

# 单端输出序滤波器的谐波特性及影响

华中理工大学 曾克城 周良松

## 摘要

本文对单端输出序滤波器的谐波特性及谐波干扰尤其是多种谐波干扰时滤波器输出波形畸变及峰值、有效值、平均值、基波一周内过零点数变化的变化用计算机程序进行了大量的计算。计算结果表明，谐波干扰将对原电力系统中反应基波分量相位、峰值、有效值及平均值动作的继电保护自动装置等产生严重影响而产生不正确动作行为。

## 前言

随着电力系统电压等级的提高，高压和超高压直流输电的发展及大量非线性负载的使用，谐波污染电力系统日趋严重。这样，原有电力系统中继电保护、自动装置等的运行可靠性为人们所关注。各种序滤波器作为测量元件大量使用于电力系统中的继电保护、自动装置等，它们对于谐波响应如何直接影响到继电保护自动装置的可靠性。我们通过计算机对几种序滤波器的谐波特性及谐波干扰后输出量的各种变化进行了大量的计算与分析，期望给人们在进行继电保护、自动装置运行性能分析时作一点参考。

### 一 电阻—电感型负序电流滤波器的谐波特性及影响

任何一个单端输出负序电流滤波器近似为一个线网络时，不管其内部结构和参数如何，当输入任意三相电流 $\dot{I}_{A_n}$ 、 $\dot{I}_{B_n}$ 、 $\dot{I}_{C_n}$ 时，其空载输出 $\dot{U}_{n(n)}$ 均可表示成为：

$$\dot{U}_{n(n)} = \dot{Z}_{A_n} \dot{I}_{A_n} + \dot{Z}_{B_n} \dot{I}_{B_n} + \dot{Z}_{C_n} \dot{I}_{C_n} + \dot{Z}_{N_n} \dot{I}_{N_n} \quad (1-1)$$

$Z_{A_n}$ 、 $Z_{B_n}$ 、 $Z_{C_n}$ 、 $Z_{N_n}$ 为滤波器的A、B、C三相和中线阻抗，它们由滤波器的结构和参数以及输入电流的谐波次数确定。

#### 1. 谐波特性

电阻—电感型负序电流滤波器的结构和参数如图1所示。电流变换器LB的变比为 $n_{LB}$ ，电抗变压器的基波模拟电抗为 $x_M$ ，且 $n_{LB} = \frac{W_3}{W_1}$ ， $R = \sqrt{3} x_M$

则得各阻抗如(1-2)式所示。

$$\left. \begin{aligned} Z_{A_n} &= R / n_{LB} \\ Z_{B_n} &= -jn x_M \\ Z_{C_n} &= jn x_M \\ Z_{N_n} &= -R / 3n_{LB} \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

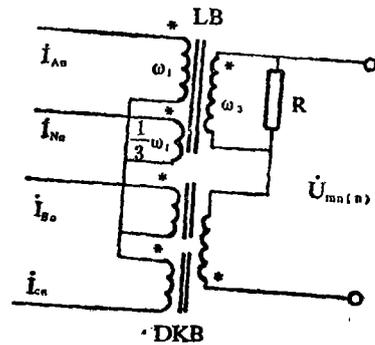


图1

(1-2)

$n$ ——输入谐波电流的次数

假定 $\dot{I}_{A_n}$ 、 $\dot{I}_{B_n}$ 、 $\dot{I}_{C_n}$ 为任意次对称三相电流<sup>\*</sup>，将式(1-2)代入(1-1)，则滤波器的空载输出为：

$$\dot{U}_{n(n)} = \begin{cases} -(n-1)\sqrt{3}X_M\dot{I}_{A_n} & n=1, 3k+1 \\ (n+1)\sqrt{3}X_M\dot{I}_{A_n} & n=1, 3k-1 \\ 0 & n=1, 3k \end{cases} \quad (1-3)$$

$k=1, 2, 3 \dots\dots$

当滤波器输出基波负序电流时，输出 $\dot{U}_{n(n)}$ 为：

$\dot{U}_{n(n)} = 2\sqrt{3}X_M\dot{I}_{A_n}$   $\dot{I}_{A_n}$ 为基波A相电流，若将各次谐波电流，对应的输出表示成基波输出的相对值，则：

$$\frac{\dot{U}_{n(n)}}{\dot{U}_{n(n)}} = \begin{cases} -(n-1)/2 & n=1, 3k+1 \\ (n+1)/2 & n=1, 3k-1 \\ 0 & n=1, 3k \end{cases} \quad (1-4)$$

$n=3k+1$ 为谐波正序， $3k-1$ 为谐波负序， $3k$ 为谐波零序。

(1-4)式所表示的即为电阻——电感型负序电流滤波器的谐波特性如图2和图3所示。

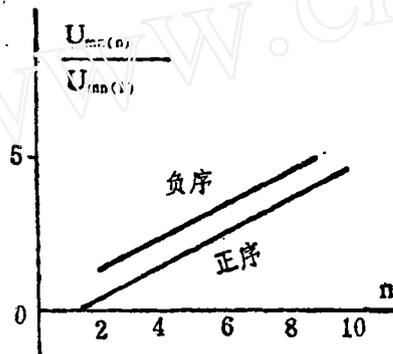


图2 幅频特性

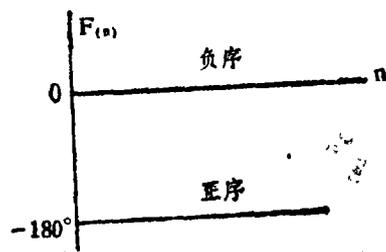


图3 相频特性

$F(n)$ 为 $n$ 次谐波电流通过序滤波器产生的相位移。

<sup>\*</sup> 当 $\dot{I}_{A_n}$ 、 $\dot{I}_{B_n}$ 、 $\dot{I}_{C_n}$ 为任意次三相不对称电流时，可将 $\dot{I}_{A_n}$ 、 $\dot{I}_{B_n}$ 、 $\dot{I}_{C_n}$ 分解成对称的三相正序、负序和零序电流而所得特性仍如图2和图3所示。

从式(1-4)和图2图3可知，电阻——电感型负序电流滤波器对于谐波响应有如下特点：

① B、C两相谐波阻抗随谐波次数增高而增大，故导致序滤波器输出电压随谐波次数 $n$ 而迅速增长。

② 对于负序谐波电流的放大能力比正序谐波电流强而使负序谐波电流对于序滤波器

的干扰更为严重；

③滤波器对于负序基波和谐波电流不产生相移而使正序谐波电流产生 $+180^\circ$ 相移。

④任意零序谐波和基波零序均不通过序滤波器；

计算结果还表明，对于含电抗变压器而类似上述接线的负序电流或复合电流滤波器均有上述类似的谐波特性而不重述。

## 2. 谐波对输出的影响

我们考虑谐波对于序滤波器的影响重点是多谐波干扰为主要计算分析对象。计算中，假定电力系统在正常时无负序电流而故障时基波负序电流为100%。输入谐波电流幅值 $I_n$ 均以基波负序电流为基准，并令对应基波负序电流的输出峰值为1.414，有效值为1，平均值为0.9，一周(20ms)内过零点数为2。除图4中正序谐波和负序谐波间起始点差 $180^\circ$ 外，其余均以正、负序谐波有相同起始点为计算条件。

图4~图8为各种谐波干扰时电阻——电感型负序电流滤波器输出的波形。

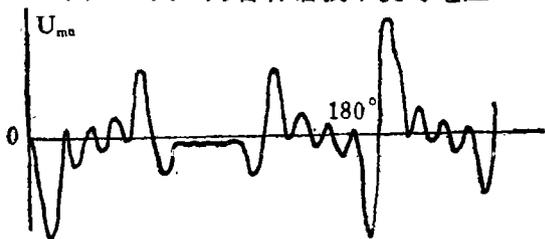


图4 正常时( $n=6k \pm 1, k=1 \sim 4$ )  
 $I_n = \frac{1}{n}$ 的多谐波干扰时输出波形峰值4.375  
4.948有效值1.436 平均值0.936 过零点  
数35

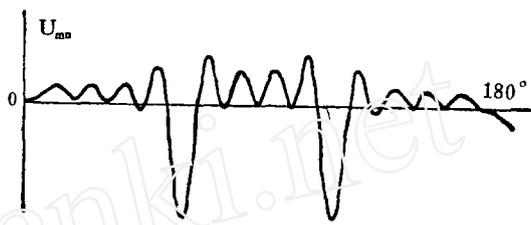


图5 正常时( $n=6k \pm 1, k=1 \sim 4$ )  
 $I_n = \frac{1}{n}$ 的多谐波干扰时输出波形峰值  
有效值1.436 平均值0.905 过零点31

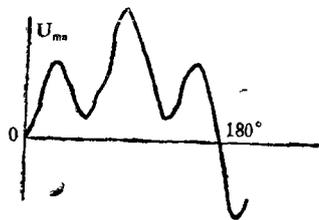


图6 故障时 $I_n = \frac{1}{5}$ 五次谐波干扰时  
输出波形 峰值2.263 有效值1.166  
平均值1.008 过零点 数3

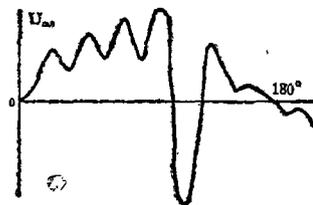


图8 故障时( $n=3k \pm 1, k=1 \sim 4$ )  
 $I_n = \frac{1}{n}$ 多谐波干扰时输出波形 峰值  
3.89有效值1.81 平均值1.517 过零  
点数6

分析计算的各种波形图和数值表明：

①不管系统处于正常运行还是在故障状态下，谐波干扰存在都将引起序滤波器输出波形、输出值大小、相位等的变化。例如，输出波形20ms内过零点数目显著增加，输出峰值、有效值、平均值升高。这些变化将导致电力系统中以负序(复合)基波电流相位、大小为判据的继电保护自动装置大大降低可靠性而危及系统的安全运行。

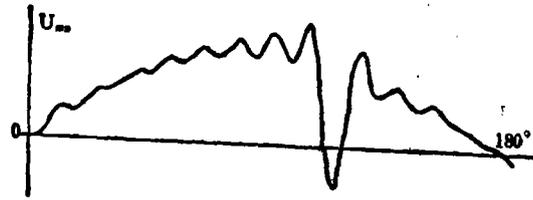


图7 故障时 ( $n=3k \pm 1, k=1 \sim 8$ )  $I_n = \frac{1}{5n}$  的多谐波干扰时输出波形

峰值 1.977 有效值 1.082 平均值 0.956 过零点数 6

② 干扰滤波器的谐波电流的个数增加对于输出的影响远比单个和几个谐波干扰时严重得多。从表 2 中可见, 忽略 13 次以上的高次谐波的影响其计算结果和波形大不相同;

③ 谐波电流的相位如何不影响滤波器输出有效值的大小, 但却改变峰值、平均值的大小、出现峰值的时间、过零点数目及波形的形状等;

④ 偶次谐波存在严重地影响输出峰值的大小, 使输出峰值大大增加但对有效值和平均值的影晌较小;

⑤ 在同等谐波影响下, 系统正常时滤波器的输出峰值比系统故障 (或存在基波负序电流) 时大得多;

⑥ 大量计算表明, 含电抗变压器的序滤波器或复合序滤波器在没有采取抗谐波措施时不宜作为继电保护自动装置中的测量元件使用, 否则势必导致保护等的不正确动作。

## 二 阻容式负序电流滤波器的谐波特性及影响

### 1. 谐波特性

阻容式负序电流滤波器的结构和参数如图 9 所示。图中,  $R = \frac{x_c}{\sqrt{3}}$ ,  $x_c$  为电容 C 的容抗 (基波), 电流变换器的变比  $n_{LB1}$  和  $n_{LB2}$  为:

$$n_{LB1} = \frac{W_3}{W_1} \quad W_1 = 3W_2$$

$$n_{LB2} = \frac{W_6}{W_4} \quad W_4 = W_5$$

故滤波器的各谐波阻抗如下:

$$\left. \begin{aligned} Z_{A_n} &= -j \frac{x_c}{n \cdot n_{LB1}} \\ Z_{B_n} &= -R / n_{LB2} \\ Z_{C_n} &= R / n_{LB2} \\ Z_{N_n} &= j \frac{x_c}{3n \cdot n_{LB1}} \end{aligned} \right\} (2-1)$$

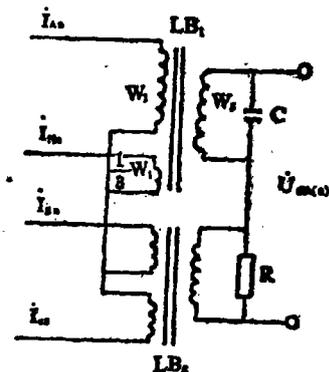


图 9

式中知, A 相和中线阻抗的大小与谐波次数有关, 随谐波次数的增高而减少。设三相电

流  $\dot{I}_{A1}$ 、 $\dot{I}_{A2}$ 、 $\dot{I}_{C0}$  为任意次对称谐波电流，可得到此滤波器的空载输出  $\dot{U}_{n \dots (n)}$  为：

$$\dot{U}_{n \dots (n)} = \begin{cases} j \frac{n-1}{n} \frac{x_c}{n_{L B 1}} \dot{I}_{A1} & n=1, 3k+1 \\ -j \frac{n+1}{n} \frac{x_c}{n_{L B 2}} \dot{I}_{A2} & n=1, 3k-1 \\ 0 & n=1, 3k \end{cases} \quad (2-2)$$

对于基波负序电流的输出为  $\dot{U}_{n \dots (1)}$ ，则：

$$\dot{U}_{n \dots (1)} = -2j \frac{x_c}{n_{L B 1}} \dot{I}_{A1}$$

因而任意次谐波电流的输出相对值为：

$$\frac{\dot{U}_{n \dots (n)}}{\dot{U}_{n \dots (1)}} = \begin{cases} -\frac{n-1}{2n} & n=1, 3k+1 \\ \frac{n+1}{2n} & n=1, 3k-1 \\ 0 & n=1, 3k \end{cases} \quad (2-3)$$

则由式 (2-3) 可得阻容式负序电流滤波器的谐波特性如图10和11所示。

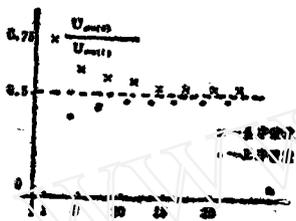


图10 幅频特性

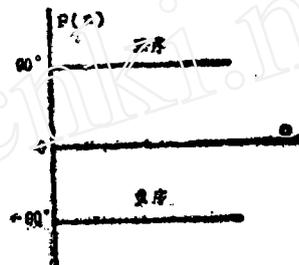


图11 相频特性

从上图可见，阻容式负序电流滤波器的谐波特性有以下特点：

①随谐波次数  $n$  的增高，滤波器输出逐渐趋向基波负序电流输出值的50%，正序谐波输出显增加趋势而负序谐波显减少趋势；

②滤波器对正序谐波产生  $90^\circ$  相移，对负序谐波产生  $-90^\circ$  相移，因此对于同次同相的正序和负序谐波电流在输出端反相；

③任何零序性质的电流不能通过滤波器；

④阻容或负序电流滤波器谐波特性比电阻——电感型负序电流滤波器的好，或者说抗高次谐波干扰能力强。

## 2. 谐波对滤波器的影响：

在不同的系统状态下，进行了多种谐波干扰影响的计算，结果均列入表2中，并绘出图12~15的多种谐波干扰时输出波形。这些计算表明，阻容式负序电流滤波器亦受谐波干扰的影响，尤其是在系统正常运行时，由于基波负序为0，滤波器输出波形十分差，表现在20ms内过零点数目增加，输出峰值、有效值、平均值也有不小的数值。这样可能

引起原有电力系统中的继电保护、自动装置的误动作。但从计算的结果表明,阻容式负序电流滤过器受谐波干扰影响远小于电阻—电感型负序电流滤过器,突出表现在系统故障时阻容式滤过器输出波形20ms内过零点数目不变,输出峰值、有效值、平均值变化很小,波形畸变程度也较小。它与电阻—电感型负序电流滤过器不同之处是因两者对于正负序谐波的相移不同而导致系统正常时阻容式滤过器在同等谐波干扰下输出峰值较系统故障时小。这也进一步可以说明谐波相位影响着峰值的大小和出现峰值的时刻,因而也影响着反应序量峰值动作的保护的灵敏度和动作速度。

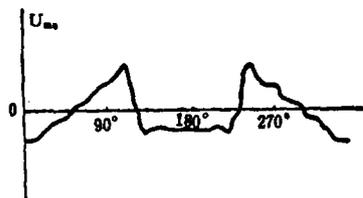


图12 正常时 ( $n = 3k \pm 1, k = 1 \sim 4$ )

$I_n = \frac{1}{n}$  的多谐波干扰时输出峰值0.916  
有效值0.422 平均值0.371 过零点数4

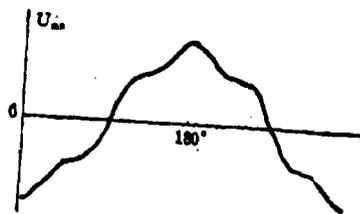


图13 故障时  $I_n = \frac{1}{5}$  的五次谐波干扰时输

出峰值1.584 有效值1.007 平均值  
0.922 过零点2

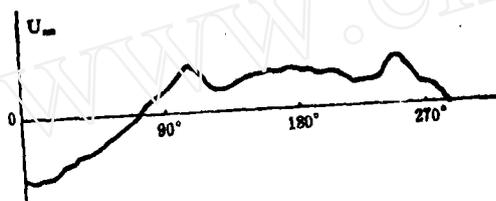


图14 故障时 ( $n = 3k \pm 1, k = 1 \sim 4$ )

$I_n = \frac{1}{n}$  的多谐波干扰时输出 峰值1.384  
有效值1.085 平均值0.973 过零点数2

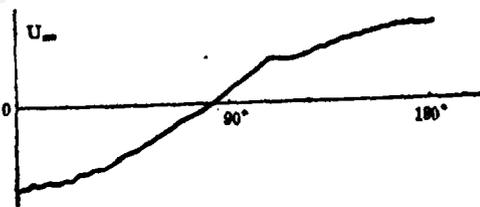


图15 故障时 ( $n = 3k \pm 1, k = 1 \sim 8$ )  $I_n = \frac{1}{5n}$

的多谐波干扰时输出 峰值1.528 有效值  
1.004 平均值0.908 过零点数2

### 三 负序电压滤过器的谐波特性及影响

#### 1. 谐波特性:

负序电压滤过器的结构和参数如图16所示,设电容 $C_1$ 和 $C_2$ 的基波容抗为 $x_1$ 和 $x_2$ ,  
 $R_1 = \sqrt{3}x_1$ ,  $R_2 = x_2/\sqrt{3}$ 。对于任意次三相谐波电压 $\dot{U}_{Aa}$ 、 $\dot{U}_{Ba}$ 、 $\dot{U}_{Ca}$ , 滤过器的  
空载输出电压为:

$$\dot{U}_{aa'(\pi)} = K_{AB} \dot{U}_{BCa} + K_{BC} \dot{U}_{BCa} \quad (3-1)$$

其中  $\dot{K}_{ABn} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{3n^2}}} \angle \varphi_{ABn}$

$\varphi_{ABn} = \text{tg}^{-1} \frac{1}{\sqrt{3}n}$ ,  $\dot{K}_{BCn} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{n^2}{3}}} \angle \varphi_{BCn}$

$\varphi_{BCn} = \text{tg}^{-1} \frac{n}{\sqrt{3}}$ , 当  $\dot{U}_{A_n}, \dot{U}_{B_n}, \dot{U}_{C_n}$  为对称三相

正序或负序谐波电压时,  $\dot{U}_{nn(n)}$  可表示为:

$$\dot{U}_{nn(n)} = \begin{cases} \dot{K}_{ABC} \dot{U}_{ABn} + \dot{K}_{BCn} \dot{U}_{ABn} / -120^\circ & n=1, 3k+1 \\ \dot{K}_{ABn} \dot{U}_{ABn} + \dot{K}_{BCn} \dot{U}_{ABn} / 120^\circ & n=1, 3k-1 \end{cases} \quad (3-2)$$

令  $\dot{U}_{ABn} = 1$ , 可知此滤波器的谐波特性如式 (3-3) 所示。

$$\dot{U}_{nn(n)} = \begin{cases} \dot{K}_{ABn} + \dot{K}_{BCn} / -120^\circ \\ \dot{K}_{ABn} + \dot{K}_{BCn} / 120^\circ \end{cases}$$

$$= \begin{cases} a + jb & n=1, 3k+1 \\ c + jd & n=1, 3k-1 \end{cases}$$

$$a = \frac{\cos \varphi_{ABn}}{\sqrt{1 + \frac{1}{3n^2}}} + \frac{\cos \varphi_1}{\sqrt{1 + \frac{n^2}{3}}}$$

$$b = \frac{\sin \varphi_{ABn}}{\sqrt{1 + \frac{1}{3n^2}}} + \frac{\sin \varphi_1}{\sqrt{1 + \frac{n^2}{3}}}$$

$$\varphi = \varphi_{BCn} - 120^\circ$$

$$c = \frac{\cos \varphi_{ABn}}{\sqrt{1 + \frac{1}{3n^2}}} + \frac{\cos \varphi_2}{\sqrt{1 + \frac{n^2}{3}}}$$

$$d = \frac{\sin \varphi_{ABn}}{\sqrt{1 + \frac{1}{3n^2}}} + \frac{\sin \varphi_2}{\sqrt{1 + \frac{n^2}{3}}}$$

$$\varphi_2 = \varphi_{BCn} + 120^\circ$$

当  $n \rightarrow \infty$  时,  $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt{a^2 + b^2} = 1$

$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt{c^2 + d^2} = 1$

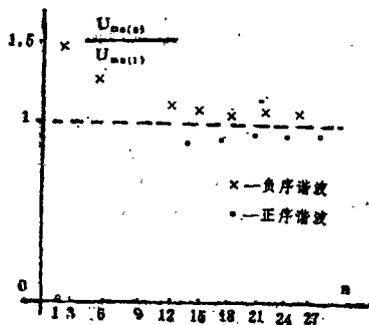


图17 幅频特性

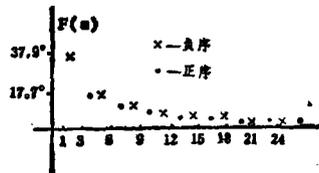


图18 相频特性

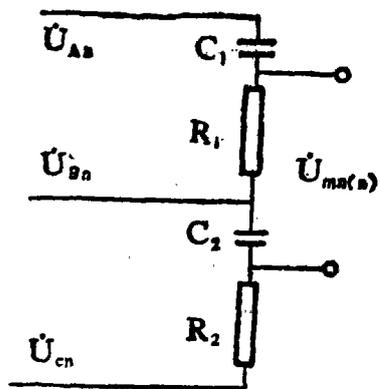


图16

得用图17和18所表示的谐波特性。

上述谐波特性表明，负序电压滤过器受负序谐波电压的影响较正序谐波电压更严重，尤其是较低次负序谐波的影响更为显著。随着谐波次数的增高滤过器的输出趋向于相对值1.0，其正序和负序谐波随n的变化规律类同于阻容式负序电流滤过器。由于谐波电压的输出随n增高而趋于一个稳定值，因此高次谐波对于序滤过器的影响也不容忽视。

## 2. 谐波干扰的影响

图19~22为多谐波干扰与单谐波干扰时序滤过器的输出波形。

表2 谐波干扰下序滤过器输出电压参数变化

状态	类型 参数 NA NK NC	电阻—电感型负序电流滤过器				阻容式负序电流滤过器				负序电压滤过器			
		峰值	有效值	平均值	过零点	峰值	有效值	平均值	过零点	峰值	有效值	平均值	过零点
		系统正常	1,3,13	5.111	1.509	0.97	≥14	0.916	0.422	0.371	4	1.362	0.542
	1,3,25	10.024	2.072	1.10	≥25	0.979	0.429	0.376	4	1.557	0.552	0.472	4
	5,3,13	1.022	0.302	0.194	≥14	0.183	0.084	0.074	4	0.272	0.108	0.093	3
	5,3,25	2.055	0.414	0.22	≥25	0.196	0.086	0.075	4	0.311	0.110	0.094	3
	1,6,25	4.948	1.436	0.905	≥26	0.37	0.156	0.126	10	0.553	0.211	0.172	10
系统故障	1,3,13	3.89	1.81	1.52	6	1.951	1.085	0.973	2	2.697	1.138	0.968	2
	1,3,25	8.799	2.301	1.707	10	1.948	1.088	0.971	2	2.85	1.142	0.967	2
	1,6,25	3.724	1.75	1.485	10	1.531	1.012	0.925	2	1.848	1.022	0.923	2
	5,3,13	1.822	1.045	0.913	2	1.522	1.004	0.907	2	1.615	1.006	0.907	2
	5,3,25	1.977	1.082	0.956	6	1.528	1.004	0.908	2	1.609	1.006	0.907	2
	3,3,25	2.408	1.215	1.069	6	1.604	1.010	0.915	2	1.814	1.017	0.914	2
	3,3,13	2.111	1.119	0.962	6	1.593	1.01	0.914	2				
	n=5	2.263	1.166	1.008	2	1.584	1.007	0.922	2	1.61	1.014	0.916	2

NA——指n次谐波的幅值 $I_n = \frac{1}{n \cdot NA}$

NK——指谐波次数 $n = NK \cdot K \pm 1, k = 1, 2, 3 \dots$

NC——谐波的最高次数

例如, 1, 3, 13指 $n=3k \pm 1$ 的谐波, 其幅值为 $\frac{1}{n}$ , 迭加干扰的谐波最高为13次

即2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13次谐波干扰均存在。

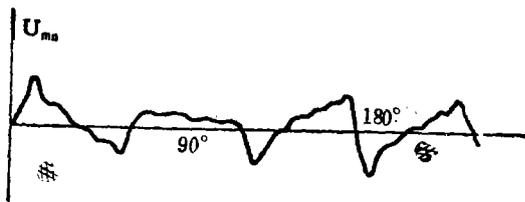


图19 正常时( $n=6k \pm 1, k=1 \sim 4$ )  
 $I_0 = \frac{1}{n}$ 的多谐波干扰时输出 峰值0.553  
有效值0.211 平均值0.172 过零点数10

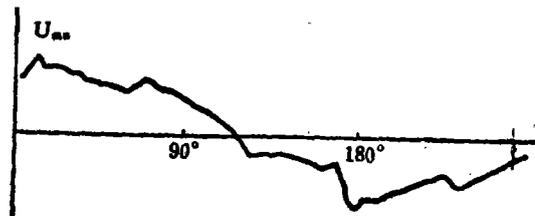


图20 故障时( $n=6k \pm 1, k=1 \sim 4$ ) $I_0 = \frac{1}{n}$   
的多谐波干扰时输出 峰值1.845 有效值  
1.022 平均值0.923 过零点数2

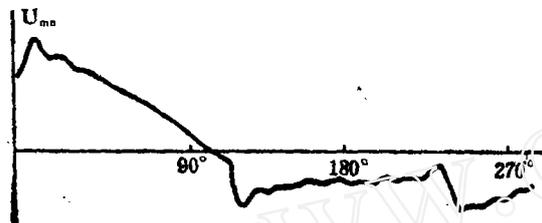


图21 故障时( $n=3k \pm 1, k=1 \sim 8$ )  
 $I_0 = \frac{1}{n}$ 的多谐波干扰时输出 峰值2.848  
有效值1.142 平均值0.967

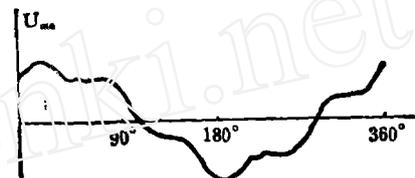


图22 故障时( $I_0 = \frac{1}{5}$ )的五次谐波  
干扰时输出 峰值1.61 有效值1.014  
平均值0.916

数例计算结果表明, 谐波干扰对于负序电压滤过器的影响主要是输出峰值的增加而平均值、有效值和20ms内过零点数变化极小。因此, 它影响系统中以负序电压峰值为启动量的继电保护等装置可能在正常情况产生误动作。

#### 四 正序电压滤过器的谐波特性及影响

正序电压滤过器的结构只须将图16中A、C两输入端子对调。将 $\dot{U}_{CB}$ 和 $\dot{U}_{BA}$ 分别替代式(3-1)中的 $\dot{U}_{AB}$ 和 $\dot{U}_{BC}$ 。则正序电压滤过器在空载时的输出电压 $\dot{U}_{m(n)}$ 为:

$$\dot{U}_{m(n)} = \begin{cases} \dot{K}_{AB} \dot{U}_{AB} / 60^\circ - \dot{K}_{BC} \dot{U}_{AB} & n=1, 3k+1 \\ \dot{K}_{AB} \dot{U}_{AB} / -60^\circ - \dot{K}_{BC} \dot{U}_{AB} & n=1, 3k-1 \end{cases} \quad (4-1)$$

令  $\dot{U}_{ABn} = 1$ , 将(4-1)式略加整理可得,

$$\dot{U}_{n..(..)} = \begin{cases} a + jb & n = 1, 3k + 1 \\ c + jd & n = 1, 3k - 1 \end{cases} \quad (4-2)$$

$$a = \frac{\cos\varphi_1}{\sqrt{1 + \frac{1}{3n^2}}} - \frac{\cos\varphi_{BCn}}{\sqrt{1 + \frac{n^2}{3}}}$$

$$b = \frac{\sin\varphi_1}{\sqrt{1 + \frac{1}{3n^2}}} - \frac{\sin\varphi_{BCn}}{\sqrt{1 + \frac{n^2}{3}}}$$

$$\varphi_1 = \varphi_{ABn} + 60^\circ$$

$$c = \frac{\cos\varphi_2}{\sqrt{1 + \frac{1}{3n^2}}} - \frac{\cos\varphi_{BCn}}{\sqrt{1 + \frac{n^2}{3}}}$$

$$d = \frac{\sin\varphi_2}{\sqrt{1 + \frac{1}{3n^2}}} - \frac{\sin\varphi_{BCn}}{\sqrt{1 + \frac{n^2}{3}}}$$

$$\varphi_2 = \varphi_{ABn} - 60^\circ$$

上式表示正序电压滤过器的谐波特性, 用图23和图24表示如下

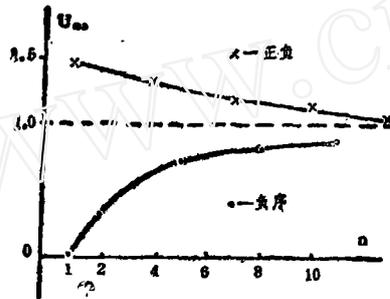


图23 幅频特性

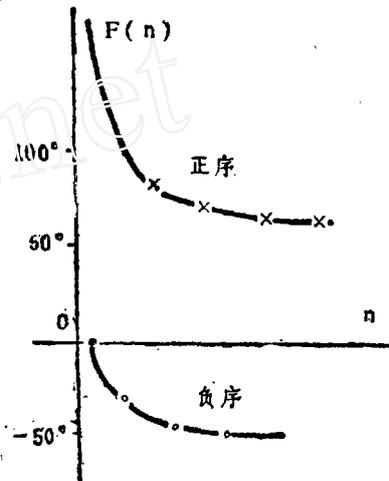


图24 相频特性

可见, 正序电压滤过器有类同负序电压滤过器的幅频特性。因此, 可以推测到正序电压滤过器受谐波干扰的影响也不可避免地存在而影响到有关继电保护、自动装置的运行可靠性。

## 五 结 论

从上面大量对于序滤过器谐波干扰影响的计算结果表明, 电力系统中的谐波污染对系统中很多有关继电保护自动装置确产生严重影响而危及电力系统的安全运行;

1. 谐波干扰使序滤过器在系统正常时有较大输出且20ms内过零点数目大大增加。这种输出势必导致原系统中以序量大小、相位为判据的保护自动装置在正常时误动作。

2. 序滤过器在系统故障时输出峰值、有效值、平均值的增加使某些保护测量产生误差而作错误判断, 而最为严重的还在于输出波形的严重畸变和过零点数目与位置的变

# 交直流继电器可靠性试验装置

河北工学院 郭彦涛 张云峰 陆俭国

## 摘要

本文介绍了一种用于交直流继电器机械寿命可靠性试验的微机控制与检测装置的原理、硬件及软件设计以及其抗干扰措施。

## 一 前 言

产品的可靠性是其质量的一个重要组成部分。一般的产品除了要具有一定的技术指标外还应具有较高的可靠性指标。尤其是对继电器这类广泛用于各种控制系统和继电器保护系统的元件,更应满足用户的可靠性要求。按照继电器产品标准的规定,其寿命试验一般分为电寿命试验及机械寿命试验。在机械寿命试验时触点不带负载,在试验过程中一般不进行监测而仅以试验后是否有零部件发生机械损伤或严重的永久变形作为判断试验是否通过的依据。这种试验存在下列问题:在试验过程中衔铁可能由于某种原因(衔铁歪斜,导轨中存在碎屑等)卡住,导致线圈激励时衔铁不能吸合或线圈断电后不能释放。但零部件未损坏且过一定次数后可能又自行恢复正常。按常规的试验方法应判为机械寿命试验合格。但实际上已有若干次未正常工作。因此,合理的方法是应考核继电器的可靠机械寿命。为此,我们研制成了RTDML—2型交直流继电器机械寿命可靠性测试装置。

化将导致方向性及比相元件等的不正确动作即外部短路时误动而内部短路时却拒动;

3. 进入序滤波器的谐波个数的多少主要影响滤波器输出峰值,过零点数目的增加而对有效值和平均值影响相对小;

4. 阻容式序滤波器较含电抗变压器的序滤波器抗谐波干扰能力强;

5. 多个谐波哪怕是幅值较小的多个谐波对于序滤波器的干扰远比单个和几个谐波干扰时情况严重得多。因此验证谐波对继电保护和自动装置等的影响应以多个谐波存在为条件;

6. 各谐波的相位变化不影响滤波器输出有效值大小但却改变输出峰值大小和时刻,也改变平均值大小和过零点的数目及波形形状。

## 参考资料

1. 电气铁路不平衡谐波对保护装置中负序电流滤波器的影响分析;山西电力试验所 吕炳敏
2. 电力系统谐波学术会议论文集;中国电机工程学会