1 Алгоритм определения находится ли вектор в секторе

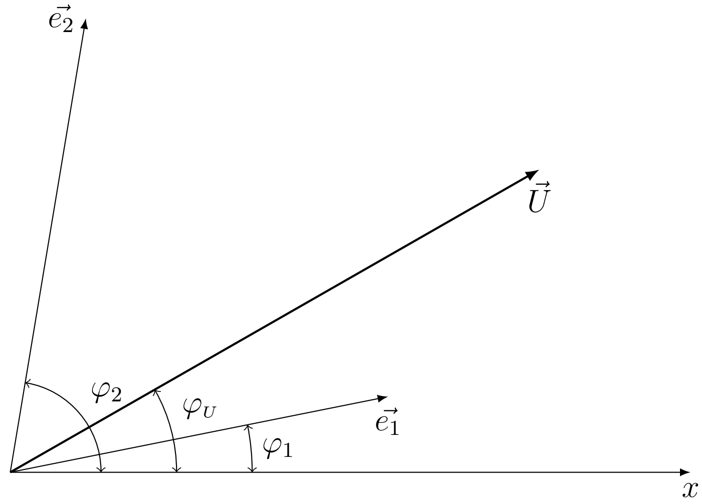
Нужно определить принадлежит ли вектор $\vec{U}$ с координатами $(U_x,\ U_y)$ сектору, ограниченному векторами $\vec{e_1}$ с координатами (e_{1x}, e_{1y}) и $\vec{e_2}$ с координатами (e_{2x}, e_{2y}). Не предполагаем, что вектора $\vec{e_1}$ и $\vec{e_2}$ нормированы на единицу.

Предполагаем, что угол φ_1 между вектором $\vec{e_1}$ и горизонтальной осью $\vec{ox}$ отсчитываемый против часовой стрелки меньше угла φ_2 между вектором $\vec{e_2}$ и горизонтальной осью $\vec{ox}$.

$$\varphi_1 < \varphi_2$$

Вектор $\vec{U}$ принадлежит сектору, если для угла φ_U между вектором $\vec{U}$ и горизонтальной осью $\vec{ox}$ выпоняются неравенства

$$\varphi_1 \leq \varphi_U < \varphi_2$$



Если вектор $\vec{U}$ находится внутри сектора, то выполняются неравенства для векторных произведений:

$$\begin{cases} \left[\vec{e}_1 \times \vec{U}\right] > 0 \\ \left[\vec{e}_2 \times \vec{U}\right] < 0 \end{cases}$$

Тогда для координат выполняются неравенства:

$$\begin{cases} \begin{vmatrix} e_{1x} & e_{1y} \\ U_x & U_y \end{vmatrix} = e_{1x} \cdot U_y - e_{1y} \cdot U_x > 0 \\ \begin{vmatrix} e_{2x} & e_{2y} \\ U_x & U_y \end{vmatrix} = e_{2x} \cdot U_y - e_{2y} \cdot U_x < 0 \end{cases}$$

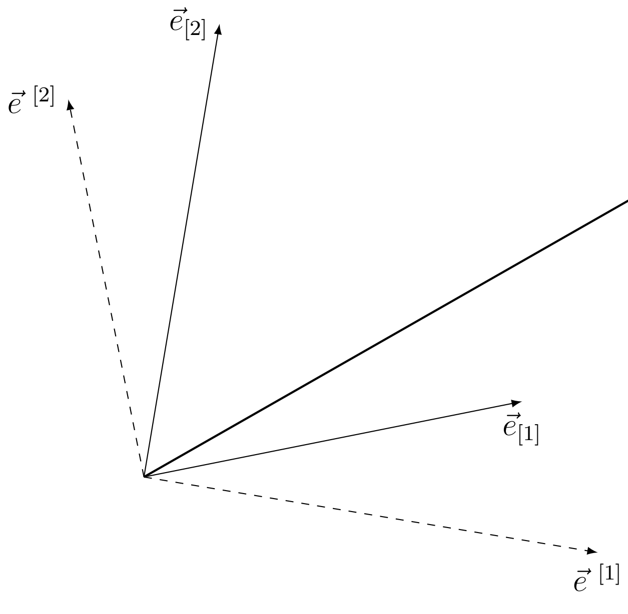
Система неравенств может быть переписана в виде:

$$\begin{cases} e_{1x} \cdot U_y > e_{1y} \cdot U_x \\ e_{2x} \cdot U_y < e_{2y} \cdot U_x \end{cases} \tag{1}$$

В частном случае векторного ШИМ, для первого сектора можем выбрать вектора $\vec{e}_1$ с координатами $(1, 0)$ и $\vec{e}_2$ с координатами $\left(\frac{1}{2}, \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$. Тогда система неравенств (1) становится

$$\begin{cases} U_y > 0 \\ U_y < \sqrt{3} \cdot U_x \end{cases} = \begin{cases} U_y > 0 \\ \operatorname{tg}(\varphi_U) < \sqrt{3} \end{cases}$$

2 Другой метод вывода условий нахождения вектора в секторе



Предположим, что вектора $\vec{e}_{[1]}$ и $\vec{e}_{[2]}$ образуют базис косоугольной системы координат. Построим сопряженный базис, вектора сопряженного базиса проведены штриховыми линиями. Координаты векторов сопряженного базиса образуем по правилу:

$$\begin{pmatrix} e_{[1]x} \\ e_{[1]y} \end{pmatrix} \Rightarrow \underbrace{\begin{pmatrix} -e_{[1]y} \\ e_{[1]x} \end{pmatrix}}_{\vec{e}^{\,[2]}} = \begin{pmatrix} {e^{[2]}}_x \\ {e^{[2]}}_y \end{pmatrix} \tag{2}$$

$$\begin{pmatrix} e_{[2]x} \\ e_{[2]y} \end{pmatrix} \Rightarrow \underbrace{\begin{pmatrix} e_{[2]y} \\ -e_{[2]x} \end{pmatrix}}_{\vec{e}^{\,[1]}} \tag{3}$$

Нужно позаботиться, чтобы угол между векторами $\vec{e}_{[1]}$ и $\vec{e}^{\,[1]}$ был острым, также угол между векторами $\vec{e}_{[2]}$ и $\vec{e}^{\,[2]}$ был острым. Это получим в случае, когда для вектора $\vec{e}_{[1]}$ с меньшим углом φ_1, одновременно с перестановкой координат, для x-координаты сменим знак, а для вектора $\vec{e}_{[2]}$ с большим углом φ_2, одновременно с перестановкой координат, сменим знак y-координаты. Скалярные произведения между сопряженными векторами со скрестными индексами равны 0, что непосредственно видно из построения (2) сопряженного вектора:

$$\left(\vec{e}_{[1]} \cdot \vec{e}^{\,[2]}\right) = e_{[1]x} \cdot {e^{\,[2]}}_x + e_{[1]y} \cdot {e^{\,[2]}}_y,$$

$$\left(\vec{e}_{[2]} \cdot \vec{e}^{\,[1]}\right) = 0$$

Если вектор $\vec{U}$ находится в левой полуплоскости относительно вектора $\vec{e}_{[2]}$, очевидно, что скалярное произведение $\left(\vec{U} \cdot \vec{e}^{\,[1]}\right) > 0$. Выражая неравенство через координаты (3), получаем:

$$\left(\vec{U} \cdot \vec{e}^{\,[1]}\right) = U_x \cdot e_{[2]y} - U_y \cdot e_{[2]x} > 0$$

что совпадает со вторым неравенством системы (1).

Аналогично, если вектор $\vec{U}$ находится в правой полуплоскости относительно вектора $\vec{e}_{[1]}$, то скалярное произведение

$$\left(\vec{U} \cdot \vec{e}^{\,[2]}\right) > 0 \Rightarrow U_x \cdot (-e_{[1]y}) + U_y \cdot e_{[1]x} > 0$$

и совпадает с первым неравенством системы (1).

3 Алгоритмы определения сектора, представленные на рынке

3.1 Texas Instrument

SVGEN_MF(переход из сектора в сектор определяется внутренней переменной, зависящей от угла)

SVGEN()

```
#define SVGENDQ_MACRO(v)                                            \
        v.tmp1= v.Ubeta;                                            \
        v.tmp2= _IQdiv2(v.Ubeta) + (_IQmpy(_IQ(0.866),v.Ualpha));\
    v.tmp3= v.tmp2 - v.tmp1;                                        \
                                                                    \
        v.VecSector=3;                                              \
        v.VecSector=(v.tmp2> 0)?( v.VecSector-1):v.VecSector; \
        v.VecSector=(v.tmp3> 0)?( v.VecSector-1):v.VecSector; \
        v.VecSector=(v.tmp1< 0)?(7-v.VecSector) :v.VecSector; \
                                                                    \
        if      (v.VecSector==1 || v.VecSector==4)                  \
      {     v.Ta= v.tmp2;                                           \
                v.Tb= v.tmp1-v.tmp3;                                \
                v.Tc=-v.tmp2;                                       \
      }                                                             \
                                                                    \
    else if(v.VecSector==2 || v.VecSector==5)                       \
      {     v.Ta= v.tmp3+v.tmp2;                                    \
                v.Tb= v.tmp1;                                       \
                v.Tc=-v.tmp1;                                       \
      }                                                             \
                                                                    \
    else                                                            \
      {     v.Ta= v.tmp3;                                           \
                v.Tb=-v.tmp3;                                       \
                v.Tc=-(v.tmp1+v.tmp2);                              \
      }
```

$$tmp_1 = U_y \cdot e_{[A]x} = [\vec{e}_{[A]} \times \vec{U}]$$

$$tmp_2 = -U_y \cdot e_{[B]x} + U_x \cdot e_{[B]y} = -[\vec{e}_{[B]} \times \vec{U}]$$

$$tmp_3 = U_y \cdot e_{[C]x} - U_x \cdot e_{[C]y} = [\vec{e}_{[C]} \times \vec{U}]$$

строка	условие	результат	
6	сектор=3		
7	Если в полуплоскости где сектора 6,1,2	то 2,	иначе сектор 3
8	Если в полуплоскости где сектора 5,6,1	то 1 или 2	иначе 2 или 3
9	Если в нижней полуплоскости 4,5,6	то 4[1] или 5[2] или 6[3]	иначе 1 или 2 или 3

В строке 9 выражение $7 - v.VectorSec$ сделает обратным порядок секторов из $3, 2, 1 \Rightarrow 4, 5, 6$.

4 Мехатроника-Про (MexBios)

```
1   Ka = *v->Alpha * 0.8660254037844386467637231 7;
2   Kb = *v->Beta  * 0.5;
3
4   Va = *v->Beta;
5   Vb =  Ka - Kb;
6   Vc = -Ka - Kb;
7
8   if (Va > 0.0) Sector = 1;
9   if (Vb > 0.0) Sector = Sector + 2;
10  if (Vc > 0.0) Sector = Sector + 4;
```

V_a – есть скалярное произведение изображающего вектора $\vec{U}$ на вектор $\vec{e}^{[B]}$, перпендикулярный базовому вектору $\vec{e}_{[A]}$. 8-я строка определит, находится ли изображающий вектор в верхней полуплоскости.