

р. 6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Серия А

№ 127

1957

С. Р. БУАЧИДЗЕ

**ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ
НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ
СИСТЕМНЫХ ЗВЕНЬЕВ
ПОСТОЯННОГО ТОКА**

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ТАЛЛИН 1957

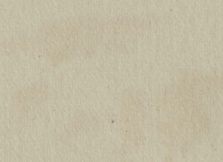
1-2-1-

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
1207 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILLINOIS 60637

91



THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

Ер. 6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Серия А

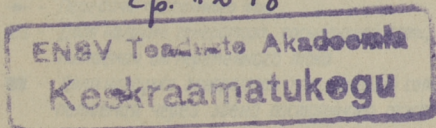
№ 127

1957

С. Р. БУАЧИДЗЕ

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ
НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ
СИСТЕМНЫХ ЗВЕНЬЕВ
ПОСТОЯННОГО ТОКА

Ер. 1248



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ТАЛЛИН, 1957

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ И НАМЕЧЕННАЯ ЦЕЛЬ

Включение в энергетические системы переменного тока автоматически регулируемых звеньев постоянного тока облегчает решение таких сложных вопросов как регулирование частоты и напряжения, ограничение токов короткого замыкания, повышение синхронной устойчивости станций и защита от сверхтоков [Л. 1, 2 и 3]. Но законы, управляющие, с одной стороны, элементами таких звеньев (преобразователей и линий постоянного тока) и с другой — установками переменного тока данных систем, отличаются друг от друга. Указанное осложняет анализ режимов работы таких систем (рис. 1).

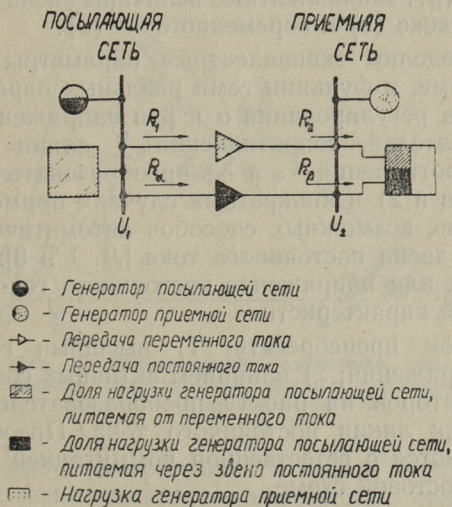


Рис. 1. Система с параллельно работающими звеньями переменного и постоянного токов.

Для упрощения проблемы мы здесь задались целью определить эквивалентные параметры на переменном токе 1) звена постоянного тока и его нагрузки и 2) в случае параллельной работы — совокупности звеньев переменного и постоянного токов и их нагрузок. В результате можно получить для всей системы однородную схему переменного тока. К вопросам использования такой схемы для анализа работы системы мы намерены вернуться в последующих работах.

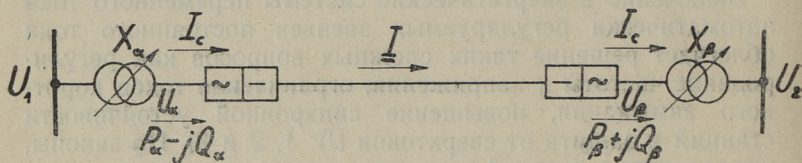


Рис. 2. Звено постоянного тока.

Примем следующие обозначения (рис. 2): величины постоянного тока будут подчеркнуты черточкой; величины выпрямительной стороны будут иметь индекс (α) , инверторной — (β) , эквивалентные величины звена постоянного тока — индекс (c) и переменного — (v) .

Мы определим эквивалентные параметры 1) в более общей форме, в функции семи реальных параметров звена — углов регулирования α и β и напряжений U_α и U_β преобразователей, сопротивления R линии постоянного тока и сопротивлений X_α и X_β преобразовательных трансформаторов и 2) в конкретных случаях применения каждого из трех возможных способов автоматического регулирования звена постоянного тока [Л. 1 и 3]: на неизменный ток или напряжение постоянного тока или же по ступенчатой характеристике.

Мы будем пренебрегать: 1) высшими гармониками тока и напряжения; 2) влиянием активных сопротивлений трансформаторов на работу преобразователей и 3) токами утечки линии постоянного тока. Преобразователи предполагаются с естественной коммутацией и соединенными по мостовой схеме.

ЭКВИВАЛЕНТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СОВОКУПНОСТИ «ЛИНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА — — ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ»

1. Общий вид

Потеря мощности в линии $\underline{R}I^2$ может быть также представлена как $R_c I_c^2$, где R_c — эквивалентное активное сопротивление линии, приведенное к переменному току:

$$\Delta P = \underline{R}I^2 = R_c I_c^2 \quad (1)$$

Принимая во внимание соотношение переменного I_c и постоянного I токов звена,

$$I_c = \sqrt{\frac{2}{3}} I \quad (2)$$

получим из (1)

$$R_c = 1,5 \underline{R} \quad (3)$$

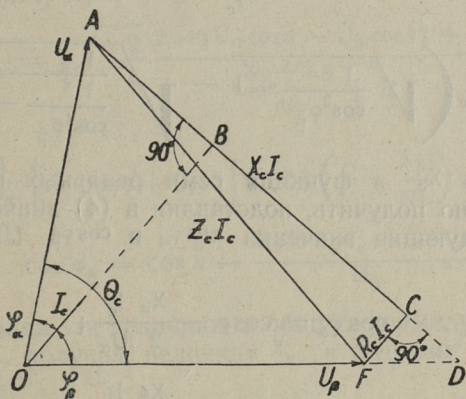


Рис. 3. Эквивалентная векторная диаграмма совокупности «линия постоянного тока — преобразователи».

Картину работы совокупности линия — преобразователи, когда звено является единственной связью между двумя системами (межсистемное звено), можно отобразить диаграммой рис. 3. Здесь угол θ_c между векторами напряжения U_α и U_β выпрямителя и инвертора является

фиктивным: он от реального положения в пространстве этих векторов не зависит; векторы U_α и U_β могут иметь разную пульсацию, и, при данной мощности $P = C \cdot I_c$, реальный угол между U_α и U_β будет непрерывно изменяться. Ток I_c отстает по фазе от U_α и опережает U_β , т. к. реактивные мощности двух концов звена имеют противоположные направления: (1) На диаграмме

$$X_c I_c = \overline{AB} + \overline{BD} - \overline{CD}$$

и эквивалентное реактивное сопротивление совокупности

$$X_c = \frac{U_\alpha \sin \varphi_\alpha + U_\beta \sin \varphi_\beta}{I_c} + R_c \left(\frac{\sin \varphi_\beta - \cos \varphi_\beta}{\cos \varphi_\beta - \sin \varphi_\beta} \right),$$

или

$$X_c = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_\alpha} + U_\beta \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_\beta}}{I_c} + R_c \left(\sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi_\beta} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi_\beta} - 1} \right) \quad (4)$$

Значение X_c в функции семи реальных параметров звена можно получить, подставляя в (4) значение R_c из (3) и следующие значения $\cos \varphi_\alpha$ и $\cos \varphi_\beta$ [Л. 3] и I_c [Л. 4]:

$$\cos \varphi_\alpha = \cos \alpha - \frac{X_\alpha I_c}{2 U_\alpha}; \quad (5)$$

$$\cos \varphi_\beta = \cos \beta - \frac{X_\beta I_c}{2 U_\beta}; \quad (6)$$

$$I_c = \frac{1,91 (U_\alpha \cos \alpha - U_\beta \cos \beta)}{\frac{X_\alpha + X_\beta}{\pi/3} + R} \quad (7)$$

(1) Инвертор по отношению к приемной системе играет роль недозвуздженного генератора, с опережающим током I_c .

Модуль $Z_c = \sqrt{R_c^2 + X_c^2}$ и аргумент $\varphi_c = \arctg \frac{X_c}{R_c}$ эквивалентного полного сопротивления совокупности находятся, исходя из (3) и (4).

Необходимо отметить, что если пренебречь влиянием частоты на сопротивления X_α и X_β трансформаторов, то единственными параметрами звена постоянного тока, на которые влияет режим работы элементов переменного тока системы, являются модули напряжений U_α и U_β (рис. 4), которые можно назвать пограничными параметрами (2).

2. Регулирование на неизменное напряжение постоянного тока

Регулятор напряжения поддерживает напряжение U_β инвертора на величину $A = C$ ниже его линии устойчивости [Л. 1... 4].

В данном случае [Л. 3], обозначая через δ угол опрокидывания инвертора, получаем:

$$I_c = \sqrt{\frac{2}{3} \frac{2,34 (U_\alpha \cos \alpha - U_\beta \cos \delta) + A}{\frac{X_\alpha + X_\beta}{\pi/3} + \underline{R}}} \quad (8)$$

$$\cos \varphi_\alpha = \frac{1}{U_\alpha} \left\{ U_\beta \cos \delta + 0,43 \left[1,22 I_c \left(\underline{R} - \frac{X_\beta}{\pi/3} \right) - A \right] \right\} \quad (9)$$

$$\cos \varphi_\beta = \cos \delta - \frac{0,335 X_\beta I_c + 0,43 A}{U_\beta} \quad (10)$$

Подставляя эти величины в общую формулу (4) и учитывая (3), получим величину X_c в функции параметров $\alpha, \underline{R}, X_\alpha, X_\beta, U_\alpha$ и U_β .

(2) В интересных работах К. Нагаи и С. Маиамото [Л. 6 и 7] имеется построение аналогичной векторной диаграммы, но только для частного случая параллельной работы соразмерных по мощности звена постоянного тока и синхронной машины приемной системы, при бесконечно мощной посылающей системе. В таких условиях авторы не рассматривают вопроса о взаимовлиянии посылающей и приемной систем и считают, что векторы напряжения инверторного конца и эквивалентного напряжения выпрямительной стороны совпадают по фазе.

С другой стороны, в функции выданной звеном мощности P_β [Л. 3],

$$I_c = \sqrt{\frac{2}{3} \left[\frac{2,34 U_\beta \cos \delta - A}{1,91 X_\beta} - \right.} \quad (11)$$

$$\left. - \sqrt{\frac{0,27 (2,34 U_\beta \cos \delta - A)^2}{X_\beta^2} - \frac{1,05 P_\beta}{X_\beta}} \right],$$

$$\cos \varphi_\alpha = \frac{1}{U_\alpha} \left\{ U_\beta \cos \delta + 0,43 \left[\left(\frac{2,34 U_\beta \cos \delta - A}{1,91 X_\beta} - \right. \right. \right. \quad (12)$$

$$\left. \left. - \sqrt{\frac{0,27 (2,34 U_\beta \cos \delta - A)^2}{X_\beta^2} - \frac{1,05 P_\beta}{X_\beta}} \right) (R - 1,05 X_\beta) - A \right\}$$

и

$$\cos \varphi_\beta = 0,5 \cos \delta - \frac{1}{U_\beta} (0,22 A - \quad (13)$$

$$- \sqrt{0,04 (2,34 U_\beta \cos \delta - A)^2 - 0,18 P_\beta X_\beta})$$

Эти значения подставляются в (4), что дает возможность проследить за изменением X_α и, следовательно, за Z_c , в функции мощности приемного конца P_β или же, при поддержании неизменной этой последней ($P = C^t$), в функции напряжений U_α и U_β .

3. Регулирование на неизменный ток

В данном случае $I_c = C^t$ и [Л. 3]

$$\cos \varphi_\alpha = \frac{P_\beta + R_c I_c^2}{3 U_\alpha I_c}, \quad (14)$$

а

$$\cos \varphi_\beta = \frac{P_\beta}{3 U_\beta I_c} \quad (15)$$

Подставляя эти значения в (4), получим выражение X_c в функции P_β . Отметим, что при увеличении нагрузки X_c быстро уменьшается, а $\cos \varphi_\alpha$ и $\cos \varphi_\beta$ увеличиваются, что ведет к уменьшению угла $\theta_c = \varphi_\alpha + \varphi_\beta$ (рис. 3).

Можно также выразить X_c в функции семи параметров звена, используя в (4) значения $\cos \varphi_\alpha$ и $\cos \varphi_\beta$ согласно (5) и (6) и учитывая, что $I_c = C^t$.

4. Регулирование по ступенчатой характеристике $i_c = f(P_\beta)$

В пределах одной ступени $i_c = C^t$, и вышеуказанные соображения насчет X_c остаются в силе. В момент перехода с одной ступени на другую [Л. 1 и 3] P_β остается неизменной, а ток и, вместе с ним, согласно (14), (15) и (4), $\cos\varphi_\alpha$, $\cos\varphi_\beta$ и, следовательно, X_c , изменяются скачкообразно.

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗВЕНА, СОСТОЯЩЕГО ИЗ ПАРАЛЛЕЛЬНО ВКЛЮЧЕННЫХ ПЕРЕДАЧ ПЕРЕМЕННОГО И ПОСТОЯННОГО ТОКОВ (рис. 4)

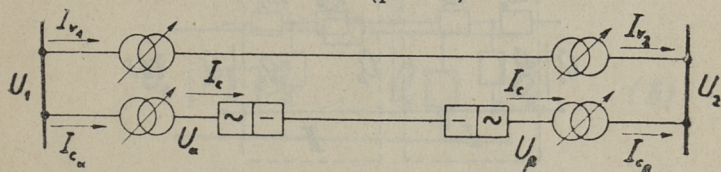


Рис. 4. Параллельно работающие передачи переменного и постоянного токов.

Как известно [см., например, Л. 5], передачу переменного тока можно представить в виде одного эквивалентного четырехполюсника, состоящего, в свою очередь, из трех последовательно соединенных четырехполюсников, представляющих линию и трансформаторы на ее двух концах. Представим этот четырехполюсник П-образной схемой замещения (рис. 5).

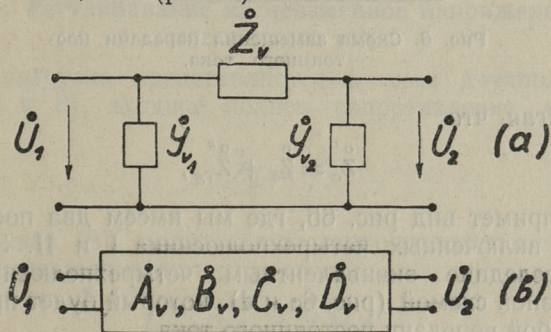


Рис. 5. Схема замещения четырехполюсника передачи переменного тока.

С другой стороны, замещая трансформаторы обоих концов передачи постоянного тока, например, Т-образными схемами, получим для всего звена схему рис. 6а, где $\overset{\circ}{Z}_c$ — определенное выше полное сопротивление совокупности линия — преобразователи.

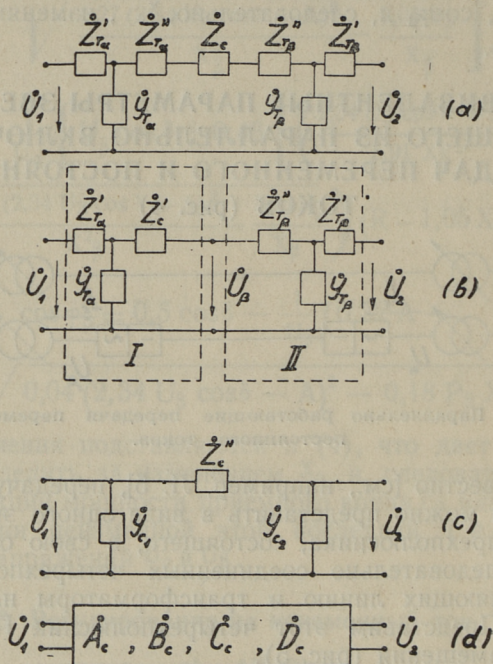


Рис. 6. Схема замещения передачи постоянного тока.

Полагая, что

$$\overset{\circ}{Z}'_c = \overset{\circ}{Z}_c + \overset{\circ}{Z}''_{T_c},$$

схема примет вид рис. 6б, где мы имеем два последовательно включенных четырехполюсника I и II. Заменим эти последние эквивалентным четырехполюсником с П-образной схемой (рис. 6с и d), который будет представлять собой передачу постоянного тока.

Складывая параллельно цепи рисунков 5а и 6с, получим схему рис. 7а и, в конечном счете, П-образную схему

замещения совокупности передач переменного и постоянного токов (рис. 7 б). Опираясь на полученные величины $\overset{\circ}{Z}$, $\overset{\circ}{Y}_1$ и $\overset{\circ}{Y}_2$, можно определить коэффициенты эквивалентного четырехполюсника всего звена (рис. 7 с).

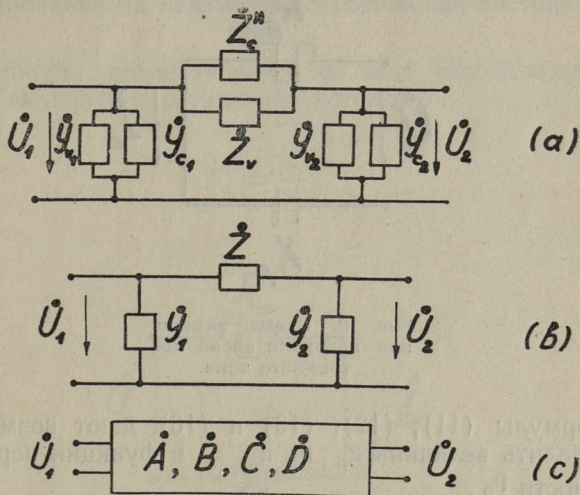


Рис. 7. Схема замещения совокупности передач переменного и постоянного токов.

ЭКВИВАЛЕНТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ЗВЕНА ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Регулирование на неизменное напряжение постоянного тока

Эта нагрузка представляется в виде двухполюсника (рис. 2 и 8), входное полное сопротивление которого

$$\overset{\circ}{Z}_\beta = \frac{\overset{\circ}{U}_\beta}{\overset{\circ}{I}_c} \quad (16)$$

Учитывая (8), модуль этого сопротивления в функции шести реальных параметров звена:

$$Z_\beta = \frac{\left(\frac{X_x + X_\beta}{\pi/3} + R \right) U_\beta}{0,82 [(U_\alpha \cos \alpha - U_\beta \cos \delta) + A]} \quad (17)$$

Активное сопротивление $R_{\beta} = Z_{\beta} \cos \varphi_{\beta}$ можно подсчитать, опираясь на (8), (10) и (17), после чего можно определить реактивное сопротивление $X'_{\beta} = \sqrt{Z_{\beta}^2 - R_{\beta}^2}$

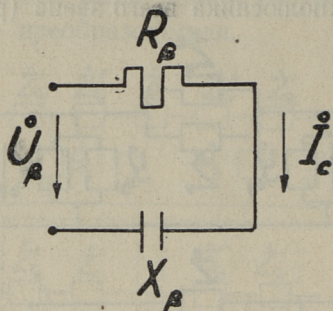


Рис. 8. Схема замещения нагрузки звена постоянного тока.

Формулы (11), (12), (13) и (16) дают возможность определить величины Z_{β} , R_{β} и X'_{β} в функции переданной мощности P_{β} .

2. Регулирование на неизменный ток

В данном случае, согласно (16), сопротивление Z_{β} , при $U_{\beta} = C_{\pm}$ является величиной постоянной.

Активное сопротивление в функции мощности

$$R_{\beta} = \frac{P_{\beta}}{3 I_c^2}; \quad (18)$$

оно увеличивается вместе с нагрузкой, что при $Z_{\beta} = C_{\pm}$ вызывает соответствующее уменьшение реактивного сопротивления X'_{β} .

Опираясь на (6) и (16), можно определить R_{β} и X'_{β} в функции параметров β , X_{β} и U_{β} .

3. Регулирование по ступенчатой характеристике

Согласно (6), (15), (16) и (18), при переходе с одной ступени на другую $\cos \varphi_{\beta}$, Z_{β} , R_{β} и, следовательно, X'_{β} изменяются скачкообразно.

ЭКВИВАЛЕНТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СОВОКУПНОСТИ «ЗВЕНО ПОСТОЯННОГО ТОКА И ЕГО НАГРУЗКА»

1. Регулирование на неизменное напряжение постоянного тока

Совокупность представляется в виде двухполюсника (рис. 9), входное сопротивление которого

$$Z_{\alpha}^{\circ} = \frac{\overset{\circ}{U}_{\alpha}}{\overset{\circ}{I}_{\alpha}}. \quad (19)$$

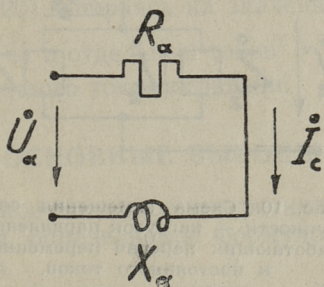


Рис. 9. Схема замещения совокупности — звена постоянного тока и его нагрузки.

Модуль Z_{α} в функции шести параметров звена определяется аналогично (17), опираясь на (8). Затем, исходя из (8), (9) и полученного значения Z_{α} , определяются активное и реактивное сопротивления R_{α} и X'_{α} совокупности.

Эти же параметры могут быть определены в функции переданной мощности, используя (11), (12) и (19).

2. Регулирование на неизменный ток

Мы имеем то же положение, что в вышерассмотренном случае сопротивления нагрузки звена.

Для определения R_{α} и X'_{α} в функции α , X_{α} и U_{α} необходимо использовать (5).

3. Регулирование по ступенчатой характеристике

Выражения (5), (14) и (19) дают возможность определить изменение $\cos \varphi_\alpha$, Z_α , R_α и X'_α при переходе с одной ступени на другую.

ЭКВИВАЛЕНТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СОВОКУПНОСТИ НАГРУЗОК ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ ПЕРЕДАЧ ПЕРЕМЕННОГО И ПОСТОЯННОГО ТОКОВ

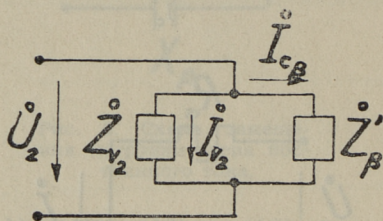


Рис. 10. Схема замещения совокупности — нагрузок параллельно работающих передач переменного и постоянного токов.

Полное сопротивление (рис. 10)

$$\overset{\circ}{Z}_2 = \frac{\overset{\circ}{U}_2}{\overset{\circ}{I}_{v2} + \overset{\circ}{I}_{c\beta}} = \frac{\overset{\circ}{Z}_{v2} \overset{\circ'}{Z}_\beta}{\overset{\circ}{Z}_{v2} + \overset{\circ'}{Z}_\beta}, \quad (20)$$

где ток $\overset{\circ}{I}_{c\beta}$ и сопротивление $\overset{\circ'}{Z}_\beta$ равны соответственно величинам I_c и $\overset{\circ}{Z}_\beta$, приведенным с инверторной стороны к стороне приемной сети трансформатора (к напряжению U_2 , рис. 4).

Определив аргумент суммарного тока $\overset{\circ}{I}_2 = \overset{\circ}{I}_{v2} + \overset{\circ}{I}_{c\beta}$, аргументы составляющих $\overset{\circ}{I}_{v2}$ и $\overset{\circ}{I}_{c\beta}$ которого известны, можно подсчитать активную и реактивную составляющие

полного сопротивления $\overset{\circ}{Z}_2$, опираясь на (20). При этом выявляется влияние параметров звена постоянного тока на величину указанных сопротивлений в случаях регулирования на неизменные напряжения или ток, или же по ступенчатой характеристике.

ВХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СОВОКУПНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНО РАБОТАЮЩИХ ПЕРЕДАЧ ПЕРЕМЕННОГО И ПОСТОЯННОГО ТОКОВ

Мы имеем полную аналогию с вышерассмотренным случаем: полное сопротивление $\overset{\circ}{Z}_1$ определяется аналогично формуле (20), опираясь на значения общего напряжения $\overset{\circ}{U}_1$ (рис. 4) и отдельных токов $\overset{\circ}{I}_{v_1}$ и $\overset{\circ}{I}_{c_2}$ плеч переменного и постоянного токов передачи.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Эквивалентное активное сопротивление R_c линии постоянного тока, определяемое формулой (3), есть величина неизменная.

2. Работа совокупности «линия — преобразователи» звена отобразена диаграммой рис. 3, где Θ_c — фиктивный угол между напряжениями двух концов совокупности.

3. Эквивалентное реактивное сопротивление X_c совокупности линия — преобразователи является, как показывает его общее выражение (4), переменной величиной, зависящей от напряжений U_α и U_β и коэффициентов мощности $\cos\varphi_\alpha$ и $\cos\varphi_\beta$ по концам совокупности и от тока I_c звена. В свою очередь эти последние зависят, согласно (5...7), от семи реальных параметров звена: углов регулирования α и β и напряжений U_α и U_β выпрямителя и инвертора, сопротивлений X_α и X_β трансформаторов и сопротивления R линии.

4. Из вышесказанного следует, что эквивалентное полное сопротивление совокупности $\overset{\circ}{Z}_c = R_c + jX_c$ также является величиной переменной и изменяется вместе с нагрузкой.

5. Рассматривая положение при трех возможных методах регулирования звена — на неизменное напряжение

или ток, или же по ступенчатой характеристике ток-мощность — мы видим, что ток и коэффициент мощности, входящие в выражение (4) реактивного сопротивления X_c меняются по разному, в зависимости от метода регулирования [формулы (8...15)]. Следовательно, аллюр изменения реактивного X_c и полного Z_c сопротивлений совокупности линия — преобразователи зависит от принятого метода регулирования.

6. Передачу постоянного тока можно представить эквивалентным четырехполюсником (рис. 6), составной частью которого является определенное выше сопротивление $\overset{\circ}{Z}_c$. Слагая параллельно этот четырехполюсник с четырехполюсником передачи переменного тока (рис. 7), получим эквивалентный четырехполюсник передачи, состоящей из параллельно работающих линий переменного и постоянного токов.

7. Эквивалентные входные сопротивления нагрузки звена постоянного тока [формулы (16...18)], а также совокупности «звено постоянного тока и его нагрузка», тоже зависят от реальных параметров звена и изменяются по разному, в зависимости от выбранного способа регулирования звена.

8. Входное сопротивление совокупности нагрузок параллельно работающих передач переменного и постоянного токов [формула (20)] получается в результате параллельного сложения сопротивлений этих нагрузок. Аналогичным путем подсчитывается входное сопротивление совокупности параллельно работающих передач переменного и постоянного токов. Входящие в общие выражения эквивалентные сопротивления плеча постоянного тока отражают влияние на сопротивление совокупности нагрузок параметров звена постоянного тока при различных способах его регулирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Воздействие на семь основных параметров звена постоянного тока, в основном на углы α и β регулирования преобразователей, обеспечивает гибкое, быстрое и одновременное изменение эквивалентных параметров звена постоянного тока, его нагрузки и, следовательно, также параметров совокупности параллельно работающих звеньев переменного и постоянного токов и ее нагрузки. Соответствующий выбор способа регулирования звена постоянного тока дает возможность установить желаемую закономерность для изменения указанных эквивалентных параметров.

Такое свойство отсутствует у однородного звена — линии переменного тока, т. к. его параметры (сопротивления) остаются обычно неизменными в процессе регулирования его нагрузки ⁽³⁾; здесь регулирование нагрузки происходит исключительно в результате действия таких, находящихся вне звена устройств, как например, регуляторы скорости турбин или же возбуждения генераторов и компенсаторов ⁽⁴⁾.

В дальнейшем мы покажем использование полученных здесь соотношений для анализа работы электропередачи и всей системы при наличии звена постоянного тока, в частности, для определения распределения нагрузки между звеньями постоянного и переменного токов, расчета устойчивости передачи, регулирования частоты и напряжения и т. п.

⁽³⁾ Если, конечно, не считать регулирования под нагрузкой трансформаторов звена.

⁽⁴⁾ При наличии звена постоянного тока регуляторы турбин, генераторов и компенсаторов приходят в действие только в том случае, если срабатывание регулятора звена вызвало в подключенной сети изменение таких параметров как частота и напряжение.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Р. Буачидзе. О регулировании передачи постоянного тока. «Электричество», 1951, № 5.
2. С. Р. Буачидзе. О роли межсистемного звена постоянного тока и регулировании и устойчивости подключенных энергетических систем. «Бюллетень Энергосбыта Эстонэнерго», 1955, декабрь.
3. С. Р. Буачидзе. Регулирование активной и реактивной мощностей межсистемного звена постоянного тока. Труды Таллинского политехнического института, 1957, Серия А, № 87.
4. С. Р. Буачидзе. Проблема регулирования электрических станций и систем при наличии звена — линии постоянного тока. Львовский политехнический институт. Кандидатская диссертация, 1949.
5. А. А. Глазунов. Сети электрических систем, 1953.
6. К. Nagai. Характеристики работы на переменном-постоянном-переменном токах агрегатов выпрямитель-инвертор, включенных в энергосистемы переменного тока. CIGRE, 1954, доклад № 404.
7. S. Miyamoto and K. Nagai. Устойчивость и изменение частоты трехфазной сети с инверторами и синхронными машинами. Direct Current, март, 1955.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Общие соображения и намеченная цель	3
Эквивалентное сопротивление совокупности «линия постоянного тока — преобразователи»	5
Эквивалентные параметры звена, состоящего из параллельно включенных передач переменного и постоянного токов	9
Эквивалентное сопротивление нагрузки звена постоянного тока	11
Эквивалентное сопротивление совокупности «звено постоянного тока и его нагрузка»	13
Эквивалентное сопротивление совокупности нагрузок параллельно работающих передач переменного и постоянного токов	14
Входное сопротивление совокупности параллельно работающих передач переменного и постоянного токов	15
Основные выводы	15
Заключение	17
Литература	18

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ
ПАРАМЕТРЫ

С. Р. Буачидзе
ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ
СИСТЕМНЫХ ЗВЕНЬЕВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Издательство
Таллинского Политехнического Института

*

Редактор О. Пикков
Технический редактор А. Тамм
Корректор О. Терно

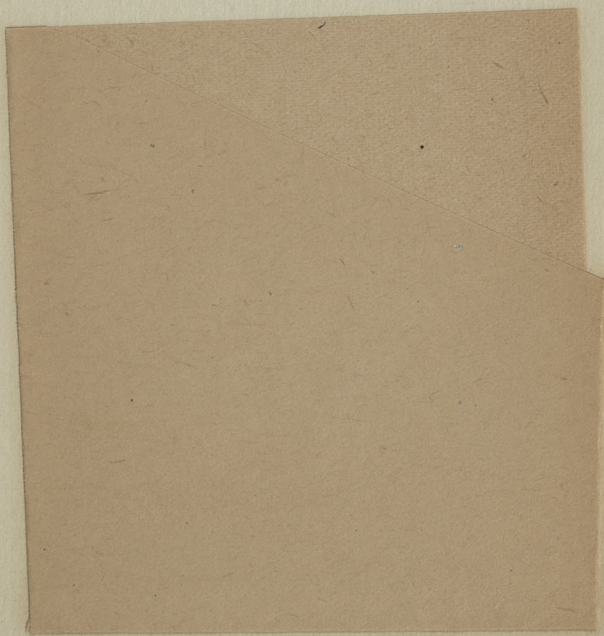
Сдано в набор 2 XII 1957. Подписано к печати 15 I 1958. Бумага 54×84 ¹/₁₆. Печатных листов 1,25. По формату 60×92 печатных листов 1,03. Учетно-издательских листов 0,67. Тираж 800. МВ-00720.

Заказ № 3956.

Типография «Юхисэлу», Таллин, ул. Пикк 40/42.

Цена 50 коп.

ENSIV Toimetuste Akadeemia
Keskraamatukogu



Цена 50 коп.