$$U_{cy}^{и}[n,\varepsilon]=U_c^{и}[\infty,\varepsilon]=\bar{R}_н+\bar{R}_i\frac{1-e^{-\alpha_i}}{1-e^{-\alpha}}e^{-\bar{\beta}_э\varepsilon}=\bar{R}_н+Ae^{-\bar{\beta}_э\varepsilon}, \qquad (31)$$

$$0\le\varepsilon\le s,$$

$$U_{cy}^{п}[n,\varepsilon]=U_c^{п}[\infty,\varepsilon]=1-\bar{R}_i\frac{1-e^{-\alpha_э}}{1-e^{-\alpha}}e^{-\bar{\beta}_i(\varepsilon-s)}=1-Be^{-\bar{\beta}_i(\varepsilon-s)}, \qquad (32)$$

$$s\le\varepsilon\le 1,$$

где: $$A=C(1-e^{-\alpha_i}), \qquad (33)$$

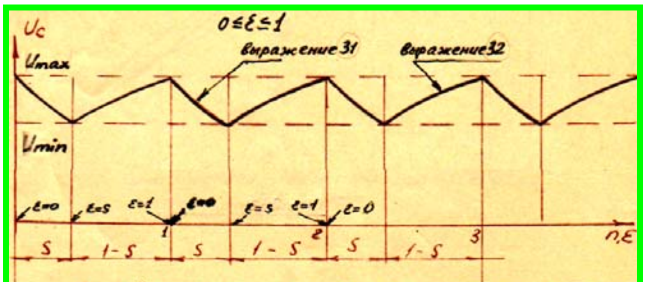
$$B=C(1-e^{-\alpha_э}),$$

$$C=\frac{\bar{R}_i}{1-e^{-\alpha}}.$$

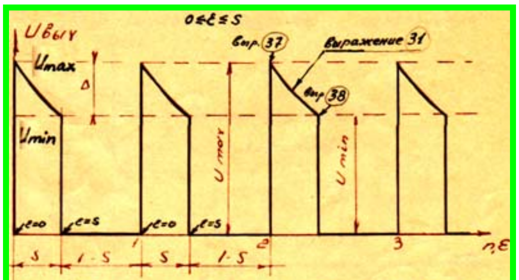
I. Установившийся импульсный режим

Режим будет установившимся в случае баланса энергий: энергии, отдаваемой накопителем в нагрузку за время импульса, и энергии, получаемой ёмкостью от источника за время паузы. При этом, как показывают выражения (31) и (32), процессы в установившемся режиме не зависят от начальных условий, т.е. от величины напряжения на ёмкости $U_c(0)$ в момент начала импульсной работы ключа K_1. Т.к. во время паузы происходит только заряд конденсатора, то как следует из условия баланса энергий, во время импульса происходит только его разряд. Из выражений (31) и (32) видно, что эти процессы протекают по экспоненциальным законам.

Следовательно, в установившемся импульсном режиме напряжение на накопительной ёмкости изменяется пилообразно, пульсирует (фиг.7), а на нагрузке происходит только спад плоской части импульса (фиг.8). При этом согласно условия баланса



Фиг.7. Форма установившегося напряжения на ёмкости



Фиг.8. Форма установившегося напряжения на нагрузке

энергий, величина спада импульса будет равна приращению напряжения на емкости во время паузы.

Относительная величина спада импульса δ определяется выражением:*)

$$\delta = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max}} = \frac{\Delta}{U_{max}} = \frac{\Delta^*}{U^*_{max}} = 1 - \xi, \tag{34}$$

где: $$\Delta = U_{max} - U_{min} = \frac{U^*_{max} - U^*_{min}}{E^*} = \frac{\Delta^*}{E^*}, \tag{35}$$

$$\xi = \frac{U_{min}}{U_{max}} = \frac{U^*_{min}}{U^*_{max}}. \tag{36}$$

Как видно из фиг.8, максимальное значение напряжения U_{max} достигается при $\varepsilon = 0$, а минимальное – при $\varepsilon = S$
Подставляя эти значения ε в (31), получим:

$$U_{max} = \bar{R}_H + \bar{R}_i \frac{1 - e^{-\alpha_i}}{1 - e^{-\alpha}} = \bar{R}_H + A, \tag{37}$$

$$U_{min} = \bar{R}_H + \bar{R}_i \frac{1 - e^{-\alpha_i}}{1 - e^{-\alpha}} e^{-\alpha_2} = \bar{R}_H + Ae^{-\alpha_2}. \tag{38}$$

Эти выражения полностью совпадают с выражениями (42), (43) отчёта часть I, выведенных на базе уравнений (9) и (14) для непрерывных ~~стационарных~~ режимов. Причём всегда имеет место следующее неравенство: $1 = E > U_{max} > U_{min} > E_y = \bar{R}_H$.

*) Напомним, что знаком * обозначены абсолютные значения величин.

2) Переходный импульсный процесс.

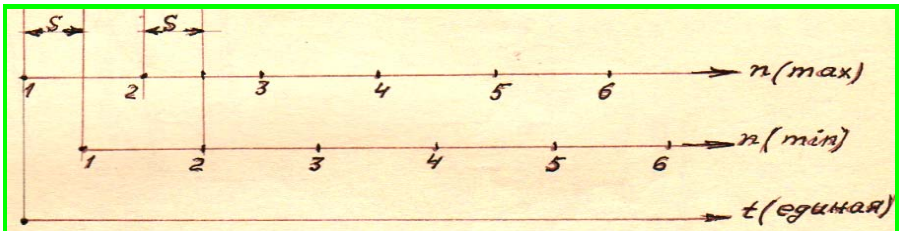
При фиксированном ε из выражений (26), (27) легко усматривается общий характер переходного процесса. В зависимости от аргумента n напряжение на ёмкости в дискретные моменты времени, соответствующие выбранному ε, изменяется также как в интервалах импульса и паузы по экспоненциальному закону. Наглядно эта закономерность общего характера процесса может быть представлена при помощи "огибающих", представляющих собой кривые, которые проходят через дискретные значения напряжения на ёмкости в моменты времени, соответствующие переднему и заднему фронтам. По аналогии с установившимся импульсным режимом эти "огибающие" можно представить как кривые, проходящие через максимальные $U_{max}[n]=U_c[n,0]$ и минимальные $U_{min}[n]=U_c[n,s]$ значения напряжения на ёмкости (на нагрузке). Уравнения "огибающей максимумов" и "огибающей минимумов"[x)] могут быть найдены из выражения (26) соответственно при $\varepsilon=0$ и $\varepsilon=s$.
С учётом выражений (33) и (17) получим:

$$U_{max}[n]=\bar{R}_н+A+[U_c(0)-(\bar{R}_н+A)]e^{-\alpha n}= \qquad (39)$$
$$=U_{max}-[U_{max}-U_c(0)]e^{-\alpha n},$$

$$U_{min}[n]=\bar{R}_н+Ae^{-\alpha_э}+[U_c(0)-(\bar{R}_н+A)]e^{-\alpha_э}e^{-\alpha n}= \qquad (40)$$
$$=U_{min}+e^{-\alpha_э}[U_c(0)-U_{max}]e^{-\alpha n}.$$

---

x) Обозначения "огибающая максимумов", "огибающая минимумов" принимается для удобства, это чисто условные обозначения, т.к., например, в случае, когда напряжение в начальный момент очередного импульса $U^{н}_{c_i}(0)<E_э=E\frac{R_н}{R_i+R_н}=E\bar{R}_н$ для одного и того же n максимальное значение меньше минимального.



Фиг.9. Оси времени „огибающих" максимумов и минимумов выходного напряжения

3. Анализ "огибающих" переходного импульсного режима.

Прежде чем перейти к анализу выражений (39) и (40) для "огибающих" отметим следующее.

В этих выражениях параметр n является целочисленным аргументом ($n = 0, 1, 2, 3 \ldots$). Однако, относительно единого начала оси времени $\bar t$ значение $n = 0$ выражения (39) соответствует $\bar t = 0$, а значение $n = 0$ выражения (40) соответствует $\bar t = s$. Т.е. значения n в выр.(40) сдвинуты на временной оси на величину s относительно соответствующих значений n выражения (39) (фиг.9) Это и понятно, т.к. выр.(39) и (40) получены из одного и того же уравнения (26) для разных, фиксированных по времени значений ε , сдвинутых на величину s .

Приведенные к единому началу временной оси $\bar t$ выражения "огибающих" максимумов и минимумов примут соответственно вид:

$$U_{max}[n]_{\bar t} = U_{max} - [U_{max} - U_c(0)]e^{-\alpha n}, \tag{41}$$

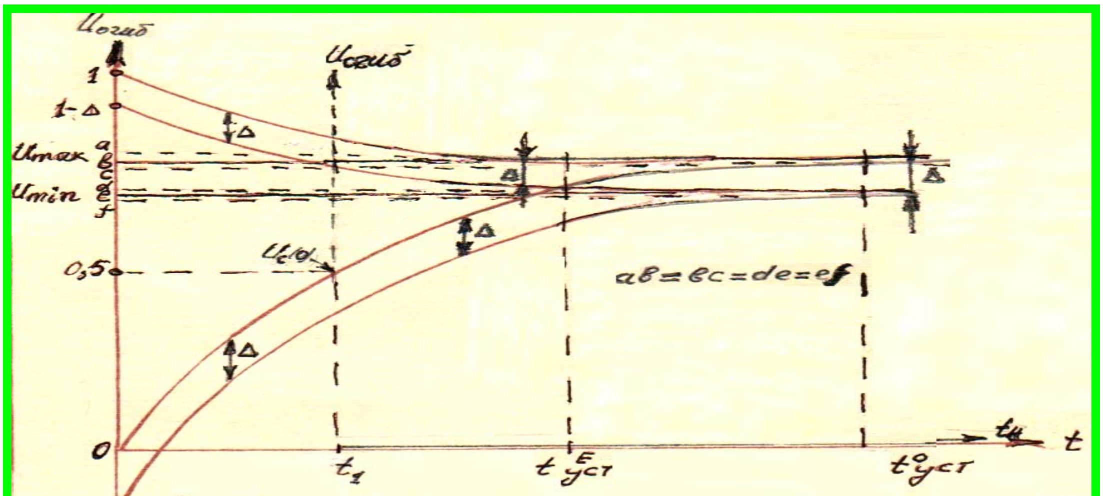
$$U_{min}[n]_{\bar t} = U_{min} + \cancel{e^{\alpha_э}}[U_c(0) - U_{max}]e^{-\alpha n}\cdot\cancel{e^{\alpha s}} \;\Big|\; \alpha s = \alpha_э \Big\} =$$

$$= U_{min} - [U_{max} - U_c(0)]e^{-\alpha n}. \tag{42}$$

Найдём характерные точки этих "огибающих".

Вторые слагаемые правых частей выражений (41) и (42) одинаковы. Тогда разность значений "огибающих" по оси ординат как функция времени будет равна:

$$\Delta U(t) = U_{max} - U_{min} = \Delta . \tag{43}$$



Фиг.10. Форма „огибающих" максимумов и минимумов выходного напряжения

Следовательно, в любой момент времени разность между "огибающими" максимумов и минимумов независимо от начальных условий равна абсолютному значению спада плоской части установившегося импульса. Отсюда вытекает следующее:

Для граничных начальных условий выражения "огибающих" примут вид:

$$\left.\begin{aligned} U^{0}_{max}[n]_{\bar t} &= U_{max}(1-e^{-\alpha n}) \\ U^{0}_{min}[n]_{\bar t} &= U_{min} - U_{max}e^{-\alpha n} \end{aligned}\right\} \text{для } U_c(0)=0 \qquad (44)$$

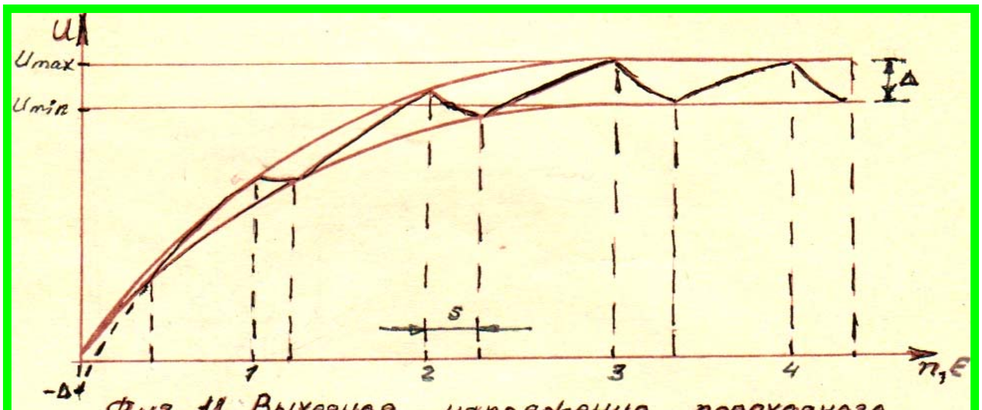
$$\left.\begin{aligned} U^{E}_{max}[n]_{t} &= U_{max} + (1-U_{max})e^{-\alpha n} \\ U^{E}_{min}[n]_{\bar t} &= U_{min} + (1-U_{max})e^{-\alpha n} \end{aligned}\right\} \text{для } U_c(0)=E=1 \qquad (45)$$

Для момента времени $\bar t = 0$ выражения (44) и (45) дают следующие начальные значения "огибающих"

$$U^{0}_{max}[0]_{\bar t} = 0; \quad U^{0}_{min}[0]_{\bar t} = -\Delta, \qquad (46)$$

$$U^{E}_{max}[0]_{\bar t} = 1; \quad U^{E}_{min}[0]_{\bar t} = 1-\Delta. \qquad (47)$$

При нулевых начальных условиях "огибающая максимумов" выходит из начала принятой системы координат. "Огибающая минимумов" имеет условное начало координат, сдвинутое по отрицательной оси ординат на величину Δ. Однако уровень



Фиг. 11. Выходное напряжение переходного импульсного режима для $U_c(0)=0$

Со стр. 54 (46)

Продолжение следует.