А. М. Репин. Основные формулы расчёта *m*–фазных БВК ЭЭ класса *SkmrER*. /

Анонс. При авторском сканировании и дизайне приведены, как основной научный продукт, рукописные формулы для инженерных расчётов базовых электрических схем вентильных конвертеров электроэнергии (БВК ЭЭ). Результаты при *m* = 1, 2 и работе БВК в режимах от холостого хода до короткого замыкания нагрузки, а также при *m* = 3, 6 и работе БВК в нормальных коммутационных режимах представлены в виде своеобразного промежуточного, научного отчёта за 2-й этап НИР, выполненной автором, наряду с другой работой, в апреле-июле 1970 г.

Минсвязи СССР.
МЭИС

Сводка основных соотношений

класс mrER $m = 1, 2$ – от ХХ до КЗ
$m = 3, 6$ – при $k = 1$

Здесь 17 стр.

Москва. 1970 г.

Этап II ... июнь.   Аспир., инж., нс. А. М. Репин

Министерство связи СССР

Московский Электротехнический Институт Связи

- МЭИС -

Экз. 1

„Утверждаю"

Зав. кафедрой

„Электропитания устройств связи", ЭПУС

к.т.н., доцент

/Кузаев В.Е./

Тема: „Микровентиль"

Этап II. апрель-июль 1970г.

Сводка

основных расчётных зависимостей

для однофазной, двухфазной с нулём и однофазной мостовой (Греца) схем – в нормальных и глубоких (вплоть до К.З.) режимах,

для трёх- и шести-фазных схем – в нормальных режимах.

На 24 стр.

Отв. исполнитель, инженер, м.н.с. (А. Репин)

Согласовано:

Представитель заказчика

Нач. сектора Электропитания НИРТИ

/Белопольский И.И./

Москва

1970 г.

1. Однофазная схема ($m=1$)

а) Нагрузка *)

$$I_{(z)} = \frac{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon}{\pi(1+N)}; \qquad (1)$$

$$U_0 = \frac{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon}{\pi(1+n)} \qquad (2)$$

$$J_{(z)} = \frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(zRE_s)}}}{2(1+N)} \qquad (3)$$

$$U_0 = \frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(zRE_s)}}}{2(1+n)} \qquad (4)$$

$$P_{пол\,(R)} = \frac{\mathcal{D}^{(zRE_s)}}{4(1+n)^2} \qquad (5)$$

$$\Delta U_0 = \frac{1-\varepsilon}{1+n} \qquad (6)$$

$$f_п = f_c \qquad (6')$$

$$\Delta \bar{U}_0 = \frac{(1-\varepsilon)\pi}{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon} = k_{по} \qquad (7)$$

$$k_{по} = \Delta \bar{U}_0 \qquad (7')$$

$$\bar{J} = \frac{\pi}{2}\,\frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(zRE_s)}}}{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon} \qquad (8)$$

$$\bar{P}_{пол} = \bar{J}^2 \qquad (8')$$

$$\delta U_0 = \sqrt{\bar{J}^2 - 1} \qquad (9)$$

$$J_{\sim(z)} = I_{(z)}\,\delta U_0 \qquad (9')$$

б). Вентиль

$$i_{ав(z)} = \frac{1-\varepsilon}{1+N} \qquad (10)$$

---

*) Все приведенные зависимости даны в относительных единицах

$$J_{\text{в}(\text{г})} = \frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(\text{гк}\varepsilon_3)}}}{2(1+N)} \qquad (11)$$

$$I_{\text{в}(\text{г})} = \frac{1}{\pi}\,\frac{\sin\frac{\Lambda}{2} - \frac{\Lambda}{2}\varepsilon}{(1+N)} \qquad (12)$$

$$U_{\text{обр.}max} = 1 \qquad (13)$$

$$\mathcal{P}_{\text{в пр}(\text{г})} = n'_{\text{пр}}\,J^2_{\text{в}(\text{г})} + I_{\text{в}(\text{г})}\,\varepsilon \qquad (14)$$

$$\mathcal{P}_{\text{в пр}(R)} = N\mathcal{P}_{\text{в пр}(\text{г})} = n'_{\text{пр}}\,n \underbrace{\overset{\text{т.к. } nN=1}{N^2} J^2_{\text{в}(\text{г})}}_{J^{\prime}_{\text{в}(R)}} + \underbrace{N\bar{I}_{\text{в}(\text{г})}}_{\bar{I}_{\text{в}(R)}}\varepsilon$$

$$\mathcal{P}_{\text{в пр}(R)} = n'_{\text{пр}}\,n\,J^2_{\text{в}(R)} + I_{\text{в}(R)}\,\varepsilon$$

при $n_{\text{в}} > 1$:

$$\mathcal{P}_{\text{в пр}(\text{г})} = J^2_{\text{в}(\text{г})} + I_{\text{в}(\text{г})}\,\varepsilon \qquad (14') \quad = J^2_{(\text{г})} + \bar{I}_{(\text{г})}\,\varepsilon$$

$$\mathcal{P}_{\text{в пр}(R)} = N\mathcal{P}_{\text{в пр}(\text{г})} = n\,J^2_{(R)} + U_0\,\varepsilon$$

$$\zeta_{\text{пр}} = \frac{J^2_{\text{в}(\text{г})}\,n'_{\text{пр}} + I_{\text{в}(\text{г})}\,\varepsilon}{\mathcal{D}^{(\text{гк}\varepsilon_3)}}\;4(1+n)^2 \qquad (15)$$

$$\text{т.к. } J_{\text{в}(R)} = J_{(R)} \Big| = n\,n'_{\text{пр}} + \frac{\varepsilon}{k_{\varphi\text{в}} J_{\text{в}(R)} = U_0}\;;$$

$$\bar{i}_{a\text{в}} = \frac{\pi(1-\varepsilon)}{\sin\frac{\Lambda}{2} - \frac{\Lambda}{2}\varepsilon} \qquad (16)$$

$$\bar{I}_{\text{в}} = 1 \qquad (17)$$

$$\bar{J}_{\text{в}} = \frac{\pi}{2}\,\frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(\text{гк}\varepsilon_3)}}}{\sin\frac{\Lambda}{2} - \frac{\Lambda}{2}\varepsilon} = k_{\varphi\text{в}} = \bar{J} \qquad (18)$$

$$k_{\varphi\text{в}} = \bar{J}_{\text{в}} \qquad (18')$$

$$\bar{U}_{\text{обр.}a} = \frac{\pi(1+n)}{\sin\frac{\Lambda}{2} - \frac{\Lambda}{2}\varepsilon} = \bar{S}_a \qquad (19)$$

√

$$\bar{U}_{\text{обр.}max} = \frac{\pi}{\cos[\arcsin\varepsilon] - [\frac{\pi}{2} - \arcsin\varepsilon]\varepsilon} \qquad (20)$$

√

$$\text{ос } U_0 I_0 = \frac{\mathcal{P}_{\text{в пр}(\text{г})}}{P_{\text{раст}} = I^2_{(R)}} \quad \bar{\mathcal{P}}_{\text{в.пр}} = n'_{\text{пр}}\,n\,k^2_{\varphi\text{в}} + \frac{\varepsilon}{I_{(R)} = U_0} = \bar{\varepsilon} \qquad (21)$$

$$n_{\text{в}} > 1:\ \bar{\bar{\mathcal{P}}}_{\text{в.пр}} = n\,\bar{\mathcal{P}}_{\text{пол}} + \bar{\varepsilon}\;;\quad \bar{\varepsilon} = \varepsilon / U_0$$

$$k_{\text{пв}} = \bar{i}_{a\text{в}} \qquad (22)$$

в) Трансформатор

$$\mathcal{I}_{II\,(\tau)} = \frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(\tau R E_s)}}}{2(1+N)} \qquad (23)$$

$$U_{II} = \frac{1}{2}\sqrt{\mathcal{D}_{TP}^{(\tau R E_s)}} \qquad (24)$$

$$\bar{U}_{II} = \frac{\pi}{2}\,\frac{1+n}{\sin \Lambda/2 - \frac{\Lambda}{2}\varepsilon}\sqrt{\mathcal{D}_{TP}^{(\tau R E_s)}} \qquad (24')$$

$$P_{расч(R)} = U_0^2 \qquad (25)$$

$$k_{исп\,II} = \frac{P_{расч\,(R)}}{\mathcal{P}_{II\,(R)}} \qquad (26)$$

$$k'_{исп\,II} = \frac{1}{1+n}\sqrt{\frac{\mathcal{D}^{(\tau R E_s)}}{\mathcal{D}_{TP}^{(\tau R E_s)}}} \qquad (27)$$

$$\mathcal{P}_{II\,(R)} = \frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(\tau R E_s)}\,\mathcal{D}_{TP}^{(\tau R E_s)}}}{4(1+n)} \qquad (28)$$

$$\mathcal{I}_{I\,(\tau)} = k_{TP}\, I_{(\tau)}\, \delta U_0 \qquad (29)$$ ✓ вывести на ленту отдельно

$$\mathcal{P}_{I\,(R)} = \frac{\sqrt{2}}{2} U_0\, \delta U_0 \qquad (30)$$ ✓

$$k_{исп\,I} = \frac{\sqrt{2}\, U_0}{\delta U_0} \qquad (31)^{(*)}$$ ✓

$$k'_{исп\,I} = \overset{0{,}3535}{\frac{\sqrt{2}}{4(1+n)^2}} \cdot \frac{\mathcal{D}^{(\tau R E_s)}}{U_0\, \delta U_0} \qquad (32)$$ ✓

$$\mathcal{P}_{тип} = \frac{1}{2}(\mathcal{P}_I + \mathcal{P}_{II}) \qquad (33)$$

$$k_{исп\,TP} = \frac{U_0^2}{\mathcal{P}_{тип(R)}} \qquad (34)$$

$$\eta = \frac{1}{1+\xi} \qquad (37)$$

$$\xi = \xi_6 + \xi_{TP} \qquad (37')$$

$$k'_{исп\,TP} = \frac{\mathcal{I}^2_{(R)}}{\mathcal{P}_{тип(R)}} \qquad (35)$$

$$\bar{S}_a = \frac{1}{U_0} = \frac{\pi(1+n)}{\sin\frac{\Lambda}{2} - \frac{\Lambda}{2}\varepsilon} \qquad (36)$$

---

*) Без учёта увеличения расчётной мощности первичной обмотки за счёт намагничивающего тока.

2. Двухфазная схема (m=2)

а) Нагрузка

$$I_{(r)} = \frac{2}{\pi}\,\frac{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon}{1+N} = 2\,I^{m=1} \qquad (1)$$

$$U_0 = \frac{2}{\pi}\,\frac{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon}{1+n} = 2\,U_0^{m=1} \qquad (2)$$

$$\mathcal{J}_{(r)} = \frac{\sqrt{2}}{2}\,\frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(2RE_s)}}}{1+N} = \sqrt{2}\,\mathcal{J}^{m=1} \qquad (3)$$

$$\mathcal{U}_0 = \frac{\sqrt{2}}{2}\,\frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(2RE_s)}}}{1+n} = \sqrt{2}\,\mathcal{U}_0^{m=1} \qquad (4)$$

$$\mathcal{P}_{пол(R)} = \frac{\mathcal{D}^{(2RE_s)}}{2(1+n)^2} = 2\,\mathcal{P}_{пол}^{m=1} \qquad (5)$$

$$\Delta U_0 = \frac{1-\varepsilon}{1+n} = \Delta U_0^{m=1} \qquad (6)$$

$$f_п = 2f_c = 2f_c^{m=1} \qquad (6')$$

$$\Delta \bar{U}_0 = \frac{\pi}{2}\,\frac{1-\varepsilon}{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon} = k_{п0} = \frac{1}{2}\,\Delta\bar{U}_0^{m=1} \qquad (7)$$

$k_{п0} = \delta\bar{U}_0$

$$= \frac{1}{2}\,k_{п0}^{m=1} \qquad (7')$$

1,14

$$\bar{\mathcal{J}} = \frac{\pi\sqrt{2}}{4}\,\frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(2RE_s)}}}{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon} = \frac{\sqrt{2}}{2}\,\bar{\mathcal{J}}^{m=1} = \frac{\sqrt{2}}{2}\,\bar{\mathcal{J}}_в^{m=1} \qquad (8)$$

испр. 29.7.70

$$\bar{\mathcal{P}}_{пол} = \bar{\mathcal{J}}^2 = \frac{1}{2}\,\bar{\mathcal{P}}_{пол}^{m=1} \qquad (8')$$

$$\delta U_0 = \sqrt{\frac{1}{2}\,\underbrace{\bar{\mathcal{J}}^2_{(m=1)}}_{\bar{\mathcal{P}}_{пол}^{m=1}} - 1} = \sqrt{\underbrace{\bar{\mathcal{P}}_{пол}}_{m=2} - 1} \qquad (9)$$

$$\mathcal{J}_{\sim(r)} = I_{(r)}\,\delta U_0 \qquad (9')$$

$$\lambda = \pi - 2\arcsin\varepsilon$$

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{\pi}{2} - \arcsin\varepsilon$$

$$I_{(r)кз} = \frac{2}{\pi}\left(\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon\right)$$

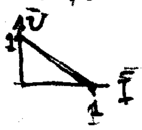
$$U_{0xx} = \frac{2}{\pi}\left(\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon\right)$$

$$\bar{I} = \frac{n}{1+n} = \frac{I}{I_{кз}}$$

$$\bar{U} = \frac{U}{U_{xx}} = \frac{1}{1+n};$$

$$\bar{U} = 1 - \bar{I} = 1 - \frac{n}{1+n} = \frac{1+n-n}{1+n} = \frac{1}{1+n};$$

т.е. ННХ – есть прямая



б) Вентиль.

$$i_{ав(r)} = \frac{1-\varepsilon}{1+N} = i_{ав}^{m=1} = \Delta U_0^{m=1,2} \qquad (10)$$

$$\mathcal{J}_{в(r)} = \frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(2RE_s)}}}{2(1+N)} = \mathcal{J}_в^{m=1} = \frac{\mathcal{J}^{m=2}}{\sqrt{2}} \qquad (11)$$

$$I_{в(г)} = \frac{1}{\pi} \frac{\sin\frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta}{2}\mathcal{E}}{1+N} \qquad = I_в^{\,m=1} \qquad (12)$$

$$u_{обр.a} = \frac{n+2-\mathcal{E}}{1+n} \qquad (13')$$

незав. от n, т.к. при $n=0$

$$u_{обр.max} = 2-\mathcal{E} \qquad (13)$$

$$\mathcal{P}_{в\,пр(г)} = n'_{пр} \mathcal{I}^2_{в(г)} + I_{в(г)}\mathcal{E} = \qquad (14)$$

$n'_{пр} = \frac{n_в}{1+n_в}$, $\mathcal{I}_в = \frac{\mathcal{I}}{\sqrt{2}}$

$$= \frac{1}{2}\left[\frac{n_в}{1+n_в}\mathcal{I}^2_{(г)} + I_{(г)}\mathcal{E}\right]$$

при $n_в > 1$

$$\mathcal{P}_{в\,пр(г)} = \mathcal{I}^2_{в(г)} + I_{в(г)}\mathcal{E} = \frac{1}{2}\left[\mathcal{I}^2_{(г)} + I_{(г)}\mathcal{E}\right] \qquad (14')$$

$$\mathcal{P}_{в\,пр(R)} = N\mathcal{P}_{в\,пр(г)} = \frac{1}{2}\left[n\,\mathcal{I}^2_{(R)} + I_{(R)}\mathcal{E}\right]$$

$\mathcal{I}_{(R)} = u_0$, $\mathcal{I}^2_{(R)} = u_0^2$, $I_{(R)} = u_0$

$$\xi_{пр} = \frac{1}{2}\left[n\,n'_{пр} + \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{I}\,\mathcal{I}_{(R)}}\right] \qquad (15)$$

$n'_{пр} = \frac{n\,n_в}{1+n_в}$, $\mathcal{I}_{(R)} = u_0$

при $n_в > 1$ $\quad \xi_{пр} = \frac{1}{2}\left[n + \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{I}u_0}\right]$ $\vee$ $\qquad \xi_в = 2\xi_{пр} = n + \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{I}u_0}$; $\vee$

$$\bar{i}_{ав} = K_{по} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1-\mathcal{E}}{\sin\frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta}{2}\mathcal{E}} \qquad = \frac{1}{2}\bar{i}_{ав}^{\,m=1} \qquad (16)$$

$$\bar{I}_в = \frac{1}{2} \qquad = \frac{1}{2}\bar{I}_в^{\,m=1} \qquad (17)$$

$$\bar{\mathcal{I}}_в = \frac{\pi}{4} \frac{\sqrt{\mathcal{D}(\varepsilon\varepsilon\varepsilon_3)}}{\sin\frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta}{2}\mathcal{E}} = \frac{\sqrt{2}}{2}\bar{\mathcal{I}} = \frac{1}{2}\bar{\mathcal{I}}^{\,m=1} = \frac{1}{2}\bar{\mathcal{I}}_в^{\,m=1} \qquad (18)$$

$$k_{ф\,в} = 2\bar{\mathcal{I}}_в \qquad = k_{ф\,в}^{\,m=1} \qquad (18')$$

$$\bar{u}_{обр\,a} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{n+2-\mathcal{E}}{\sin\frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta}{2}\mathcal{E}} \qquad (19)$$

$$\bar{u}_{обр.max} = \frac{\pi}{2} \frac{2-\mathcal{E}}{\cos[\arcsin\mathcal{E}] - \mathcal{E}\left[\frac{\pi}{2} - \arcsin\mathcal{E}\right]} \qquad (20)$$

$$\bar{\mathcal{P}}_{в\,пр} = \frac{1}{4}\left[n\,n'_{пр} k^2_{ф\,в} + 2\bar{\mathcal{E}}\right] \qquad (21)$$

$\bar{\mathcal{E}} = \frac{\mathcal{E}}{U_0}$

при $n_в > 1$ $\quad \bar{\mathcal{P}}_{в\,пр} = \frac{1}{2}\left[n\,\bar{\mathcal{P}}_{пол} + \bar{\mathcal{E}}\right] = \frac{1}{2}\left[n\frac{1}{2}\bar{\mathcal{P}}_{пол}^{\,m=1}) + \frac{\mathcal{E}}{2U_0^{\,m=1}}\right] = \frac{1}{4}\bar{\mathcal{P}}_{пол}^{\,m=1}$

$$k_{ав} = \bar{i}_{ав} = k_{по} \qquad = k_{пв}^{\,m=1} \qquad (22)$$

исправлено 25.07.70

в) Трансформатор

$$\mathcal{J}_{\underline{II}(1)(z)} = \frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(zee_s)}}}{2(1+N)} = \mathcal{J}_{\underline{II}}^{m=1} = \frac{1}{\sqrt{2}}\mathcal{J}^{m=2} \quad (23)$$

$$\mathcal{U}_{\underline{II}(1)} = \frac{1}{2}\sqrt{\mathcal{D}_{TP}^{(zee_s)}}. = \mathcal{U}_{\underline{II}}^{m=1} \quad (24)$$

$$\bar{\mathcal{U}}_{\underline{II}(1)} = \frac{\pi}{1+n}\frac{\sqrt{\mathcal{D}_{TP}^{(zee_s)}}}{\sin\frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta}{2}\varepsilon} = 2\bar{\mathcal{U}}_{\underline{II}}^{m=1} \quad (24')$$

$$P_{pacr(R)} = U_0^2 = 4P_{pacr}^{m=1} \quad (25)$$

$$k_{ucn\,\underline{II}(1)} = 4k_{ucn\,\underline{II}}^{(m=1)} = 4k_{ucn\,\underline{II}} \quad (26)$$

$$k'_{ucn\,\underline{II}(1)} = 2k'^{(m=1)}_{ucn\,\underline{II}} \quad (27)$$

$$\mathcal{P}_{\underline{II}(1)(R)} = \mathcal{P}_{\underline{II}(R)}^{(m=1)} \quad (28)$$

$$k_{TP} = \frac{w_2}{w_1}$$

$$\mathcal{J}_{I(z)} = k_{TP}\frac{\sqrt{2}}{2}\frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(zee_s)}}}{1+N} = k_{TP}\,\mathcal{J}_{\underline{II}(z)} \quad (29)$$

$$\mathcal{P}_{I(R)} = \frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(zee_s)}}}{2(1+n)} = \mathcal{J}_{\underline{II}(1)(R)} \quad (30) \quad = \frac{1}{\sqrt{2}}\,\mathcal{J}_{(R)}$$

(6)

$$k_{ucn\,I} = \sqrt{2}\,\frac{U_0}{\bar{\mathcal{J}}} \quad (31) \quad \frac{\frac{1}{\sqrt{2}}\mathcal{J}_{(R)}}{U^2} = \frac{1}{\sqrt{2}}\frac{\bar{\mathcal{J}}}{U}$$

$$k'_{ucn\,I} = \frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(zee_s)}}}{1+n} \quad (32)$$

$$\bar{k}'_{ucn\,I} = \frac{k'^{(m=2)}_{ucn\,I}}{k'^{(m=1)}_{ucn\,I}} = \frac{2(1+n)U_0\,\delta U_0^{(m=1)}}{\sqrt{\mathcal{D}^{(zee_s)}}} \quad (32') = \sqrt{2}\,\bar{\mathcal{J}}\,\delta U_0^{(m=1)}$$

$$\frac{\frac{1}{\sqrt{2}}U_0}{U_0} = \frac{1}{\sqrt{2}}\bar{\mathcal{J}}$$

$$= \sqrt{2}\,\bar{\mathcal{J}}^{(m=2)}\,\delta U_0^{(m=1)}.$$

$$\mathcal{P}_{max} = \mathcal{P}_{\underline{II}(1)} + \frac{1}{2}\mathcal{P}_I \quad (33)$$

$$k_{исп\,тр} = \frac{U_0^2}{P_{min(R)}} \qquad (34)$$

$$\bar{k}_{исп.тр} = \frac{k_{исп.тр}^{(m=2)}}{k_{исп.тр}^{(m=1)}} \qquad (34')$$

$$k'_{исп\,тр} = \frac{J^2(R)}{P_{min(R)}} \qquad (35)$$

$$\bar{S}_a = \frac{\pi}{2}\,\frac{1+n}{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon} \qquad (36) = \frac{1}{2}\bar{S}_a^{m=1}.$$

$$\eta = \frac{1}{1+\xi} \qquad (37)$$

$$\xi = \xi_{вент} + \xi_{тр}\,. \qquad (37')$$

3. Однофазный мост (греца)

а) Нагрузка

$$I_{(з)} = \frac{2}{\pi}\,\frac{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon'}{1+N} \qquad (1)\ ^{*)}$$

$$U_0 = \frac{2}{\pi}\,\frac{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon'}{1+n} \qquad \varepsilon' = 2\varepsilon \qquad (2)$$

$$J_{(з)} = \frac{\sqrt{2}}{2}\,\frac{\sqrt{D_{(\Gamma_P)}^{(2R\varepsilon_3)}}}{1+N} \qquad (3)$$

$$U_0 = \frac{\sqrt{2}}{2}\,\frac{\sqrt{D_{(\Gamma_P)}^{(2R\varepsilon_3)}}}{1+n} \qquad (4)$$

используем рез-ты $m=2$, где $\varepsilon' + 2\varepsilon$ соотв. ε до 0,5

$$U_0^2 = \quad P_{max(R)} = \frac{D_{(\Gamma_P)}^{(2R\varepsilon_3)}}{2\ell(1+n)^2} \qquad (5)$$

$$\Delta U_0 = \frac{1-\varepsilon'}{1+n} \qquad (6)$$

$$\longleftarrow \ \ \ \longleftarrow \ \ \ \longleftarrow\ , \ \longleftarrow \ \ f_n = 2f_c \qquad (6')$$

$$\Delta\bar{U}_0 = \frac{\pi}{2}\,\frac{1-\varepsilon'}{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon'} = K_{по} \qquad (7)$$

$$K_{по} = \Delta\bar{U}_0 \qquad (7')$$

*) При [illegible] одинаковых [illegible] $N_{(тр)} \ll N_{(m=1,2)}$.

111 испр. 30.7.70 г

$$\bar{J} = \frac{\pi\sqrt{2}}{\ldots}\frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(2RE_s)}_{(T_p)}}}{\sin\frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta}{2}\mathcal{E}'} \qquad (8)$$

$$\bar{P}_{пол} = \frac{P_{пол(R)}}{U^{0}} = \left(\frac{U}{U}\right) = \bar{J}^2 = \bar{J}^2 \qquad (8')$$

$$\delta U_0 = \sqrt{\bar{J}^2 - 1} \qquad (9)$$

$$J_{\sim(z)} = I_{(z)}\,\delta U_0 \qquad (9')$$

б) Вентиль

$$i_{ab(z)} = \frac{1-\mathcal{E}'}{1+N} \qquad (10)$$

$$J_{в(z)} = \frac{\sqrt{\mathcal{D}^{(2RE_s)}_{(T_p)}}}{2(1+N)} = \frac{J^{T_p}}{\sqrt{2}} = J_в^{m=1,2} \qquad (11)$$

$$I_{в(z)} = \frac{1}{\pi}\,\frac{\sin\frac{\Delta}{2} - \frac{\Delta}{2}\mathcal{E}'}{1+N} = \frac{r_{тр}+2r_{пр}\frac{r_{пр}}{r_{тр}}}{R\left(1+2\frac{r_{пр}}{r_{тр}}\right)} \qquad (12)$$

$\frac{r_{пр}}{R} = n_{пр}$ $\qquad 2\frac{r_{пр}+r_{тр}}{R}\cdot\frac{r_{тр}}{r_{тр}+2r_{пр}}$ $\qquad \frac{r_{тр}}{R} = n_{тр}$

$$U_{обр.a} = \frac{1}{1+n}\left[\left(1 - \frac{nn_в}{1+2n_в}\right) - \mathcal{E}\left(1 - \frac{n}{1+2n_в}\right)\right] \qquad (13')$$

при $2n_в > 1$ :: $U_{обр.a} = \frac{1}{1+n}\left[\frac{2-n}{2} - \mathcal{E}\left(1-\frac{n}{2n_в}\right)\right]$ $\qquad n=0$

$$U_{обр.max} = 1 - \mathcal{E} \qquad (13)$$

независимо от n, т.к. при ХХ

$nn_{пр} = n_{пр} = \frac{nn_в}{1+n_в}$

$$P_{в\,пр(R)} = \frac{1}{2}\left[n_{пр}U_0^2 + U_0\,\mathcal{E}\right] \qquad (14)$$

$$P_{в\,пр(z)} = \frac{1}{2}\left[n_{пр}J^2_{(z)} + J_{(z)}\mathcal{E}\right]$$

при $n_в > 1$: n

$$P_{в\,пр(z)} = \frac{1}{2}\left[\frac{1}{2}J^2_{(z)} + I_{(z)}\,\mathcal{E}\right] \qquad (14')$$

$nn'_{пр} = n\frac{n_в}{1+2n_в}$

$$P_{вент(R)} = 2n_{пр}U_0^2 + U_0\,\mathcal{E}] \qquad (14^a)$$

при $n_в > 1$

$$P_{вент(z)} = 2\left[\frac{1}{2}J^2_{(z)} + I_{(z)}\,\mathcal{E}\right] \qquad (14^a)'$$

В общем виде можно посчитать. Вывести на ленту.

$$\xi_{вент} = 2\left[n_{пр} + \frac{\mathcal{E}}{\bar{J}U_0}\right]. \qquad (15)$$

при $n_в > 1$

$$\xi_{вент} = 2\left(\frac{n}{2} + \frac{\varepsilon}{\bar{J}\,U_o}\right) \qquad (15')$$ на ленту.

$$\bar{i}_{aв} = k_{по} = \frac{\pi}{2}\,\frac{1-\varepsilon'}{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon'} \qquad (16)$$

$$\bar{I}_в = \frac{1}{2} \qquad (17)$$

$$\bar{J}_в = \frac{\pi}{4}\cdot\frac{\sqrt{D_{(Гр)}^{(rRE_s)}}}{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon'} \qquad (18)$$

$$k_{фв} = 2\bar{J}_в \qquad (18')$$

$$\bar{U}_{обр.а} = \frac{U_{обр\,а}}{U_o} \qquad (19)$$

$$\bar{U}_{обр.мак} = \frac{\pi}{2}\,\frac{1-\varepsilon}{\cos(\arcsin\varepsilon') - \varepsilon'\left[\frac{\pi}{2} - \arcsin\varepsilon'\right]} \qquad (20)$$

$$\bar{P}_{в\,пр} = \frac{1}{2}\left[n_{пр}\bar{J}^2 + \bar{\varepsilon}\right] \qquad (21) \qquad \bar{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{U_o}$$

$$\bar{P}_{вент} = \cancel{4}\,\bar{P}_{вп р};$$

при $n_в > 1$ $\bar{P}_{в\,пр} = \frac{P_{в\,пр}(z)_{n_в>1}}{U\,I(z)} = \frac{\frac{1}{2}\left[\frac{1}{2}J_{(z)}^2 + \bar{I}_{(z)}\varepsilon\right]}{n\bar{I}_z = U I(z)} =$

$$k_{пв} = \cancel{4}\,2\bar{i}_{aв} = \cancel{4}\,2k_{по} \qquad (22)$$

$= \frac{n}{2}\left[\frac{1}{2}\left(\frac{J_{(z)}}{I_{(z)}}\right)^2 + \frac{I_{(z)}}{V_{(z)}}\frac{\varepsilon}{J_{(z)}}\right] =$

испр. но 25.07.70 г

на ленту: $\frac{1}{2}\left[\frac{n}{2}\bar{P}_{пол} + \bar{\varepsilon}\right]$; $\bar{J}^2 = \bar{P}_{пол}$

$$\bar{P}_{вент(n_в>1)} = 2\left[\frac{n}{2}\bar{P}_{пол} + \bar{\varepsilon}\right]$$

в) Трансформатор.

$$\bar{J}_{II\,(z)} = \bar{J}_{(z)} = \sqrt{2}\,J_{в\,(z)} \qquad (23)$$

$$\bar{U}_{II} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{D_{TP\,(Гр)}^{(rRE_s)}} \qquad (24)$$ при $n_в > 1$, т.е. $\bar{\tau}_{тр} = 0$ $\quad U_{II} = 0{,}707 = \frac{\sqrt{2}}{2}$ — представить иначе

$$\bar{U}_{II} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}}\,\frac{1+n}{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon'}\sqrt{D_{TP\,(Гр)}^{(rRE_s)}} \qquad (24')$$

$$P_{расч\,(R)} = U_o^2 \qquad (25)$$

$$k_{исп\,II} = \frac{\left[\frac{2}{\pi}\left(\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\varepsilon'\right)\right]^2\cdot 2}{(1+n)\sqrt{D_{(Гр)}^{(rRE_s)}\,D_{TP(Гр)}^{rRE_s}}} \qquad (26)$$

$$k'_{исп\,II} = \frac{1}{1+n}\sqrt{\frac{D^{(2RE_s)}_{(Tp)}}{D^{(2RE_s)}_{TP(Tp)}}} \qquad (27)$$

$$P_{II}(R) = \frac{\sqrt{D^{(2RE_s)}_{(Tp)}\,D^{(2RE_s)}_{TP(Tp)}}}{2(1+n)} \qquad (28)$$

$$J_{I}(R) = k_{TP}\overset{0,707}{\frac{\sqrt{2}}{2}}\,\frac{\sqrt{D^{(2RE_s)}_{(Tp)}}}{1+n} = K_{TP}\,J_{(r)} \qquad (29)$$

$$P_{I}(R) = \overset{0,707}{\frac{1}{\sqrt{2}}}\,U_0 \qquad (30)$$

$$k_{исп\,I} = \sqrt{2}\,\frac{U_0}{J}\Big) = K^{(m=2)}_{исп\,I} \qquad (31)$$

$$k'_{исп} = \sqrt{2}\,U_0 \qquad (32)$$

$$P_{мин(R)} = \frac{1}{2}\left(P_{I(R)} + P_{II(R)}\right) \qquad (33)$$

$$k_{исп.TP} = \frac{U_0^2}{P_{мин(R)}} \qquad (34)$$

$$k'_{исп.TP} = \frac{J^2_{(R)}}{P_{мин(R)}} \qquad (35)$$

$$\bar{S}_a = \frac{\pi}{2}\,\frac{\sin\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2}\mathcal{E}'}{1+n} \qquad (36)$$

$$\eta = \frac{1}{1+\xi} \qquad (37)$$

$$\xi = \xi_{вент} + \xi_{TP} \qquad (37')$$

4. Трехфазная схема ($m=3$)

а) нагрузка

$$I_{(2)} = \frac{0{,}826}{1+N} A_{(3)} \qquad (1)$$

$$U_0 = \frac{0{,}826}{1+n} A_{(3)} \qquad (2)$$

$$\Delta U_0 = 0{,}489\left[\cos(60^\circ+\gamma) - \varepsilon\right]\sqrt{D_{(3)}^{(2RE_s)}} \qquad (4)$$

$$J_{(2)} = 0{,}847\sqrt{D_{(3)}^{(2RE_s)}}\,\sin\gamma \qquad (3)$$

$$P_{пол(2)} = 0{,}239\, D_{(3)}^{(2RE_s)}\left[\cos\left(\tfrac{\pi}{3}+\gamma\right) - \varepsilon\right]^2 \qquad (5)$$

$$\Delta U_0 = \frac{1-\cos\left(\frac{\pi}{3}-\gamma\right)}{1+n} \qquad (6)$$

$f_n = 3f_c$

$$= \frac{\bar{S}a}{1+n} \qquad (6')$$

$$\Delta \bar{U}_0 = \frac{1-\cos\left(\frac{\pi}{3}-\gamma\right)}{0{,}826\, A_{(3)}} = \frac{1{,}212}{A_{(3)}}\left[1-\cos\left(\tfrac{\pi}{3}-\gamma\right)\right] = \frac{\bar{S}a\left[1-\cos\left(\frac{\pi}{3}-\gamma\right)\right]}{1+n} \qquad (7)$$

$$k_{п0} = \frac{1-\varepsilon}{0{,}826\, A_{(3)}} = \frac{1{,}212}{A_{(3)}}(1-\varepsilon) \qquad (7')$$

$$\bar{J} = \frac{0{,}592}{A_{(3)}}\left[\cos\left(\tfrac{\pi}{3}-\gamma\right)-\varepsilon\right]\sqrt{D_{(3)}^{(2RE_s)}} \qquad (8)$$

$$\bar{P}_{пол} = \bar{J}^2 \qquad (8')$$

$$\delta U_0 = \sqrt{\bar{P}_{пол} - 1} \qquad (9)$$

$$J_{\sim} = I_{(2)}\,\delta U_0 \qquad (9')$$

б) Вентиль

$$i_{ав} = \frac{1-\mathcal{E}}{1+N} \qquad \frac{1}{\pi}=0{,}5642 \tag{10}$$

$$J_{в(г)} = 0{,}49\sqrt{\mathcal{D}_{в(3)}^{(12RE)}}\sin\gamma \tag{11}$$

$$I_{в(г)} = \frac{0{,}275}{1+N}A_{(3)} \tag{12}$$

$$U_{обр\,max} = 1{,}732 - \mathcal{E} \tag{13}$$

$$\mathcal{P}_{в\,пр(г)} = n'_{пр}J^2_{в(г)} + I_{в(г)}\,\mathcal{E} \tag{14}$$

$$\bar{i}_{ав} = \frac{1-\mathcal{E}}{0{,}826\,A_{(3)}} = k_{по} \tag{16}$$

$$\bar{I}_в = 1/3 = 0{,}333 \tag{17}$$

$$\bar{J}_в = \frac{0{,}342}{A_{(3)}}\left[\cos\left(\frac{\pi}{3}+\gamma\right)-\mathcal{E}\right]\sqrt{\mathcal{D}_{в(3)}^{(2RE_3)}} \tag{18}$$

$$k_{фв} = 3\bar{J}_в \tag{18'}$$

$$\bar{U}_{обр.max} = \frac{1{,}782-\mathcal{E}}{0{,}826-\mathcal{E}} \tag{20}$$

$$\bar{\mathcal{P}}_{в\,пр} = \frac{1}{9}\left[n_{пр}k^2_{фв} + 3\bar{\mathcal{E}}\right] \tag{21}$$

$$k_{пв} = 3\bar{i}_{ав} = 3k_{по} \tag{22}$$

испр. 25.05.70

в) трансформатор

$\frac{1}{2\sqrt{\pi}} = 0,282$

$$I_{II(1)(2)} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{D\,e_{(3)}^{(2RE_3)}}{\pi}}\left[\cos\left(\frac{\pi}{3}+\gamma\right)-\varepsilon\right] \quad (23)$$

$$U_{II(1)} = \sqrt{\frac{1}{2} + n'_{TP}\left(I^2_{II(1)(2)} - \frac{2}{\pi}D^{(1)(2RE_3)}_{\varphi\,(3)}\right)} \quad (24)$$

$$P_{расч(R)} = U_0^{\,2} \quad (25)$$

$$k_{исп\,II(1)} = \frac{U_0^{\,2}}{N\,I_{II(1)(2)}\,U_{II(1)}} = \frac{1}{\overline{U}_{II}\,\overline{I}_{6}} = \frac{3}{k_{\varphi 6}\,\overline{U}_{II}} \quad (26)$$

$$k'_{исп\,II(1)} = \frac{n\,U_0^{2}}{I_{II(1)(2)}\,U_{II(1)}} \quad (27)$$

$$P_{II(1)(R)} = I_{II(1)(R)}\,U_{II(1)} \quad (28)$$

$$P_{тип} = \frac{1}{2}\left(P_{I} + P_{II}\right) \quad (33)$$

$$k_{исп\,TP} = \frac{U_0^{\,2}}{P_{тип(R)}} \quad (34)$$

$$k'_{исп\,TP} = \frac{U_0^{\,2}}{P_{тип(R)}} \quad (35)$$

$$S_a = 1,212\,(1+n)\frac{1}{A_{(3)}} \quad (36)$$

$$\eta = \frac{1}{1+\xi} \qquad (37)$$

$$\xi = \xi_{в} + \xi_{п} \qquad (37')$$

5. Шестифазная схема ($m=6$)

а) нагрузка

$$I_{(2)} = \frac{0{,}955}{1+N} A_{(6)} \qquad (1)$$

$$U_0 = \frac{0{,}955}{1+n} A_{(6)} \qquad (2)$$

$$J_{(2)} = 0{,}692\sqrt{D_{(6)}^{(tRE_s)}}\, \sin\gamma \qquad (3)$$

$$U_0 = 0{,}692\sqrt{D_{(6)}^{(tRE_s)}}\left[\cos\left(\frac{\pi}{6}+\gamma\right)-\varepsilon\right] \qquad (4)$$

$$P_{no1(R)} = 0{,}476\,[N\sin\gamma]^2 D_{(6)}^{(tRE_s)} \qquad (5)$$

при $n_{гр} < n < n_{кр}$:

$$\Delta U_0 = 1{,}732\,\frac{1-\cos\gamma}{n+2} \qquad (6^a)$$

$$\Delta U_0 = \frac{1-\cos\left(\frac{\pi}{6}-\gamma\right)}{1+n} \qquad (6)$$

$$f_n = 6 f_c \qquad (6')$$

$$\Delta\bar{U}_0 = \frac{1{,}815}{A_{(6)}}\,\frac{1+n}{2+n}(1-\cos\gamma) \qquad (7^a)$$

$$\frac{2}{n+2}\,\frac{\cos\theta-\varepsilon}{\frac{1}{1+n}\sin\frac{\pi}{6}A} = \frac{2(1+n)}{2+n}\,\frac{\cos\theta-\varepsilon}{\sin\frac{\pi}{6}A}$$

$$k_{no} = 1{,}05\,\frac{1+n}{2+n}\,\frac{1-2\varepsilon}{A_{(6)}} \qquad (7^a)'$$

$$\Delta\bar{U}_0 = 1{,}05\,\frac{1-\cos\left(\frac{\pi}{6}-\gamma\right)}{A_{(6)}} \qquad (7)$$

$$k_{no} = \frac{1{,}05}{A_{(6)}}(1-\varepsilon) \qquad (7')$$

при $n < n_г$

$$\bar{J} = 0{,}724\left[\cos\left(\frac{\pi}{6}-\gamma\right)-\varepsilon\right]\sqrt{D_{(6)}^{(tRE_s)}} \qquad (8)$$

$$\bar{P}_{no1} = \bar{J}^2 \qquad (8')$$

$$\delta U_0 = \tau\sqrt{P_{нел} - 1} \qquad (9)$$

$$J_{\sim(z)} = I_{(z)}\,\delta U_0 \qquad (3')$$

б) Вентили

$$i_{ав} = \frac{1-\varepsilon}{1+N} \qquad (10)$$

$$J_{в(z)} = 0{,}282\sqrt{D_{в(в)}^{(2kE_3)}}\,\sin\gamma \qquad (11)$$

0,15916

$$I_{в(z)} = \frac{0{,}159}{1+N}\,A_{(в)} \qquad (12)$$

$$U_{обр\,max} = 2-\varepsilon \qquad (13)$$

$$P_{в\,пр(z)} = n'_{пр}\,J^2_{в(z)} + I_{в(z)}\,\varepsilon \qquad (14)$$

$$\bar{i}_{ав} = \frac{1-\varepsilon}{0{,}955\,A_{(в)}}, \quad \text{при } n<n_{кр} \qquad (16)$$

$$\bar{I}_в = \frac{1}{6} = 0{,}1667 \qquad (17)$$

$$\bar{J}_в = 0{,}2954\,\frac{(1+N)\sin\gamma}{A_{(в)}}\sqrt{D^{ekE_3}_{в(в)}} \qquad (18)$$

$$k_{фв} = 6\,\bar{J}_в \qquad (18')$$

$$\bar{U}_{обр.max} = \frac{2-\varepsilon}{0{,}955-\varepsilon} \qquad (20)$$

$$\bar{P}_{в\,пр} = \frac{1}{36}\left[n_{пр}k^2_{фв} + 6\bar{\varepsilon}\right] \qquad (21)$$

$$k_{пв} = \cancel{\tfrac{1}{6}}\,6\,\bar{i}_{ав}, \quad \text{при } n<n_{кр} \qquad (22)$$

испр. 28.07.70 г.

в) Трансформатор

$$J_{\overline{II}(1)(R)} = 0{,}282\left[\cos\left(\frac{\pi}{6}+\gamma\right)-\varepsilon\right]\sqrt{\mathcal{D}_{e(6)}^{(\text{ч}RE_5)}} \quad (23)$$

$$U_{\overline{II}(1)} = \sqrt{0{,}5 + n'_{\text{тр}}\left(J_{e(2)}^{2} - 0{,}6366\,\mathcal{D}'^{(\text{ч}RE_5)}_{\varphi(6)}\right)} \quad (24)$$

$$P_{\text{расч}(R)} = U_0^{2} \quad (25)$$

$$K_{\text{исп}\,\overline{II}(1)} = \frac{6}{k_{\varphi 6}\,U_{\overline{II}}} \quad (26)$$

$$K'_{\text{исп}\,\overline{II}(1)} = \frac{n\,U_0^{2}}{J_{\overline{II}(1)(2)}\,U_{\overline{II}(1)}} \quad (27)$$

$$P_{\overline{II}(1)(R)} = J_{\overline{II}(1)(R)}\,U_{\overline{II}(1)} \quad (28)$$

$$P_{\text{тип}} = \frac{1}{2}\left(P_{\overline{I}} + P_{\overline{II}}\right) \quad (33)$$

$$K_{\text{исп.тр}} = \frac{U_0^{2}}{P_{\text{тип}(R)}} \quad (34)$$

$$K'_{\text{исп}\,\text{тр}} = \frac{U_0^{2}}{P_{\text{тип}(R)}} \quad (35)$$

$$S_a = (1+n)\frac{1{.}05}{A_{(6)}} \quad (36)$$

$$\eta = \frac{1}{1+\xi} \quad (37)$$

$$\xi = \xi_e + \xi_{\text{тр}} \quad (37')$$

Отв. исп., исп., ⁄⁄⁄ 25.7.70г (А. Репин)
инж., м.н.с.

стр. 18–24 у Вин.
пока.

© А.М. Репин. 1969, –70, 2013. 29.7.2016