]. 电力自动化设备,2007,27(5):1-5.  
DU Zhigang, NIU Lin, ZHAO Jianguo. Developing UHV AC transmission and constructing strong state power grid [J]. Electric Power Automation Equipment, 2007, 27(5): 1-5.
- [2] 黄娟娟,郑英芬. 特高压网架对华电网短路电流水平的影响分析及限流措施[J]. 中国电力,2007,40(3):49-52.  
HUANG Juanjuan, ZHENG Yingfen. Analysis of effect of 1000 kV UHV grid on the short circuit current of the Central China Grid and research on limiting measures of short circuit current [J]. Electric Power, 2007, 40(3): 49-52.
- [3] 蒋陶宁,李军,孙成秋,等. 交流特高压输电线路复杂地线系统单相短路电流的计算[J]. 电网技术,2011,35(10):16

- 21.
- JIANG Taoning, LI Jun, SUN Chengqiu, et al. Calculation of single phase short-circuit current in complex ground system of UHV AC transmission lines [J]. Power System Technology, 2011, 35(10):16-21.
- [4] 朱艺颖, 芮虎, 李新年, 等. 锦屏-苏南特高压直流输电工程直流线路电磁暂态仿真[J]. 电网技术, 2009, 33(6):1-4.
- ZHU Yiyong, GUO Hu, LI Xinnian, et al. Simulation on electromagnetic transient process in DC transmission line of  $\pm 800$  kV power transmission project from Jinping to South Jiangsu [J]. Power System Technology, 2009, 33(6):1-4.
- [5] 廖国栋, 谢欣涛, 侯益灵, 等. 特高压接入湖南电网后 500 kV 母线三相短路电流超标问题分析[J]. 高电压技术, 2015, 41(3):747-753.
- LIAO Guodong, XIE Xintao, HOU Yiling, et al. Analysis on the problems of three-phase short-circuit current over-limited of 500 kV bus when UHV connected to Hunan power grid [J]. High Voltage Engineering, 2015, 41(3):747-753.
- [6] 陈倩, 汤奕. 江苏特高压建设时期短路电流限制措施[J]. 江苏电机工程, 2015, 34(5):21-24.
- CHEN Qian, TANG Yi. Research on the Jiangsu short-circuit current limiting strategy during UHV construction period [J]. Jiangsu Electric Engineering, 2015, 34(5):21-24.
- [7] 刘建坤, 胡亚山, 赵静波, 等. 特高压接入对江苏电网的影响展望[J]. 江苏电机工程, 2010, 29(1):1-3.
- LIU Jiankun, HU Yashan, ZHAO Jingbo. Prospects to the influence of the Ultra high voltage grid on Jiangsu Power system [J]. Jiangsu Electric Engineering, 2010, 29(1):1-3.
- [8] 王寓, 王主丁, 张宗益, 等. 国内外常用短路电流计算标准和方法的比较研究[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(20):148-152.
- WANG Yu, WANG Zhuding, ZHANG Zongyi, et al. Comparison and research on the commonly used standards and methods of short-circuit current calculation [J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(20):148-152.
- [9] 林金娇, 刘观起, 杨金刚, 等. 地区电网不同元件模型下短路电流计算的比较[J]. 华北电力技术, 2013(9):6-9.
- LIN Jinjiao, LIU Guanqi, YANG Jingang, et al. Comparison of short-circuit current calculation under different elements model for regional power grid [J]. North China Electric Power, 2013(9):6-9.
- [10] 刘楠, 唐晓骏, 马世英, 等. 负荷模型对电力系统短路电流计算的影响[J]. 电网技术, 2011, 35(8):144-149.
- LIU Nan, TANG Xiaojun, MA Shiyong, et al. Influences of load models on power system short-circuit current calculation [J]. Power System Technology, 2011, 35(8):144-149.
- [11] 刘楠, 张彦涛, 秦晓辉, 等. 感应电动机负荷对短路电流影响机理研究[J]. 电网技术, 2012, 36(8):187-192.
- LIU Nan, ZHANG Yantao, QIN Xiaohui, et al. Impact of load induction motor on power system short-circuit current calculation [J]. Power System Technology, 2012, 36(8):187-192.
- [12] 叶圣永, 程超, 唐权, 等. 基于 BPA 的短路电流计算模式研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(18):138-143.
- YE Shengyong, CHENG Chao, TANG Quan, et al. Research on calculation mode of short-circuit current based on BPA [J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(18):138-143.
- [13] 田华, 王卿, 朱峰, 等. 基于 PSASP 程序的短路电流计算结果分析比较探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(1):56-59.
- TIAN Hua, WANG Qing, ZHU Feng, et al. Comparative study of short-circuit current calculation results based on PSASP software [J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(1):56-59.
- [14] 姚淑玲, 田华. 基于 BPA 和 PSASP 程序的短路电流计算比对[J]. 电力系统自动化, 2010, 35(14):112-115.
- YAO Shuling, TIAN Hua. A comparison between BPA and PSASP software programs for calculating short-circuit currents [J]. Automation of Electric Power System, 2010, 35(14):112-115.
- [15] 黄彦浩, 施浩波, 安宁. IEC 60906 标准与 PSASP 短路计算的比较研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(15):69-74.
- HUANG Yanhao, SHI Haobo, AN Ning. Comparison research on the calculation of short-circuit current of IEC 60909 and PSASP short-circuit module [J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(15):69-74.
- [16] GB/T 15544.1—2013 三相交流系统短路电流计算[S]. 2013.
- GB/T 15544.1—2013 Short-circuit current calculation in three-phase AC system [S]. 2013.
- [17] DL/T 559—2007 220 kV~750 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S]. 2007.
- DL/T 559—2007 Setting guide for 220 kV~750 kV power system protections [S]. 2007.

#### 作者简介:



张曼

张曼(1991—),女,河南周口人,工程师,从事电网规划设计、电力系统仿真分析、柔性交流输电技术研究工作;

施超(1985—),男,江苏镇江人,工程师,从事电网规划设计、电力系统仿真分析、常规电源及新能源接入系统研究工作;

许文超(1979—),女,江苏盐城人,高级工程师,从事电力系统规划设计、输变电工程设计、电力系统电磁暂态仿真研究工作;

孙文涛(1986—),男,湖北武汉人,博士,从事电网规划及新能源接入系统研究工作。

## Research on Calculation of Short-circuit Current Based on PSD-SCCP and PSASP

ZHANG Man<sup>1</sup>, SHI Chao<sup>1</sup>, XU Wenchao<sup>1</sup>, SUN Wentao<sup>2</sup>

(1. China Energy Engineering Group Co. Ltd Jiangsu Electric Power Design Institute Co., Nanjing 211102, China;

2. State Grid Jiangsu Electric Power Company Economic Research Institute, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** PSD-CCP and PSASP are two commonly used software for short-circuit current calculation at present in domestic, however, the calculation results differs under different calculation conditions, affecting power grid planning and decision-making. With consideration of three standards for short-circuit current calculation, differences between them are analyzed, then some factors such as line and transformer resistances, line capacitors, reactive power compensation and static load affecting short-circuit current calculation results are analyzed theoretically combined with the equivalent circuit. Finally, six different short-circuit current calculation methods are adopted based on PSD-SCCP and PSASP using Jiangsu power grid planning architecture in some year during 2016-2020 as an example, and recommendations are put forward through comparing the calculation results, in order to provide reasonable reference and ideas for short-circuit current calculation in power grid planning and the early stage of project design.

**Key words:** PSD-SCCP; PSASP; short-circuit current; calculation method

(编辑 刘晓燕)

(上接第 75 页)

## Research on the Maintenance Strategy of UHV Receiving End Power Grid Transmission Equipment Based on Risk Assessment

YANG Xiaohui<sup>1</sup>, YIN Yujun<sup>2</sup>, KOU Xiaoshi<sup>1</sup>

(1. State Grid Henan Electric Power Research Institute, Zhengzhou 450052, China.

2. NARI Group Corporation (State Grid Electric Power Research Institute), Nanjing 211106, China.)

**Abstract:** UHV AC/DC power transmission is of great significance to ensure the power supply reliability of the receiving power grid. In combination with the engineering practice, the coordination and maintenance strategy of transmission equipment for UHV receiving power network is studied in this paper. Take the case of a provincial power grid in central China, the important equipments in this UHV receiving power grid, strongly coupled with UHV transmission power, are found out. According to the quantitative evaluation index of power grid operation risk, maintenance principle and priority of maintenance arrangement for the relevant equipments are put forward. The proposed method can be used for the preparation of the annual maintenance plan for an UHV power grid.

**Key words:** maintenance strategy; risk assessment; UHV; receiving end power grid

(编辑 徐林菊)

## 1000 kV 泰州和苏州变电站扩建主变工程开工

2017年3月17日,1000 kV 泰州、苏州变电站扩建主变压器工程开工建设。据介绍,1000 kV 泰州站将扩建第2台主变压器,1000 kV 苏州站将扩建第3、第4台主变压器,以及相应的特高压开关、电容器、电容式电压互感器(CVT)、三次侧设备、500 kV 侧设备等。1000 kV 泰州、苏州站扩建主变工程核准动态总投资分别为4.27亿元、9.45亿元,计划分别于2017年12月、2018年5月建成投运。泰州站扩建主变工程建成后,将满足±800 kV 锡盟—泰州特高压直流工程分层接入降压容量的需求,满足地方经济社会的用电需求;苏州站扩建主变工程建成后,将有利于提高苏南电网、上海电网接纳区外电力能力及内部电力交换能力,满足特高压来电降压需求,提高电网的安全稳定水平和供电可靠性。

(摘编自国网江苏省电力公司网站)