

Алгоритмы компенсации дополнительной температурной погрешности в кварцевых преобразователях давления и температуры.

Особенностью кварцевых манометрических резонаторов является воспроизводимость температурно-частотной характеристики (ТЧХ), которую необходимо компенсировать с высокой точностью, в широком диапазоне температур и во всем диапазоне рабочих давлений. Для этого необходимо учитывать изменение температурной чувствительности резонатора от давления, действующего на него. Ниже описаны два способа температурной компенсации.

Алгоритм 1

Наилучший способ – это вычисление давления по регрессионной функции от двух факторов: давления и температуры. Ниже приведены две функции, степени которых и связи факторов достаточны для проведения расчетов давления с требуемой высокой точностью.

Рекомендуется применять для преобразователей с допустимой дополнительной погрешностью во всем рабочем температурном диапазоне от 0,03% до 0,15 %.

Регрессионная функция представлена полиномом следующего вида:

$P=A$

0

$+A$

1

(F

или

$$P = A_0 + A_1 F(t) + A_2 F(t_0) + A_3 F(p) + A_4 F(p_0) + A_5 F(t) F(t_0) + A_6 F(t) F(p) + A_7 F(t) F(p_0) + A_8 F(t_0) F(p) + A_9 F(t_0) F(p_0) + A_{10} F(t) F(t_0) F(p) + A_{11} F(t) F(t_0) F(p_0) + A_{12} F(t) F(p) F(p_0) + A_{13} F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{14} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{15} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{16} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{17} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{18} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{19} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{20} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{21} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{22} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{23} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{24} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{25} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{26} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{27} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{28} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{29} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{30} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{31} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{32} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{33} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{34} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{35} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{36} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{37} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{38} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{39} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{40} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{41} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{42} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{43} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{44} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{45} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{46} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{47} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{48} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{49} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{50} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{51} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{52} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{53} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{54} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{55} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{56} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{57} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{58} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{59} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{60} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{61} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{62} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{63} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{64} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{65} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{66} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{67} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{68} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{69} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{70} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{71} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{72} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{73} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{74} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{75} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{76} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{77} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{78} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{79} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{80} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{81} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{82} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{83} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{84} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{85} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{86} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{87} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{88} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{89} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{90} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{91} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{92} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{93} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{94} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{95} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{96} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{97} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{98} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{99} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0) + A_{100} F(t) F(t_0) F(p) F(p_0)$$

, где

$F(t)$ - частота с температурного канала;

$F(t_0)$ - постоянная составляющая температурного канала;

$F(p)$ - частота с канала давления;

$F(p_0)$ - постоянная составляющая канала давления;

$A_0 \dots A_8$ - коэффициенты регрессионной функции

Пример протокола калибровки преобразователя.

| Рэксperimentalьное, мм рт. ст. | Ррасчетное, мм рт. ст. | Ррасч.- Рэксп., мм рт. ст. | (Ррасч.- Рэксп.)/Рmax, % | F(t0)=40.1 F(t), Гц | F(p0)=1249 F(p), Гц | T, град С |
|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| 601,35 | 601,2753 | -0,0747 | -0,0091 | 0,936293 | 0,0866667 | -29,134 |
| 620,8 | 620,7280 | -0,0720 | -0,0088 | 0,947813 | 48,666667 | -29,107 |
| 640,5 | 640,4239 | -0,0761 | -0,0093 | 0,95713 | 97,818667 | -29,097 |
| 660,7 | 660,6104 | -0,0896 | -0,0109 | 0,96035 | 148,158 | -29,115 |
| 680,7 | 680,6533 | -0,0467 | -0,0057 | 0,94794 | 198,10267 | -29,118 |
| 700,5 | 700,4245 | -0,0755 | -0,0092 | 0,91799 | 247,33333 | -29,148 |
| 720,5 | 720,4409 | -0,0591 | -0,0072 | 0,902607 | 297,13933 | -29,158 |
| 740,3 | 740,2055 | -0,0945 | -0,0115 | 0,901683 | 346,28367 | -29,143 |
| 760,3 | 760,2222 | -0,0778 | -0,0095 | 0,913727 | 396,01967 | -29,129 |
| 780,55 | 780,5431 | -0,0069 | -0,0008 | 0,904483 | 446,47367 | -29,148 |
| 800,4 | 800,3539 | -0,0461 | -0,0058 | 0,883123 | 495,62467 | -29,156 |
| 820,4 | 820,3274 | -0,0726 | -0,0088 | 0,86967 | 545,14433 | -29,161 |
| 602,2 | 602,3205 | 0,1205 | 0,0147 | 35,31873 | 3,9716667 | -9,262 |
| 621,15 | 621,2835 | 0,1335 | 0,0163 | 35,30153 | 51,407 | -9,294 |
| 640,9 | 640,9950 | 0,0950 | 0,0118 | 35,28682 | 100,68 | -9,291 |
| 661 | 661,1050 | 0,1050 | 0,0128 | 35,30015 | 150,91367 | -9,271 |
| 680,7 | 680,7854 | 0,0854 | 0,0104 | 35,30344 | 200,038 | -9,275 |
| 700,45 | 700,5285 | 0,0785 | 0,0096 | 35,35116 | 249,286 | -9,229 |
| 720,45 | 720,5514 | 0,1014 | 0,0124 | 35,35127 | 299,19333 | -9,247 |
| 740,85 | 740,8747 | 0,1247 | 0,0152 | 35,30927 | 350,05833 | -9,283 |
| 760,45 | 760,5902 | 0,1402 | 0,0171 | 35,31088 | 398,87833 | -9,264 |
| 780,4 | 780,5219 | 0,1219 | 0,0149 | 35,33774 | 448,45167 | -9,236 |
| 800,2 | 800,2991 | 0,0991 | 0,0121 | 35,35847 | 497,605 | -9,235 |
| 820,4 | 820,4798 | 0,0798 | 0,0097 | 35,35954 | 547,72367 | -9,238 |
| 601,6 | 601,7050 | 0,1050 | 0,0128 | 71,01617 | 4,3203333 | 10,416 |
| 620,6 | 620,5892 | -0,0108 | -0,0013 | 71,02194 | 51,644667 | 10,420 |
| 640,85 | 640,9039 | 0,0539 | 0,0066 | 71,02627 | 102,51667 | 10,420 |
| 661,35 | 661,3957 | 0,0457 | 0,0056 | 71,01252 | 153,79267 | 10,402 |
| 680,45 | 680,4510 | 0,0010 | 0,0001 | 70,98557 | 201,43867 | 10,390 |
| 700,9 | 700,8933 | -0,0067 | -0,0008 | 71,01586 | 252,51967 | 10,422 |
| 720,85 | 720,8977 | 0,0477 | 0,0058 | 71,0077 | 302,467 | 10,410 |
| 740,45 | 740,5229 | 0,0729 | 0,0089 | 71,01393 | 351,433 | 10,419 |
| 760,75 | 760,8308 | 0,0808 | 0,0098 | 71,01017 | 402,06467 | 10,409 |
| 780,65 | 780,6892 | 0,0392 | 0,0048 | 70,98865 | 451,538 | 10,396 |
| 800,85 | 800,8997 | 0,0497 | 0,0061 | 71,01969 | 501,85633 | 10,427 |
| 820,7 | 820,7059 | 0,0059 | 0,0007 | 71,00771 | 551,12867 | 10,409 |
| 602 | 601,9291 | -0,0709 | -0,0086 | 108,5512 | 7,498 | 30,250 |
| 621 | 620,8472 | -0,1528 | -0,0186 | 108,8712 | 55,02 | 30,525 |
| 640,75 | 640,6184 | -0,1316 | -0,0160 | 109,0794 | 104,64067 | 30,570 |
| 660,75 | 660,6393 | -0,1107 | -0,0135 | 109,0045 | 154,82767 | 30,435 |
| 680,5 | 680,4191 | -0,0809 | -0,0099 | 108,908 | 204,37167 | 30,370 |
| 700,7 | 700,5456 | -0,1544 | -0,0188 | 108,8328 | 254,74867 | 30,336 |
| 720,5 | 720,4366 | -0,0634 | -0,0077 | 108,789 | 304,50233 | 30,325 |
| 740,5 | 740,3924 | -0,1076 | -0,0131 | 108,7743 | 354,384 | 30,328 |
| 760,45 | 760,3228 | -0,1272 | -0,0155 | 108,7742 | 404,167 | 30,339 |
| 780,55 | 780,4067 | -0,1433 | -0,0175 | 108,7887 | 454,29833 | 30,353 |
| 800,2 | 800,0434 | -0,1566 | -0,0191 | 108,8147 | 503,27933 | 30,372 |
| 820,4 | 820,2489 | -0,1511 | -0,0184 | 108,8467 | 553,643 | 30,393 |
| 601,55 | 601,5993 | 0,0493 | 0,0060 | 166,6303 | 11,992667 | 59,403 |
| 621 | 621,0715 | 0,0715 | 0,0087 | 166,6284 | 61,019667 | 59,398 |
| 640,15 | 640,1166 | -0,0334 | -0,0041 | 166,6332 | 108,93767 | 59,402 |
| 660,1 | 660,0950 | -0,0050 | -0,0006 | 166,638 | 159,16767 | 59,404 |
| 700,55 | 700,6276 | 0,0776 | 0,0095 | 166,6402 | 260,96033 | 59,405 |
| 720,7 | 720,7563 | 0,0563 | 0,0069 | 166,6338 | 311,45333 | 59,398 |
| 740,6 | 740,6620 | 0,0620 | 0,0076 | 166,6316 | 361,351 | 59,399 |
| 760,65 | 760,7108 | 0,0608 | 0,0074 | 166,6392 | 411,57133 | 59,404 |

Значения коэффициентов полинома

A0= 601,2514403

A1= -0,011490103

A2= -8,99885E-05

A3= 0,40030533

A4= 2,93202E-06

A5= -2,0091E-05

~~_____~~