

苏联电站部技术司

ДФ3-2型高频保护装置调整、检验 及运行导则

水利电力部技术改进局译

水利电力出版社

前 言

近年来由于电力系统的迅速发展，在有些系统中已开始广泛地采用了高频保护装置以适应系统运行的要求。

ДФЗ-2型相差动高频保护装置即属于上述高频保护装置之一，目前国内某些系统中已广泛加以采用，并且国内也已开始制造。正确地掌握和使用这种保护装置，对保证系统的安全运行具有重大的意义。因此，运行与调整单位的人员应当努力学习，尽快掌握，使其能起到应有的作用，并同时积累起自己的经验。

为了帮助运行与调整单位的人员尽快达到上述要求，我司特指定技术改进局翻译了苏联电站部技术司1957年出版的“ДФЗ-2型高频保护装置调整，检验及运行导则”作为运行调整单位工作中的重要参考资料。希望各单位将工作中所遇到的问题和意见随时加以总结，径寄水利电力部技术改进局，以便将来对本导则进行修改和补充。

水利电力部技术司

1958年7月26日

目 录

前 言

第一章 保护装置結綫图	4
1-1 动作原理	4
1-2 起 动 部 分	10
1-3 高频发訊机的操作部分	14
1-4 电流相位比較部分	18
1-5 电力系统短路时, 保护装置的動作情况	19
1-6 电压回路故障时, 保护装置的動作情况	22
1-7 訊号繼电 器	23
1-8 單相重合閘綫路上, 保护装置的結綫	24
第二章 保护装置的构造及技术数据	25
2-1 构造形式	25
2-2 技术数据	26
2-3 安裝及标誌	28
2-4 第1繼电 器組	38
2-5 第2繼电 器組	43
2-6 极性繼电 器	45
2-7 $\delta K P$ 繼电 器組	47
第三章 各种定值的計算整定	47
3-1 短路电流的計算	47
3-2 起动部分中各繼电 器定值的选定	47
3-3 复式电流滤波器 k 值的选定	52
3-4 保护装置閉鎖角的选定	56
第四章 保护装置的調整和試驗	56
4-1 总 則	56
4-2 安裝接綫的更改	57

4-3	保護裝置盤安裝質量的外部檢查	60
4-4	切換板, 試驗部件, 及接綫板的檢查方法	60
4-5	繼電器及繼電器組內機械部份的外部檢查	62
4-6	繼電器的調整方法	63
	a) 极性繼電器的調整	64
	6) $1HC$ 阻抗繼電器的調整	69
	b) 電話繼電器的調整	73
4-7	絕緣試驗	74
4-8	負序和零序電流起動部份電氣特性試驗	75
4-9	$3DT$, $4DT$ 電流繼電器試驗	82
4-10	$1DH$ 低電壓繼電器或 $1HC$ 阻抗繼電器試驗	82
	a) $1DH$ 低電壓繼電器試驗	83
	6) $1HC$ 阻抗繼電器試驗	83
4-11	高頻及訊機操作部份電氣特性試驗	87
4-12	電流相位比較部份電氣特性試驗	98
4-13	直流繼電器試驗	108
4-14	保護裝置各繼電器的相互動作檢查	114
4-15	保護裝置模擬短路試驗	117
4-16	保護裝置利用負荷電流的檢驗	119
附录 1	保護裝置定期試驗項目	123
附录 2	$\Delta\Phi 3-2$ 型相差動高頻保護裝置繼電器部份調整 試驗記錄	125
附录 3	氧化銅整流器試驗	138
附录 4	$1TH_1$ 和 $1TH_0$ 飽和互感器的試驗	143
附录 5	$\Delta\Phi 3-2$ 盤試驗時所需的儀表及設備	145
附录 6	隔離互感器的製造數據	146
	參考文獻	146

第一章 保护装置結綫图

1-1 动作原理

ДФ3-2保护装置采用比較綫路兩側对称分量电流(由 $\dot{I}_1 + K\dot{I}_2$, 复式滤过器中取得的 $\dot{I}_1 + K\dot{I}_2$ 电流)相位的“相位差动”原理, 而兩側电流的相位則利用高频电流沿作为高频通道的被保护綫路分別传送至另一側。

图1-1 及图1-2为保护装置的原理結綫图。

ДФ3-2 盘上所有元件可分为三个主要部份: 起动部份, 高频发訊机部份, 操作部份, 及电流相位比較部份。

起动部份于綫路发生任何短路故障时起动高频发訊机, 使2ΠP4繼电器綫卷(图1-1)接至相位比較回路, 并向保护装置的有关繼电器接点接上直流电源“正”电压。

操作部份的作用是保証发訊机仅于工频正半波的时限内工作, 故发訊机发出脉冲式的高频电流, 其宽度适等于兩脉冲間的中断部份。此等方块脉冲的相位相当于复式滤过器输出电压的相位, 亦即相当于該側 $\dot{I}_1 + K\dot{I}_2$ 电流的相位。上述对高频发訊机工作的控制作用, 即称“操作”。

电流相位比較部份的作用是判定短路故障发生的地点在被保护范围内抑在保护范围外。其判定方法是根据綫路兩側发訊机发出的高频脉冲間的相位差角, 亦即根据被保护綫路兩側复式滤过器出口对称分量电流的相位差角。

保护范围外部短路时, 綫路兩側工频电流相位差角为 180° , 故兩側发訊机不同时工作, 所发出的高频方块脉冲的相位差别为半个工频周波, 保护范围内部短路时, 綫路兩側

工頻電流同相，發訊機同時工作。其所發出的方塊脈沖亦同相。綫路任一側的收訊機均可同時接收本側及對側發訊機所發出的高頻脈沖訊號。

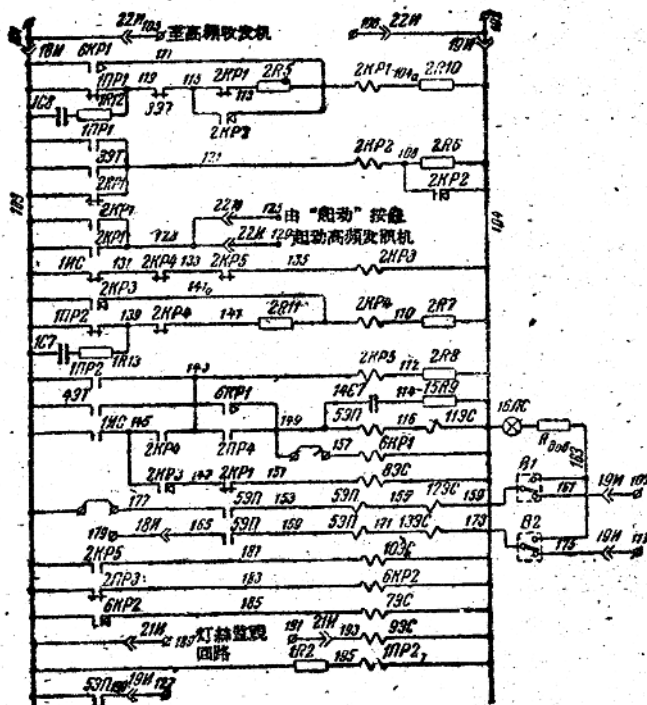
圖1-3乃在被保護綫路 m 側說明綫路外部短路或內部短路時，保護裝置的動作情況。

外部短路時，綫路 m 側發訊機發出的高頻方塊脈沖的中斷部份被 n 側送來的高頻脈沖所填滿。此時綫路兩側的收訊機接收連續不斷的高頻電流(圖1-3, θ')，保護裝置被閉鎖，收訊機的輸出電流及電流相位比較回路中 $2\Pi P_4$ 繼電器的綫卷內電流為零(圖1-3, e' 及 x')。

內部短路時，綫路兩側的高頻脈沖互相重迭(圖1-3, θ'')，高頻脈沖的中斷部份未能填滿，由於收訊機入口高頻電流有中斷部份，故收訊機的輸出電流為方塊脈沖(圖1-3, e'')， $2\Pi P_4$ 繼電器綫卷遂出現電流(圖1-3, x'')， $2\Pi P_4$ 繼電器動作， $5\Pi P$ 出口繼電器即動作跳閘。

電流相位比較回路中 $2\Pi P_4$ 繼電器綫卷中電流值隨被保護綫路兩側電流($i_1 + ki_2$)的相差角而變化。如不考慮高頻訊號傳送的時間延滯時(詳見下節)，上述電流的相差角與綫路兩側收訊機入口的高頻脈沖相差角相同。如以 $2\Pi P_4$ 繼電器綫卷中電流為縱座標，綫路兩側電流($i_1 + ki_2$)的相差角為橫座標，作出其變化曲綫，則此曲綫各相位特性曲綫，如圖1-4所示。圖中綫路兩側電流自母綫流向被保護綫路的方向定為正方向。

調節 $2\Pi P_4$ 繼電器的動作電流，可以變更保護裝置動作或閉鎖時在收訊機入口的兩側高頻脈沖的相位差角亦即綫路兩側電流的相差角。綫路兩側高頻脈沖間相差角非 180° 而保護裝置仍被閉鎖的角度範圍名閉鎖角。

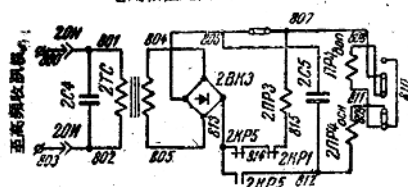


盤后按燈板

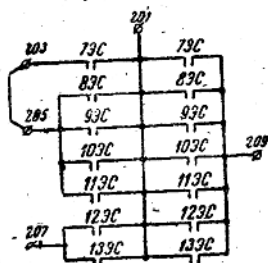
2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190	2191	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223	2224	2225	2226	2227	2228	2229	2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2237	2238	2239	2240	2241	2242	2243	2244	2245	2246	2247	2248	2249	2250	2251	2252	2253	2254	2255	2256	2257	2258	2259	2260	2261	2262	2263	2264	2265	2266	2267	2268	2269	2270	2271	2272	2273	2274	2275	2276	2277	2278	2279	2280	2281	2282	2283	2284	2285	2286	2287	2288	2289	2290	2291	2292	2293	2294	2295	2296	2297	2298	2299	2300	2301	2302	2303	2304	2305	2306	2307	2308	2309	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2317	2318	2319	2320	2321	2322	2323	2324	2325	2326	2327	2328	2329	2330	2331	2332	2333	2334	2335	2336	2337	2338	2339	2340	2341	2342	2343	2344	2345	2346	2347	2348	2349	2350	2351	2352	2353	2354	2355	2356	2357	2358	2359	2360	2361	2362	2363	2364	2365	2366	2367	2368	2369	2370	2371	2372	2373	2374	2375	2376	2377	2378	2379	2380	2381	2382	2383	2384	2385	2386	2387	2388	2389	2390	2391	2392	2393	2394	2395	2396	2397	2398	2399	2400	2401	2402	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409	2410	2411	2412	2413	2414	2415	2416	2417	2418	2419	2420	2421	2422	2423	2424	2425	2426	2427	2428	2429	2430	2431	2432	2433	2434	2435	2436	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2443	2444	2445	2446	2447	2448	2449	2450	2451	2452	2453	2454	2455	2456	2457	2458	2459	2460	2461	2462	2463	2464	2465	2466	2467	2468	2469	2470	2471	2472	2473	2474	2475	2476	2477	2478	2479	2480	2481	2482
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

图 1-1 保护装置
所有繼电器的接点位置均表

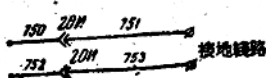
电流相位比较回路展开图



轨号回路展开图



直流回路展开图

直流回路展开图
示保护装置正在工作状态

被保护范围内
部短路时，线路两
侧复式电流滤波器的
输出电压相位有
若干角度差别，此
相位差角，由线路
两侧等价发电机电
动势的相位差，及
短路点两侧正序及
负序回路的阻抗角
差别来决定。

同时必须指
出，由线路两侧流
向短路点的正序及
负序电流数值一般
并不相同。即使线
路一侧的 i_1 及 i_2 分
量与他侧对应的分
量电流相位相同，
但由于线路两侧保
护装置安装点的 i_1
和 i_2 电流比值不
同，故 $i_1 + ki_2$ 电
流向量和的相位仍
不相同。故应儘可
能增大能使保护装
置动作的线路两侧

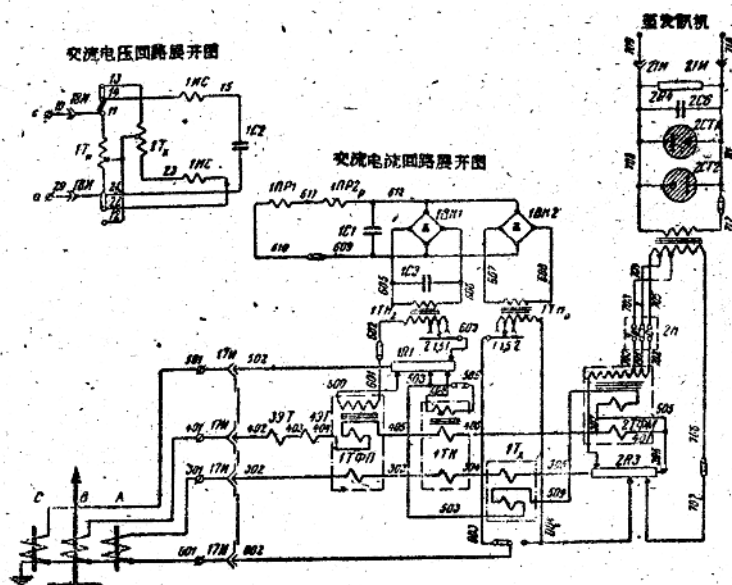


图 1-2 保护装置交流回路結綫图

盤后接綫板上另有特別用以連接第二組电流互感器的端子，但結綫图中未繪出。复式濾过器出口电压間的相差角。但此角度不能过大，否則綫路外部短路时，保护装置将不能可靠閉鎖。由于电磁波的传播有一定的速度，故高频訊号必需一定的時間迟滯始能自一側传送至另一側，此又将使电流相位产生每 100 公里 6° 的誤差。另再考虑电流互感器的誤差后，保护装置的閉鎖角 β (图 1-4) 应为 $\pm (45-60^\circ)$ 。故收訊机入口的兩側高频脈冲的相差角为 $(120-135^\circ)-(225-240^\circ)$ 时，保护装置被閉鎖，而当相差角为 $0^\circ-(120-135^\circ)$ 和 $(225-240^\circ)-360^\circ$ 时，保护装置可以动作。

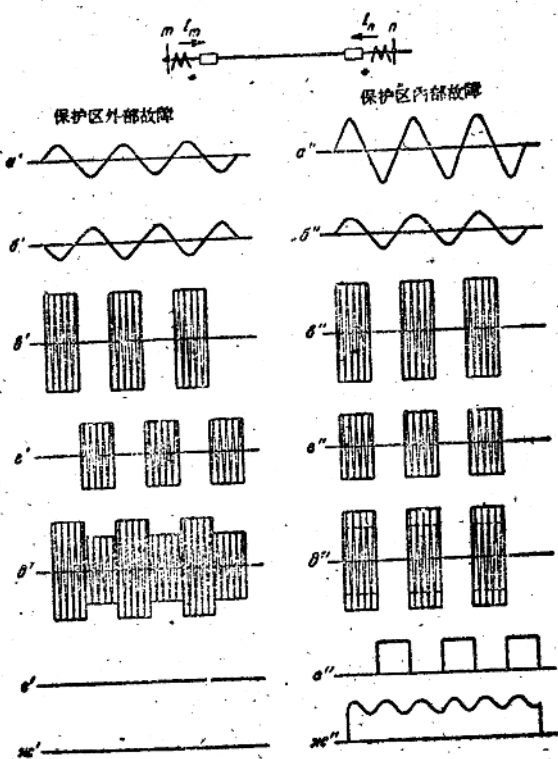


图 1-3 保护装置动作原理

a' , a'' — m侧复式滤波器出口电压; b' , b'' — n侧复式滤波器出口电压;
 s' , s'' — m侧高频讯号; s' , s'' — n侧高频讯号; d' , d'' — m侧收讯机入口
 高频讯号; e' , e'' — 收讯机出口电流; k_c' , k_c'' — 2PL4继电器线圈电流。

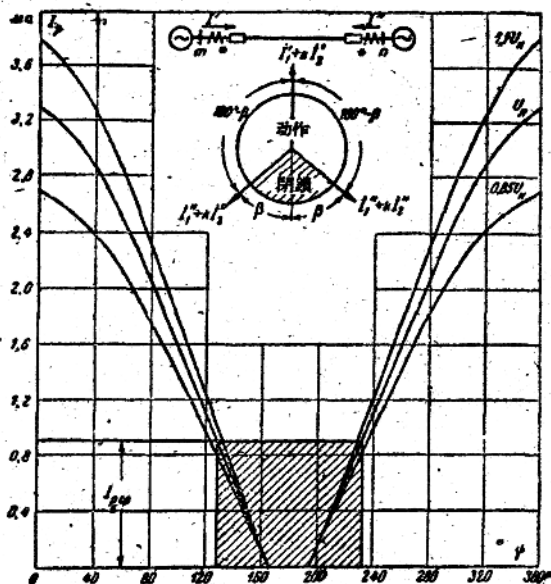


图 1-4 保护装置在不同的直流操作电压下的相位特性曲线
 β —保护闭锁角。

1-2 起动部分

保护装置起动部份包括 $1\Pi P1$ 和 $1\Pi P2$ 极性继电器, $1H0$ 阻抗继电器, $39T$, $49T$ 电流继电器, 及 $2KP1$, $2KP2$, $2KP3$, $2KP4$, $2KP5$ 等直流辅助继电器。以上各继电器的用途见 1-5 节。

不对称短路时, $1\Pi P1$, $1\Pi P2$ 两极性继电器起动保护装置。 $1\Pi P1$, $1\Pi P2$ 两继电器反应于负序电流, 但如 $1TH$ 互感器亦被切入使用时, 上述两继电器将同时反应于负序及零序

电流。

綫路对称短路时，保护装置經由 $1\Pi P1$ 、 $1\Pi P2$ 及 $1HC$ 阻抗繼电器起动。如綫路不长，則可用低电压繼电器以代替阻抗繼电器。

如对称短路电流較大，保护装置将同时經由接于綫路一相相电流的 $39T$ 、 $49T$ 兩电流繼电器起动。

对称短路时， $1HC$ 阻抗繼电器仅需 $1\Pi P1$ 及 $1\Pi P2$ 兩繼电器的接点开放一短时限，即可起动保护装置。能使該兩繼电器常閉接点开放的对称短路前的不对称情况历时 0.005 秒即已足够。

高频发訊机由 $1\Pi P1$ 及 $39T$ 繼电器起动，而 $1\Pi P2$ 、 $49T$ 及 $1HC$ 等繼电器則用以准备保护装置的跳閘回路。

$1\Pi P1$ 和 $39T$ 兩繼电器的灵敏度較 $1\Pi P2$ 和 $49T$ 兩繼电器的灵敏度为高。故当外部短路时，虽有可能仅綫路一側的 $1\Pi P2$ 或 $49T$ 动作，但兩側高频发訊机却必能保証可靠起动。 $1\Pi P2$ 繼电器的动作电流于制动綫卷 $1\Pi P2$ 接通时，其值为 $1\Pi P2$ 繼电器的兩倍。

$1\Pi P1$ 繼电器綫卷及 $1\Pi P2$ 繼电器的动作綫卷 $1\Pi P2$ ，經由 $1BK1$ 氧化銅整流器及 $1TH$ 饱和互感器接至負序电流滤波器。至于接在电流互感器零綫上的 $1TH$ 饱和互感器則仅当負序电流起动灵敏度不足够时始接入使用。变更 $1TH$ 及 $1TH$ 兩互感器的圈数比即可調整 $1\Pi P1$ 及 $1\Pi P2$ 兩繼电器的灵敏度。此外，如短路电流較大， $1TH$ 和 $1TH$ 兩饱和互感器尚可用以限制加于 $1BB1$ 和 $1BB2$ 兩氧化銅整流器的电压。

$1TH$ 互感器二次綫卷兩端接有 $1C3$ 电容器，其作用是降低平时高压綫路上的五次諧波在 $1\Pi P1$ 及 $1\Pi P2$ 兩繼电器綫卷中所造成的不平衡电流。

101 电容器对整流器的输出电流起滤波作用，故极性继电器的工作情况大为改善。

负序电流滤过器 由带气隙的 $1T\Phi\Pi$ 互感器， $1TK$ 电流互感器及 $1R1$ 电阻器等组成。 $1TK$ 互感器的变比为 5/5，其作用是补偿滤过器内由零序电流产生的电动势。 $1TK$ 互感器的二次侧绕组两端接于 $1R1$ 电阻器工作部份电阻值的 $1/3$ 处 ($1R1$ 电阻器工作部份电阻 $R1$ 接于 600 和 604 两端子间)。

$1T\Phi\Pi$ 互感器各一次侧绕组与二次侧绕组间的互感抗为 X_m ， X_m 值为以互感器一次侧绕组的电流除其二次侧绕组电动势所得之商。 X_m 与电阻 $R1$ 的关系如能满足下式时：

$$X_m = \frac{R_1}{\sqrt{3}}$$

则负序滤过器出口端子 (601—603 端子) 的总电动势将仅有负序分量。此不难证明，因实际上滤过器出口 (图 1-5) 电动势 E 的对称分量 E_1 ， E_2 ， E_0 为各个分量电流在 $R1$ 两端造成的电压降及 $1T\Phi\Pi$ 互感器二次侧绕组电压之和，如下：

$$\begin{aligned} \dot{E}_1 &= \dot{I}_{1C} \frac{2}{3} R_1 - (\dot{I}_{1A} + \dot{I}_{1B}) \frac{1}{3} R_1 + (\dot{I}_{1B} - \dot{I}_{1A}) j \frac{R_1}{\sqrt{3}} \\ &= \dot{I}_{1C} \frac{2}{3} R_1 + \dot{I}_{1C} \frac{1}{3} R_1 + j \sqrt{3} \dot{I}_{1C} j \frac{R_1}{\sqrt{3}} = 0. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{E}_2 &= \dot{I}_{2C} \frac{2}{3} R_1 - (\dot{I}_{2A} + \dot{I}_{2B}) \frac{1}{3} R_1 + (\dot{I}_{2B} - \dot{I}_{2A}) j \frac{R_1}{\sqrt{3}} \\ &= \dot{I}_{2C} \frac{2}{3} R_1 + \dot{I}_{2C} \frac{1}{3} R_1 - j \sqrt{3} \dot{I}_{2C} j \frac{R_1}{\sqrt{3}} = 2 \dot{I}_{2C} R_1. \end{aligned}$$

$$\dot{E}_0 = \dot{I}_0 \frac{2}{3} R_1 - 2 \dot{I}_0 \frac{1}{3} R_1 + (\dot{I}_0 - \dot{I}_0) j \frac{R_1}{\sqrt{3}} = 0.$$

上述各滤波器出口电动势对称分量的计算式，可根据图 1-5 中向量图求出。

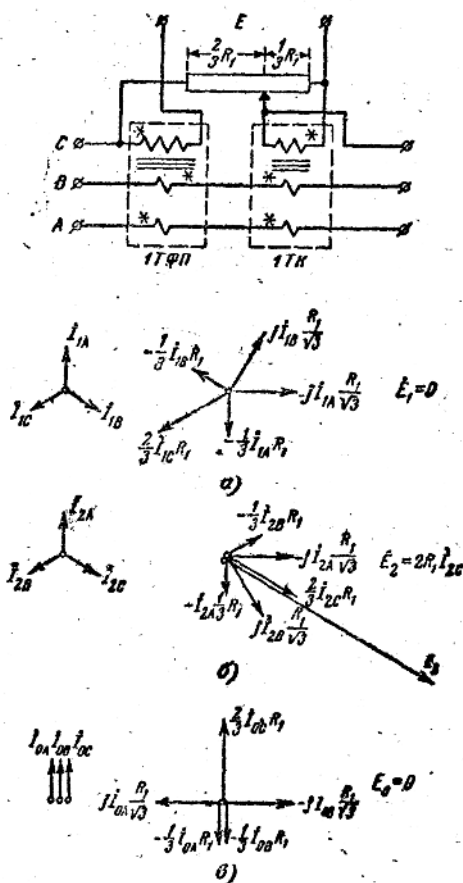


图 1-5 负序电流滤波器原理接线图及其出口电动势向量图
(a)正序分量；(b)负序分量；(c)零序分量。

由 E_2 的計算式中，可知起動部份的負序濾波器選出 C 相

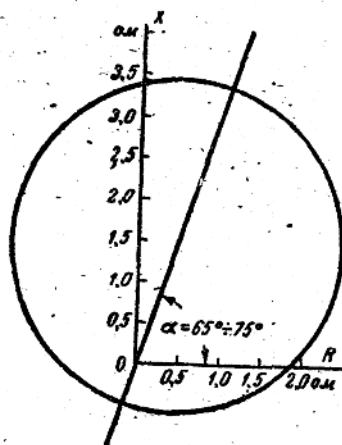


图 1-6 1HC 阻抗繼電的動作特性（最小定值）
 α —最大灵敏角。

負序電流。為了使綫路電流互感器的負阻分配較平均，故操作部份的複式濾波器所選出者為 A 相的正序和負序電流。

1HC 阻抗繼電器 經過 ITX 互感器接于 $I_A - I_C$ 相電流之差，並經由 1TH 自耦變壓器接至 U_{AC} 相間電壓。

繼電器的動作特性繪于阻抗復面時，其形狀如图 1-6 所示。為了消除死區，繼電器的特性圓相對座標軸原點偏移一段距離。

1-3 高頻發訊機的操作部分

高頻發訊機的操作部份包括 $I_1 + kI$ ，複式濾波器，2TM 中間互感器，及由 2C6 和 2R4 構成的負荷。2CT1 和 2CT2 兩穩壓管的作用是于短路電流過大時，對輸出電壓加以限制，使操作部份輸出電壓的幅度最大不超過 150—160 伏。

高頻電流脈衝的寬度視操作部份輸出的電壓 U_n 而定，其關係見圖 1-7。 U_n 電壓值過小時，由于高頻脈衝寬度增加，故閉鎖角亦增加。綫路內部短路時， $U_n = 8—12$ 伏，保護裝置即能保證動作可靠。 U_n 值與 $I_1 + kI$ ，複式濾波器中的 k 值有關。

当滤过器入口的正序电流为 (1.1—2) 安培或负序电流为 (0.28—0.25) 安培时, U_{α} 值为 12 伏。括弧内第一个数字表示 $k=4$ 时的数值, 而第二个数字则表示 $k=8$ 时的数值。

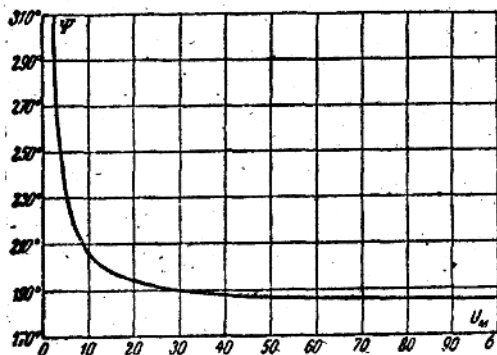


图 1-7 高频脉冲宽度 ψ (50 周波的电气角度) 与操作电压值的关系

复式电流滤过器 由带气隙的 $2T\Phi M$ 互感器和 $2R3$ 电阻器组成。307 和 004 两端夹间电阻值为 $2R3$ 电阻器工作部份电阻 R 的 $2/3$, 而 004 和 707 两端夹间电阻值则为 $1/3$ 。本滤过器与起动部份的负序电流滤过器不同, 并不需使用特别互感器以补偿零序电流所产生的电动势。原因是保护装置电流回路的零点可直接接于滤过器的 $2R3$ 电阻器上。由于所有三相的电流均直接通过该电阻器, 故各相零序电流在电阻器上所产生的电压降之和为零。

复式滤过器出口 (702—707 端子) 电动势 E 的对称分量 E_1 , E_2 和 E_0 的求法与前节所述的负序滤过器相同, 亦为各个分量电流在 $2T\Phi M$ 互感器的二次侧绕组产生的电压, 和在 $2R3$ 电阻器的工作部分两端的电压降之和。如 $2T\Phi M$ 互感器各一

次側綫卷对二次側綫卷間的互感抗为 X_m ，則：

$$\begin{aligned}\dot{E}_1 &= \dot{I}_{1A} \frac{2}{3} R_3 - (\dot{I}_{1B} + \dot{I}_{1C}) \frac{1}{3} R_3 + (\dot{I}_{1C} - \dot{I}_{1B}) j X_m \\ &= \dot{I}_{1A} \frac{2}{3} R_3 + \dot{I}_{1A} \frac{1}{3} R_3 + j \sqrt{3} \dot{I}_{1A} j X_m = \dot{I}_{1A} (R_3 - \sqrt{3} X_m).\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{E}_2 &= \dot{I}_{2A} \frac{2}{3} R_3 - (\dot{I}_{2B} + \dot{I}_{2C}) \frac{1}{3} R_3 + (\dot{I}_{2C} - \dot{I}_{2B}) j X_m \\ &= \dot{I}_{2A} \frac{2}{3} R_3 + \dot{I}_{2A} \frac{1}{3} R_3 - j \sqrt{3} \dot{I}_{2A} j X_m = \dot{I}_{2A} (R_3 + \sqrt{3} X_m).\end{aligned}$$

$$\dot{E}_0 = \dot{I}_0 \frac{2}{3} R_3 - 2 \dot{I}_0 \frac{1}{3} R_3 + (\dot{I}_0 - \dot{I}_0) j X_m = 0.$$

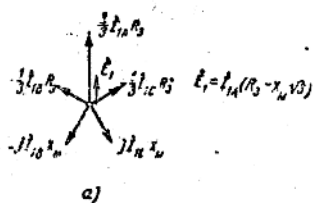
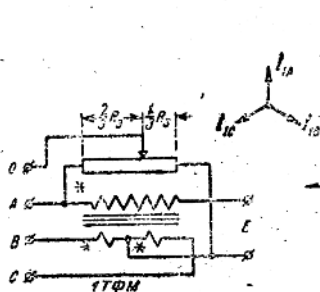


图 1-8 $\dot{I}_1 + k \dot{I}_2$ 复
式滤波器的原理接綫
图，及其出口电动势
向量图

(a) 正序分量；(b) 零序
分量；(c) 负序分量。

