

## 一种工程化检测次同步和超同步相量的方法

李祝昆, 李雪明, 徐海波, 黄玲, 司庆华, 王计林

(国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 210003)

**摘要:**针对工程现场检测次(超)同步分量频谱分辨率稀疏的现状,文中总结现有算法工程应用的不适应性,提出快速傅里叶算法(fast fourier transformation, FFT)计算的工程化方法。首先结合低通滤波及FFT数据窗长度来消除频谱混叠的影响,再通过FFT计算结果的递减特性来消除基波频谱泄露对谐波计算的干扰,最后运用FFT修正算法消除栅栏效应的影响以准确计算次(超)同步振荡谐波的频率与幅值,同时根据FFT频谱幅值的极值出现次数来区分幅值突变的运行工况。以此为基础开发的监控装置能够满足电网次(超)同步振荡准确监控的功能要求。

**关键词:**次同步振荡; FFT; 频谱混叠; 频谱泄露; 栅栏效应

**中图分类号:** TM73

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2096-3203(2018)05-0092-06

### 0 引言

中国电能存在大容量远距离传输的现状,“三北”风能集中外送,同时伴随着电力电子器件的大规模应用,次同步振荡现象背后的机理也日益复杂,包括直流换流站内部的滤波器件<sup>[1-3]</sup>、线路的固定串补<sup>[4-6]</sup>、风机产生的振荡谐波<sup>[7-8]</sup>、电力电子器件对谐波的放大作用<sup>[9-10]</sup>,系统对振荡谐波所呈现的阻尼,发电机本身的振荡模式等都对次同步振荡现象的发生产生影响<sup>[11]</sup>。针对目前次同步振荡现象范围广机理复杂的特性,使用电磁暂态软件进行大规模电网的次同步暂态仿真分析面临建模的实际困境,对区域内的振荡现象进行准确监测成了研究次同步振荡发生机理的重要途径。

对次(超)同步振荡谐波的实时监控需要对小于100 Hz的谐波进行准确测量,文献[12]提出基于形态滤波和Prony算法有效辨识低频振荡模式,但用于次同步振荡实时监控存在阶数选取困难、计算量大、不易收敛的问题。文献[13]提出一种等角度间隔的自适应软件同步采样算法,可减少工频及谐波计算中的频谱泄露,但对于小于100 Hz的未知频率的谐波无法适用。文献[14]提出基于基波离散傅里叶算法(discrete fourier transform, DFT)计算误差的修正方法可准确测量基波的频率与幅值,但无法计算振荡频率未知的谐波幅值。文献[15]提出滤除工频基波重采样后运用DFT计算单个次同步谐波的幅值,但在基波偏离工频时误差较大,同时无法计算多个谐波值。文献[16]提出根据快速傅

里叶算法(fast fourier transformation, FFT)结果对谐波所在频段进行带通滤波,而后插值可准确计算多个谐波值,但算法复杂耗时长,适合后台分析,不适合直接在监控装置上使用。

目前工程应用检测次(超)同步分量的监测装置普遍采用FFT计算,由于其频谱分辨率与计算周期的倒数关系,为了平衡频谱分辨率与计算周期的冲突,工程应用装置的检测分辨率一般在0.5~1 Hz之间。鉴于次(超)同步振荡实时准确监测与控制的工程需要,本文分析了运用FFT算法检测次(超)同步振荡谐波所面临的问题,并通过一系列工程化的方法以求得准确的次(超)同步分量。首先选择瞬时值而不是有效值作为数据源,能够真实反映电网振荡谐波的特性。结合低通滤波以确定FFT计算的截止频率来消除频谱混叠的影响,通过FFT计算结果的递减特性来消除基波频谱泄露对谐波计算的干扰,运用FFT修正算法消除栅栏效应的影响以准确计算次同步振荡谐波的频率与幅值,最后提出适应FFT的区分幅值突变工况的方法。

### 1 次同步振荡监测数据源的选择

次(超)同步振荡谐波监测首先面临选择电流、电压有效值还是瞬时值作为数据源的问题,有效值作为电气量瞬时值在一个周期内的方均根值,基波有效值可看做频率为0的分量,以有效值为数据源进行FFT分析,其优势在于能消除计算中基波对振荡谐波的影响。

在频率50 Hz、幅值为1的基波中分别叠加13 Hz, 23 Hz, 33 Hz, 43 Hz, 57 Hz, 67 Hz, 77 Hz, 87 Hz, 幅值0.1的谐波,分别对有效值和瞬时值进行频谱分辨率为1 Hz的FFT分析,如表1所示。

收稿日期:2018-05-21;修回日期:2018-06-28

基金项目:国家电网有限公司科技项目“复杂电网下新能源发电基地次超同步振荡评估、抑制与防控技术”

表1 叠加谐波有效值、瞬时值 FFT 结果比对

Tab.1 Superposition harmonic RMS and instantaneous value FFT result comparison					
叠加谐波 $A\cos(2\pi f)$		有效值 FFT 结果		瞬时值 FFT 结果	
幅值	$f/\text{Hz}$	幅值	$f/\text{Hz}$	幅值	$f/\text{Hz}$
0.1	13	0.022 1	37	0.1	13
		0.013 1	63		
0.1	23	0.041 3	27	0.1	23
		0.015 4	73		
0.1	33	0.057 9	17	0.1	23
		0.011 9	83		
0.1	43	0.068 4	7	0.1	43
		0.005 2	93		
0.1	57	0.068 4	7	0.1	57
0.1	67	0.057 9	17	0.1	67
0.1	77	0.041 3	27	0.1	77
0.1	87	0.022 1	37	0.1	87

由表1可看出有效值FFT分析的谐波频率、幅值结果与相对于真实值偏小,且同一频率上的幅值对应了100 Hz以内两个谐波频率,这对后续分析次同步发生的机理是非常不利的。以瞬时值为数据源可准确监测谐波的频率与幅值,但需要消除频谱混叠与基波频谱泄露的影响,及消除栅栏效应来求得谐波准确值。本文后续的研究中都以瞬时值为数据源。

## 2 次同步振荡谐波的准确监测算法

### 2.1 消除频谱混叠的影响

要消除频谱混叠的影响,需使FFT计算的最高频率配合装置低通滤波的特性,这可以确定最高频率的最小值。由于装置需要在一个中断时间内完成计算与逻辑判断的过程,这限制了采样点数的规模,通过采样点数及最高频率来确定采样频率。由于正常运行时基波工频为50 Hz,为了尽可能减小基波频谱泄露对谐波计算的影响,还需确保FFT计算的离散频率点包含50 Hz,同时兼顾装置计算的实时性。综合考虑以上约束条件,选用低通滤波插件的截止频率为150 Hz,频谱分辨率选择为1 Hz,根据计算CPU的运算性能,选择采样速率512、采样点数512的FFT计算参数,如果CPU性能更强,也可选择采样速率更高的参数。

### 2.2 消除基波频谱泄露对谐波计算的干扰

当基波频率不在频率离散点上,FFT计算会产生频谱泄露现象,以基波频率为中心,在所有频带上都有谱线出现。以基波幅值为1、频率为50.5 Hz,频谱分辨率为1 Hz、采样点数为512点进行FFT计算为例,FFT计算后的幅频曲线见图1。

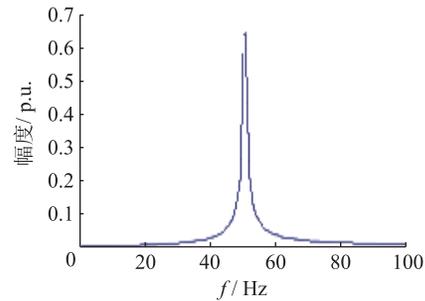


图1 50.5 Hz、幅值为1基波FFT计算的幅频曲线

Fig.1 Amplitude frequency curve of FFT with 50.5 Hz, amplitude of 1

由图1可看出在小于100 Hz的各个离散点上均有一定幅值,除了系统运行可能的正常频率外(一般为45~55 Hz),装置无法区分其他频段上的幅值是基波泄露而来还是谐波本身的幅值。由于振荡谐波的频率值不是固定的且范围较宽,传统采用加窗技术保留主瓣降低旁瓣的方法此处并不适用<sup>[15]</sup>。

在图1所测基波中,叠加频率23.5 Hz、幅值为0.05的谐波输入,FFT计算后的幅频曲线如图2所示。

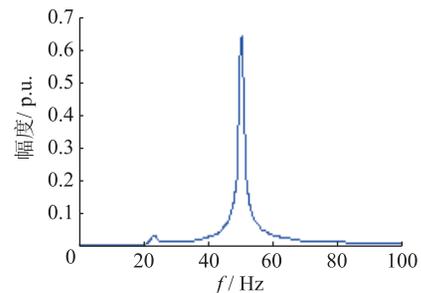


图2 基波叠加23.5 Hz、幅值0.05的谐波FFT计算的幅频曲线

Fig.2 Amplitude frequency curve of FFT fundamental superposition 23.5 Hz, amplitude of 0.05 harmonic

由图2可看出在谐波与基波附近的频率离散点上形成尖顶的形状,将幅值0.05的谐波替换为幅值0.01的谐波时,尖顶特性仍然存在,这就保证了在装置测量的误差范围内此叠加特性可被检出。利用此特性,以基波为中心,沿频率往两侧扩散的方向,相邻离散频率点的幅值如满足递减的趋势,则该频率点上幅值置0。如相邻离散频率点的幅值有升高的现象,则保留谐波频率两侧的最大幅值及次大幅值,再通过修正算法计算。基于上述方法可消除基波与谐波频谱泄露对谐波计算的影响,处理后幅频曲线后结果见图3,可看出除了保留工频与谐波附近两条谱线外,其他频段上频谱泄露的幅值已被滤除。

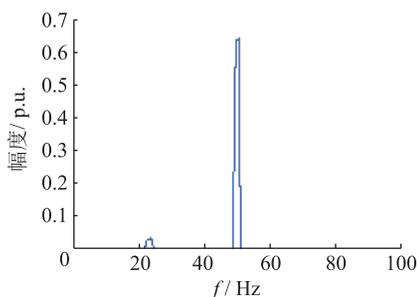


图3 滤波处理后的幅频曲线

Fig.3 Amplitude frequency curve after filtering

### 2.3 消除栅栏效应的影响以求取谐波的准确值

由于FFT计算的采样点数 $N$ 不是无限的,其计算结果由于栅栏效应必然存在误差,频率最大误差为频谱分辨率的一半。采用修正算法<sup>[17]</sup>,通过2.2节方法保留的两条谱线计算真实谐波,在幅值为1的基波中叠加表2的左列谐波,通过FFT修正算法计算的幅值对比见表2。

表2 FFT修正算法比对

Tab.2 FFT correction algorithm comparison

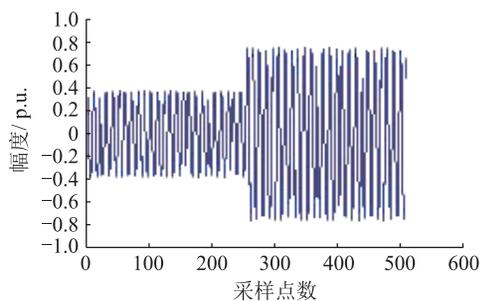
叠加谐波 $A\cos(2\pi f)$		有效值 FFT 结果		瞬时值 FFT 结果	
幅值	$f/\text{Hz}$	幅值	$f/\text{Hz}$	幅值	$f/\text{Hz}$
0.1	13.1	0.098 7	13	0.100 3	13.096 8
		0.010 6	14		
0.1	20.2	0.094 0	20	0.100 2	20.196 5
		0.023 0	21		
0.1	35.4	0.075 5	35	0.100 0	35.401 1
		0.050 6	36		
0.1	43.5	0.064 0	44	0.100 0	43.502 6
		0.063 0	43		
0.1	65.6	0.075 9	66	0.100 0	65.601 9
		0.050 2	65		
0.1	73.7	0.085 9	74	0.100 0	73.700 7
		0.036 7	73		
0.1	87.9	0.098 3	88	0.100 0	87.899 5
		0.011 0	87		

从结果看FFT修正后的值相对于谐波真实值的计算误差非常小,频率误差小于0.01 Hz,幅值误差小于0.000 4,精度非常高,计算速度快且易于在装置实现,满足实时控制的时间要求。

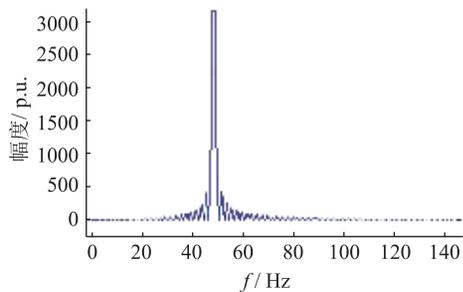
### 2.4 幅值突变工况的检测方法

电力系统一次设备投切、短路故障等工况变化引起的电气量幅值突变,FFT的计算结果也会在0~100 Hz频段间存在多个极值点的情况,导致电力系统在没有激发出次(超)同步振荡的情况下装置也会检测出0~100 Hz频段间的电气量谐波幅值<sup>[18]</sup>,有可能引起监控装置的误启动与动作。图4(a)为幅值突变的原始信号图,图4(b)为FFT的计算结果的幅频曲线图,看出幅值突变的工况下FFT计算结

果在0~100 Hz频段上连续交替出现波峰与波谷,电气量幅值突变后,计算数据源为非周期数据,而非周期数据的FFT计算结果会在整个频段上都存在不规则分量,呈现出多极值的现象。当特定频谱对应的幅值大于两侧相邻频谱的幅值可认为出现一次极值,通过对在0~100 Hz频段间幅值统计极值出现的次数,当极值次数超过一定值时,可判定本次FFT计算为幅值突变工况下的计算结果。目前该定值初始设为10,即认为在0~100 Hz频段间,除了基波外,不会同时出现10种不同频段的谐波,该值可设为定值,方便现场更改。



(a) 原始信号



(b) 幅频曲线

图4 幅值阶跃原始信号与幅频曲线

Fig.4 Amplitude jump raw signal and amplitude frequency curve

## 3 试验验证

以此算法为基础开发了SSP-522次同步振荡监控装置,装置检测安装处各元件电气量的次(超)同步分量,当检测值超过设定值经一定延时,装置动作出口切除相应元件,隔离振荡源。SSP-522在国网电力科学研究院实验验证中心通过了型式试验及RTDS测试验证,型式试验中装置次(超)同步振荡电流计算误差小于1%的额定值。

RTDS验证仿真系统采用典型三机九节点模型,图5为SSP-522装置安装于330 kV升压站时的系统网络拓扑结构,其中3台等值风机接入同一个330 kV升压站,另外1台等值风机接入另一个330 kV升压站,试验系统重要参数见表3。

验证过程中,针对装置安装处4台等效风机,

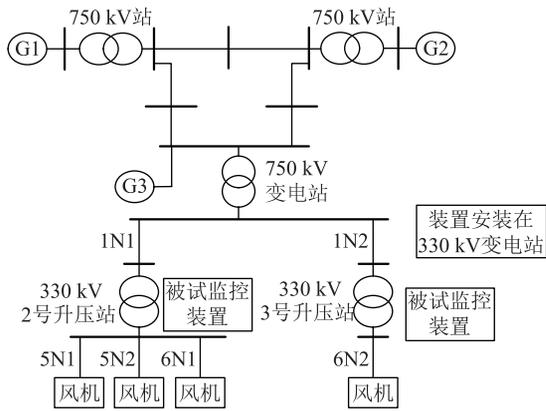


图5 仿真系统拓扑结构

Fig.5 Topology diagram of simulation system

表3 试验系统参数

Tab.3 Test system parameters

名称	定值
转子内环积分时间常数/s	0.028 08
转子内环比例系数	1.387
单台风机额定功率/MW	2.2
双馈等值风机 惯性常数/ $[(\text{MW}\cdot\text{s})\cdot(\text{MV}\cdot\text{A})^{-1}]$	1.5
定子电阻/p.u.	0.004 62
励磁电抗/p.u.	14.348
转子漏抗/p.u.	0.085 96
转子内环积分时间常数/s	0.125
转子内环比例系数	0.4
直驱风机 定子漏抗/p.u.	0.299 817
D轴励磁阻抗/p.u.	0.614 315
Q轴励磁阻抗/p.u.	1.140 948
定子电阻/p.u.	0.038 164
750 kV 线路阻抗/ $\Omega$	19.25
系统参数 690 V/35 kV 箱变阻抗/ $\Omega$	0.023
35 kV/330 kV 升压变阻抗/ $\Omega$	2.08
串补度/%	20~45
交流下电流额定值/kA	1
变流器参数 交流侧串联阻抗 电阻/ $\Omega$	0.001 5
电感/H	120.0e-6
吸收电容/mF	0.2
缓冲电阻/ $\Omega$	30.0

通过调节风电场电容串补度、转子内环PI控制参数,使回路呈现弱阻尼特征。通过模拟等值风机出力变化、风速变化等扰动现象,设置5N1、5N2为次同步振荡源(5N2对应支路比5N1提前4s发生)使得系统发生次同步振荡,模拟试验结果见图6。

图6中U3301U<sub>a</sub>,U3301U<sub>b</sub>,U3301U<sub>c</sub>是330kV侧1N1线三相电压;U3302U<sub>a</sub>,U3302U<sub>b</sub>,U3302U<sub>c</sub>是330kV侧1N2线三相电压;U5N1U<sub>a</sub>,U5N1U<sub>b</sub>,U5N1U<sub>c</sub>是5N1风机出线三相电压;U5N2U<sub>a</sub>,

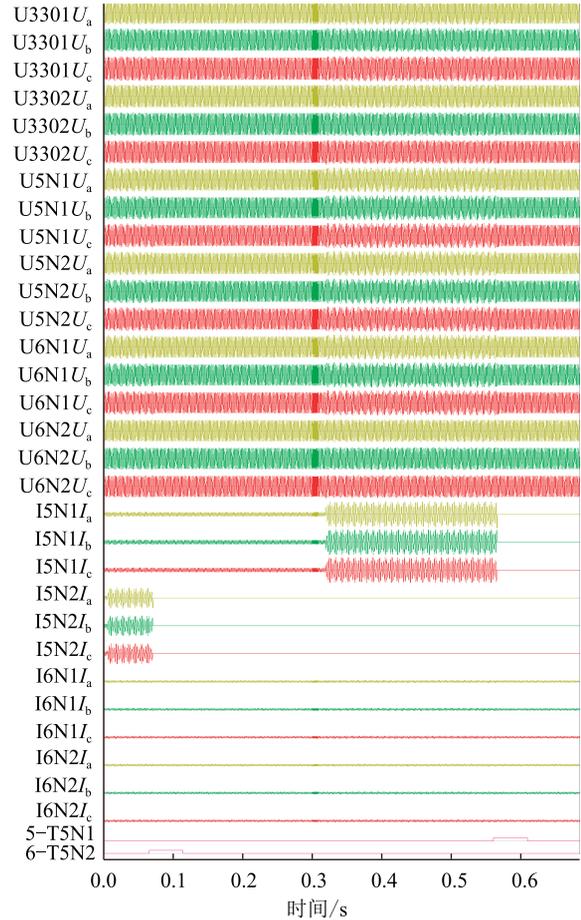


图6 次同步振荡故障录波

Fig.6 Fault recording of sub-synchronization

U5N2U<sub>b</sub>,U5N2U<sub>c</sub>风机出线三相电压;U6N1U<sub>a</sub>,U6N1U<sub>b</sub>,U6N1U<sub>c</sub>是6N1风机出线三相电压;U6N2U<sub>a</sub>,U6N2U<sub>b</sub>,U6N2U<sub>c</sub>是6N2风机出线三相电压;I5N1I<sub>a</sub>,I5N1I<sub>b</sub>,I5N1I<sub>c</sub>是5N1风机出线三相电流;I5N2I<sub>a</sub>,I5N2I<sub>b</sub>,I5N2I<sub>c</sub>是5N2风机出线三相电流;I6N1I<sub>a</sub>,I6N1I<sub>b</sub>,I6N1I<sub>c</sub>是6N1风机出线三相电流;I6N2I<sub>a</sub>,I6N2I<sub>b</sub>,I6N2I<sub>c</sub>是6N2风机出线三相电流;开关量信号“5-T5N1”是装置切5N1风机支路跳闸信号;“6-T5N2”是装置切5N2风机支路跳闸信号。装置首先检测到5N2支路为次同步振荡源(39.37 Hz),装置切除5N2支路后系统振荡消失,而后随着5N1支路成为次同步振荡源(39.00 Hz),装置切除该支路后系统振荡消失。

设置5N1、5N2为超同步振荡源(5N2对应支路比5N1提前4s发生),通过模拟故障或调节发电机出力等工况,使系统发生超同步振荡,模拟试验结果见图7。图7中变量定义与图6一致,装置首先检测到5N2支路为超同步振荡源(70.00 Hz),装置切除5N2支路后系统振荡消失;而后随着5N1支路成为超同步振荡源(60.00 Hz),装置切除该支路后系统振荡消失。

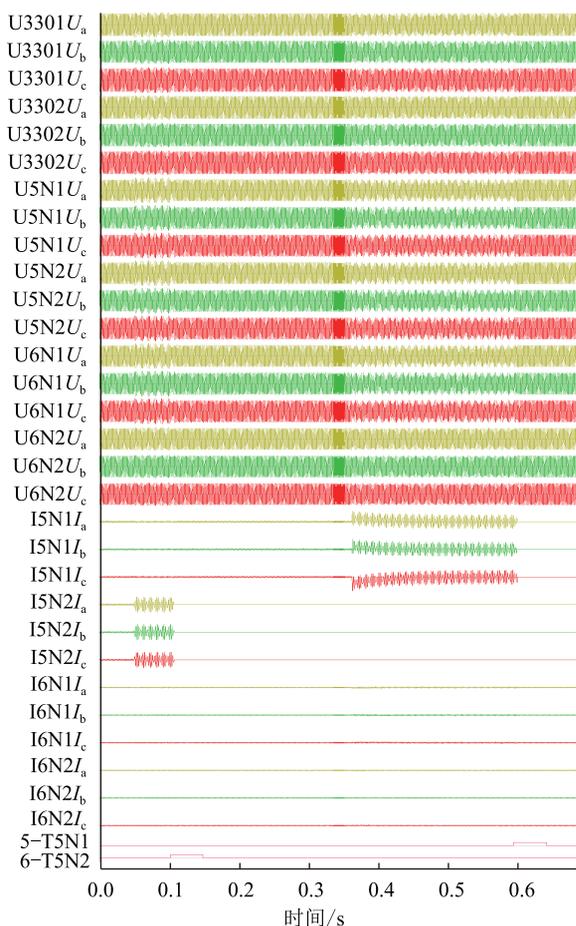


图7 超同步振荡故障录波

Fig.7 Fault recording of super-synchronization

#### 4 结语

随着电力电子技术在电网中的大规模应用,次(超)同步振荡发生的机理也日益复杂,对可能发生次(超)同步振荡的区域电网进行监测与控制成了分析机理与抑制振荡的重要手段。本文提出了一系列适应工程应用的方法,包括低通滤波以消除频谱混叠、根据递减特性以消除基波频谱泄露的影响、电气量突变下 FFT 计算结果多极值特性来滤除检测坏点,以此为基础开发的 SSP-522 次同步振荡监控装置,已在甘肃、宁夏等地投入运行,在现场多次检测到网内次(超)同步谐波以及幅值突变引起的谐波冲击。

FFT 频谱分辨率与计算数据窗长度的矛盾,导致算法无法区分间隔在 1 Hz 以内的多个谐波,同时由于监控装置实时性的要求,数据窗长度不宜过长。未来如何区分 1 Hz 以内的多个谐波是下一步的研究难点。在装置实时检测的次(超)同步谐波基础上,如何根据区域内谐波频谱与幅值的分布,准确定位谐波发生源,进行区域次同步振荡抑制的优化控制将是未来研究的重点。

#### 参考文献:

- [1] 时伯年,李树鹏,梅红明,等.含常规直流和柔性直流的交直流混合系统次同步振荡抑制研究[J].电力系统保护与控制,2016,44(20):113-118.  
SHI Bonian, LI Shupeng, MEI Hongming, et al. Research on the SSO restraining of hybrid system containing LCC-HVDC and VSC-HVDC[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(20): 113-118.
- [2] 赖联有,许伟坚.基于零相位误差滤波的局部放电故障识别[J].电力工程技术,2018,37(3):67-71.  
LAI Lianyou, XU Weijian. Recognition of partial discharge faults using zero phase error filtering[J]. Electric Power Engineering Technology, 2018, 37(3): 67-71.
- [3] MOHAMMAD A, MARTA M. Understanding the origin of oscillatory phenomena observed between wind farms and HVDC systems[J]. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, 2017, 5(1): 378-392.
- [4] 张东辉,谢小荣,刘世宇,等.串补输电系统中次同步谐振的模式阻尼推导[J].电力系统自动化,2008,32(6):5-8.  
ZHANG Donghui, XIE Xiaorong, LIU Shiyu, et al. Modal damping of subsynchronous oscillation on compensated transmission systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(6): 5-8.
- [5] 徐梅梅,徐玉韬,白加林,等.串补电容引起的次同步谐振对距离保护的影响[J].南方电网技术,2015,9(2):84-90.  
XU Meimei, XU Yutao, BAI Jialin, et al. Influence of series compensation capacitor cause subsynchronous resonance on distance protection[J]. Southern Power System Technology, 2015, 9(2): 84-90.
- [6] 周前,张潮,张宁宇,等.2018年多直流馈入江苏规划电网连锁换相失败分析[J].电力工程技术,2018,37(1):51-57.  
ZHOU Qian, ZHANG Chao, ZHANG Ningyu, et al. Analysis on commutation failures in multi-infeed HVDC system in planning power grid of Jiangsu in 2018[J]. Electric Power Engineering Technology, 2018, 37(1): 51-57.
- [7] 王亮,谢小荣,姜齐荣,等.大规模双馈风电场次同步谐振的分析与抑制[J].电力系统自动化,2014,38(22):26-31.  
WANG Liang, XIE Xiaorong, JIANG Qirong, et al. Analysis and mitigation of SSR problems in large-scale wind farms with doubly-fed wind turbines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(22): 26-31.
- [8] KHALED M A, YASSER A I M, WILSON X. Modeling, analysis, and suppression of the impact of full-scale wind-power converters on subsynchronous damping[J]. IEEE Systems Journal, 2013, 7(4): 700-712.
- [9] 朱旭凯,周孝信,田芳,等.基于本地测量信号的 TCSC 抑制次同步振荡附加控制[J].电力系统自动化,2011,35(23):22-25.  
ZHU Xukai, ZHOU Xiaoxin, TIAN Fang, et al. Supplementary damping control of TCSC for subsynchronous oscillation based

- on local measured signal[J]. Automation of Electric Power Systems, 2011, 35(23):22-25.
- [10] 鹿建成, 李啸骢, 黄维, 等. 基于SSSC和励磁协调抑制次同步振荡的线性最优控制器设计[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(1):21-27.  
LU Jiancheng, LI Xiaocong, HUANG Wei, et al. Linear optimal controller of static series synchronous compensator and excitation to suppress sub-synchronous oscillation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(1):21-27.
- [11] 刘超, 蒋东翔, 谢小荣, 等. 次同步振荡引发的发电机组轴系疲劳损伤[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(15):19-22.  
LIU Chao, JIANG Dongxiang, XIE Xiaorong, et al. Fatigue damage of turbine generator shafting caused by subsynchronous oscillations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(15):19-22.
- [12] 李安娜, 吴熙, 蒋平, 等. 基于形态滤波和Prony算法的低频振荡模式辨识的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(3):137-142.  
LI Anna, WU Xi, JIANG Ping, et al. Research on identifying low frequency oscillation modes based on morphological filtering theory and Prony algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(3):137-142.
- [13] 马仁政, 陈明凯. 减少频谱泄露的一种自适应采样算法[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(7):55-58.  
MA Renzheng, CHEN Mingkai. An adaptive sampling algorithm for reducing spectrum leakage[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(7):55-58.
- [14] 王茂海, 孙元章. 基于DFT的电力系统相量及功率测量新算法[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(2):20-24.  
WANG Maohai, SUN Yuanzhang. A DFT-based for phasor and power measurement in power systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(2):20-24.
- [15] 王茂海, 齐霞. 电力系统次同步振荡分量的快速在线检测算法[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(18):149-154.  
WANG Maohai, QI Xia. Fast online detection method for power system sub-synchronous oscillation component[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(18):149-154.
- [16] 谢小荣, 王银, 刘华坤, 等. 电力系统次同步和超同步谐波相量的检测方法[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(21):199-194.  
XIE Xiaorong, WANG Yin, LIU Huakun, et al. Detection method for sub-synchronous harmonic phasors in power system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(18):199-194.
- [17] 黄迪山. FFT相位误差分析及实用修正方法[J]. 振动工程学报, 1994, 7(2):185-189.  
HUANG Dishan. Analysis on phase error in FFT and a practical approach method[J]. Journal of Vibration Engineering, 1994, 7(2):185-189.
- [18] 杨煜, 黎小林, 邓晶, 等. 贵广II回直流次同步振荡抑制措施的录波数据分析[J]. 南方电网技术, 2013, 7(3):21-24.  
YANG Yu, LI Xiaolin, DENG Jing, et al. Analysis on the recording data of countermeasures for subsynchronous oscillation of Guizhou-Guangdong II HVDC System[J]. Southern Power System Technology, 2013, 7(3):21-24.

---

作者简介:



李祝昆

李祝昆(1982—),男,硕士,高级工程师,从事电力系统安全稳定控制相关工作(E-mail:lizhukun@sgepri.sgcc.com.cn);

李雪明(1965—),男,硕士,研究员级高级工程师,从事电力系统安全稳定控制相关工作(E-mail:lixueming@sgepri.sgcc.com.cn);

徐海波(1981—),男,硕士,高级工程师,从事电力系统安全稳定控制相关工作。

## An Engineering Detecting Method for Sub-synchronization and Super-synchronization Harmonic Phasors

LI Zhukun, LI Xueming, XU Haiibo, HUANG Ling, SI Qinghua, WANG Jilin  
(NR Technology Co.,Ltd., Nanjing 210003, China)

**Abstract:** In view of the fact that the spectral resolution of the sub (super) synchronous component of the engineering site is sparse, this paper summarizes the inadaptability of the existing algorithm engineering application and proposes an engineering method of FFT calculation. The effect of spectral aliasing is first eliminated by combining the low-pass filter and the FFT data window length, and then eliminating the interference of fundamental frequency spectrum leakage to harmonic calculation through the decreasing characteristic of FFT calculation results. Finally, using the FFT correction algorithm to eliminate the influence of the fence effect to accurately calculate the frequency and amplitude of sub (super) synchronous oscillation harmonics. Meanwhile, according to the FFT spectrum amplitude of the number of extreme occurrences to distinguish between the sudden changes in the operating conditions of the amplitude, as a basis for the development of monitoring devices to meet the grid sub(super) synchronous oscillation of the precise monitoring of functional requirements.

**Key words:** subsynchronous oscillation; FFT; spectrum aliasing; spectrum leakage; picket fence effect

(编辑 钱悦)