

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ СН ТЭС

МУСТАФАЕВ Р. И., АВШАЛУМОВ Ш. Ш., ДЖАФАРОВ З. С.

Азерб. НИИ Энергетики и Энергетического Проектирования

В статье приводится схема и рассматривается принцип работы автоматического устройства по выбору оптимального числа параллельно работающих трансформаторов на примере питания собственных нужд (СН) тепловой электрической станции (ТЭС) от 4-х трансформаторов.

На рис.1 изображены графики зависимостей потерь активной мощности (ΔP) в трансформаторах от коэффициента токовой загрузки системы СН ($k_3=I^*$) при включенном одном (T_1), двух (T_2), трех (T_3) и четырех (T_4) трансформаторах.

Абсциссы а, б, в представляют собой значения токов I_a^* , I_b^* , I_v^* которые соответствуют режимам минимума активных потерь. Абсциссы точек 1-6 соответствуют значениям тока, при которых происходят включения (I_2 , I_4 и I_6) и отключения (I_1 , I_3 и I_5) силовых трансформаторов.

Значения токов подстанции I_a^* , I_b^* , I_v^* используются в качестве опорных сигналов в компараторах.

На рис. 2а показан суточный график тока СН ТЭС (I^*), значения (линии) токов (I_a^* , I_b^* , I_v^*), соответствующие режимам минимальных потерь, значения (линии) токов (I_1^* - I_6^*), соответствующие моментам переключения трансформаторов и интервалы времени ($t_1 - t_6$), соответствующие точкам пересечения линий токов (I_1^* - I_6^*), с кривой (I^*). На рис. 2б показан суточный график работы силовых трансформаторов.

На рис. 3 представлена принципиальная схема системы СН ТЭС, получающая питание от m -трансформаторов с указанием вторичных цепей трансформаторов тока и трансформатора напряжения, а также функциональная схема устройства по выбору оптимального числа параллельно работающих трансформаторов, в общем случае число которых равно m . Эта схема включает делители 1-3, нуль-органы 4-6, выполненные в виде двухпороговых компараторов, и исполнительный блок 7, состоящий из элементов включения 8, 10 и 12 и элементов отключения 9, 11 и 13 силовых трансформаторов (при количестве управляемых трансформаторов равном трем).

На рис. 4 приведена принципиальная схема канала управления одного из силовых трансформаторов (T_2), в состав которого входит делитель 1, компаратор 4 и элементы включения 8 и отключения 9 исполнительного блока 7. В качестве нуль-органа применен наиболее простой двухпороговый компаратор с диодным мостом (диоды V11-V14) в цепи обратной связи [1,2], выполненный на одном операционном усилителе A1, состояние выхода которого изменяется два раза в некотором диапазоне (рис.5). Транзисторы V15 и V16 служат для увеличения нагрузочной способности компаратора.

Напряжение, подаваемое на вход двухпорогового компаратора A1 через резистор R5, является частью выпрямленного (диоды V6 - V9) и сглаженного напряжения (фильтр R4 C2) вторичной обмотки измерительного трансформатора напряжения.

Стабилитрон V10 служит для ограничения напряжения при больших его значениях. Резистором R6 выбирается величина напряжения, пропорциональная величине коэффициента $k_2 = \sqrt{m(m-1)P_{xx(H)}}$ и середина “ окна ” двухпорогового компаратора, при этом нижний U_n^* и верхний U_v^* пороги его переключения (рис.5) устанавливаются соответственно с помощью резисторов R8 и R10 (рис.4) .

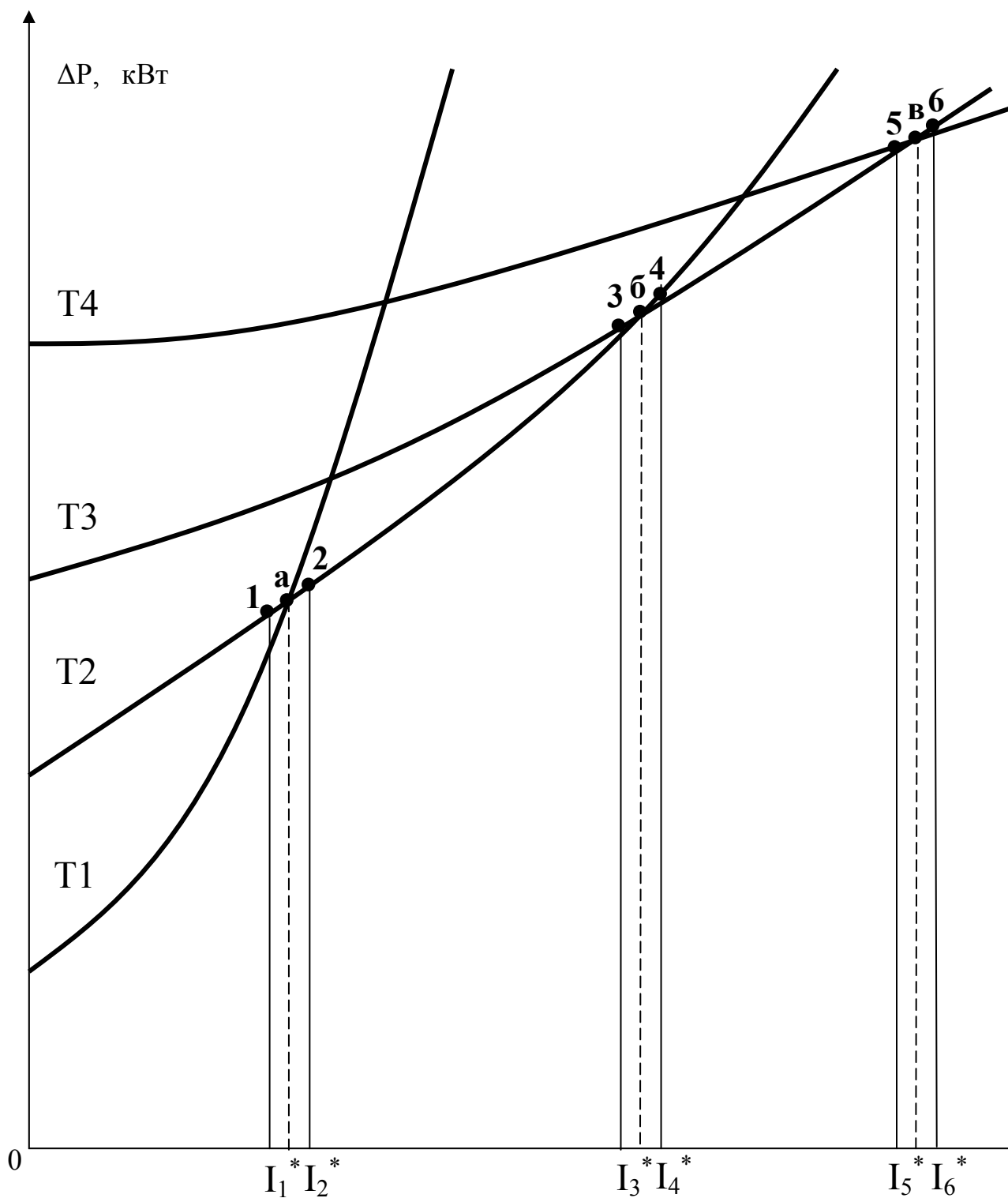


Рис. 1

Напряжение, подаваемое на вход двухпорогового компаратора А1 через резистор R3, является частью выпрямленного (диоды V1-V4) и сглаженного напряжения (фильтр R2 C1) вторичной обмотки трансформатора Т, на первичную обмотку которого подается суммарный вторичный ток трансформаторов тока.

Стабилитрон V5 служит для ограничения тока вторичной обмотки трансформатора Т при больших значениях тока в системе СН ТЭС. Коэффициент K_1 выбирается с

помощью коэффициента трансформации трансформатора и величины шунтирующего резистора R1.

Двухпороговые компараторы 4-6 настраивают в режимах, удовлетворяющих следующим условиям:

$$\text{компаратор 4} \left\{ \begin{array}{l} X_4 = 1 \text{ при } k_1 I_1^* \leq k_1 I_1^* < k_2 \cdot U^* \text{ и } m = 2 \\ X_4 = 0 \text{ при } k_1 I_1^* < k_1 I_1^* < k_1 I_2^* \\ X_4 = -1 \text{ при } k_1 I_1^* \geq k_1 I_2^* > k_2 \cdot U^* \text{ и } m = 2 \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\text{компаратор 5} \left\{ \begin{array}{l} X_5 = 1 \text{ при } k_1 I_1^* \leq k_1 I_3^* < k_2 \cdot U^* \text{ и } m = 3 \\ X_5 = 0 \text{ при } k_1 I_3^* < k_1 I_1^* < k_1 I_4^* \\ X_5 = -1 \text{ при } k_1 I_1^* \geq k_1 I_4^* > k_2 \cdot U^* \text{ и } m = 3 \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\text{компаратор 6} \left\{ \begin{array}{l} X_6 = 1 \text{ при } k_1 I_1^* \leq k_1 I_5^* < k_2 \cdot U^* \text{ и } m = 4 \\ X_6 = 0 \text{ при } k_1 I_5^* < k_1 I_1^* < k_1 I_6^* \\ X_6 = -1 \text{ при } k_1 I_1^* \geq k_1 I_6^* > k_2 \cdot U^* \text{ и } m = 4 \end{array} \right. \quad (3)$$

Исполнительный блок 7 предназначен для преобразования входных управляющих сигналов в команды «Включить» и «Отключить».

С выхода двухпорогового компаратора 4 двухполярное напряжение подводится на входы элементов включения 8 и отключения 9 исполнительного блока 7.

Элемент включения 8 исполнительного блока 7 состоит из тиристорного оптрона A2, резистора R13, конденсатора C3 и C4 и диодного моста V15-V18. Диод оптрона A2 включен таким образом, что срабатывание его происходит в момент времени t_2 и t_{14} (рис. 2а) от отрицательных импульсов напряжения (рис.5). После срабатывания оптрона A2 через тиристор оптрона A2 и диодный мост V15-V18 замыкается цепь катушки включения высоковольтного выключателя. Конденсаторы C3 и C4 повышают помехоустойчивость устройства.

Аналогичным образом устроен элемент отключения 9 исполнительного блока 7. Отличительной чертой этого элемента является то, что диод оптрона A3 по сравнению с диодом оптрона A2 элемента включения 8 имеет противоположное включение. В моменты времени t_1 и t_{13} диод оптрона A3 реагирует на положительные импульсы напряжения. После срабатывания оптрона A3 замыкается цепь катушки отключения высоковольтного выключателя.

Разработанное устройство работает следующим образом: пусть на шины СН ТЭС подключены 4 трансформатора, при том к выходу устройства подключены 3 трансформатора (рис.3): T2, T3, T4.

Допустим, что в исходном положении ($t=0$) работает только неуправляемый трансформатор T1.

На первые входы компараторов 4-6 через делители 1-3 подаются сигналы, пропорциональные текущему значению напряжения системы СН.

Сигналы, пропорциональные текущему значению суммарного тока подстанции, подаются на вторые входы компараторов 4-6, которые осуществляют сравнения сигналов в соответствии с соответствующими условиями.

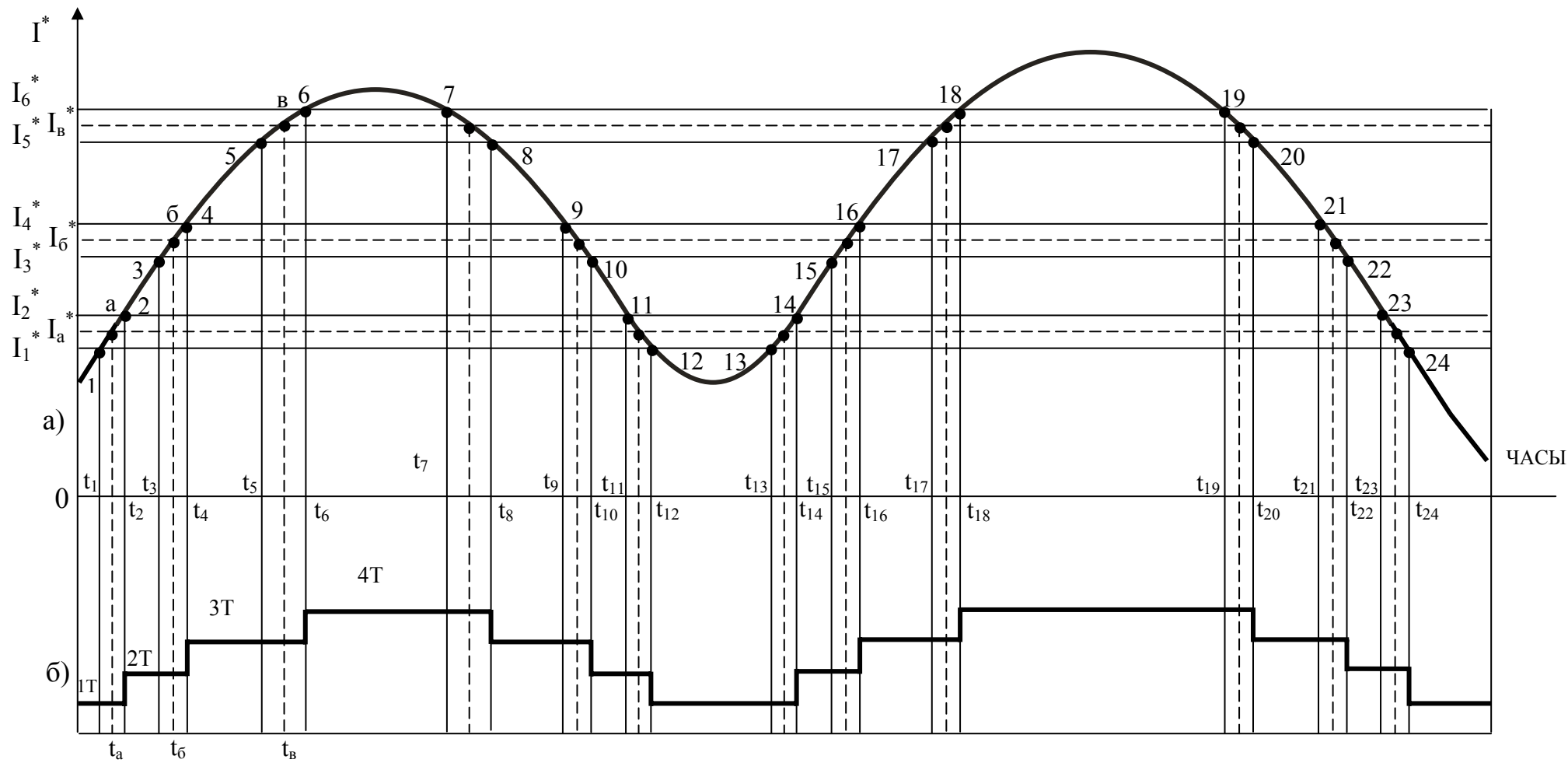


Рис. 2

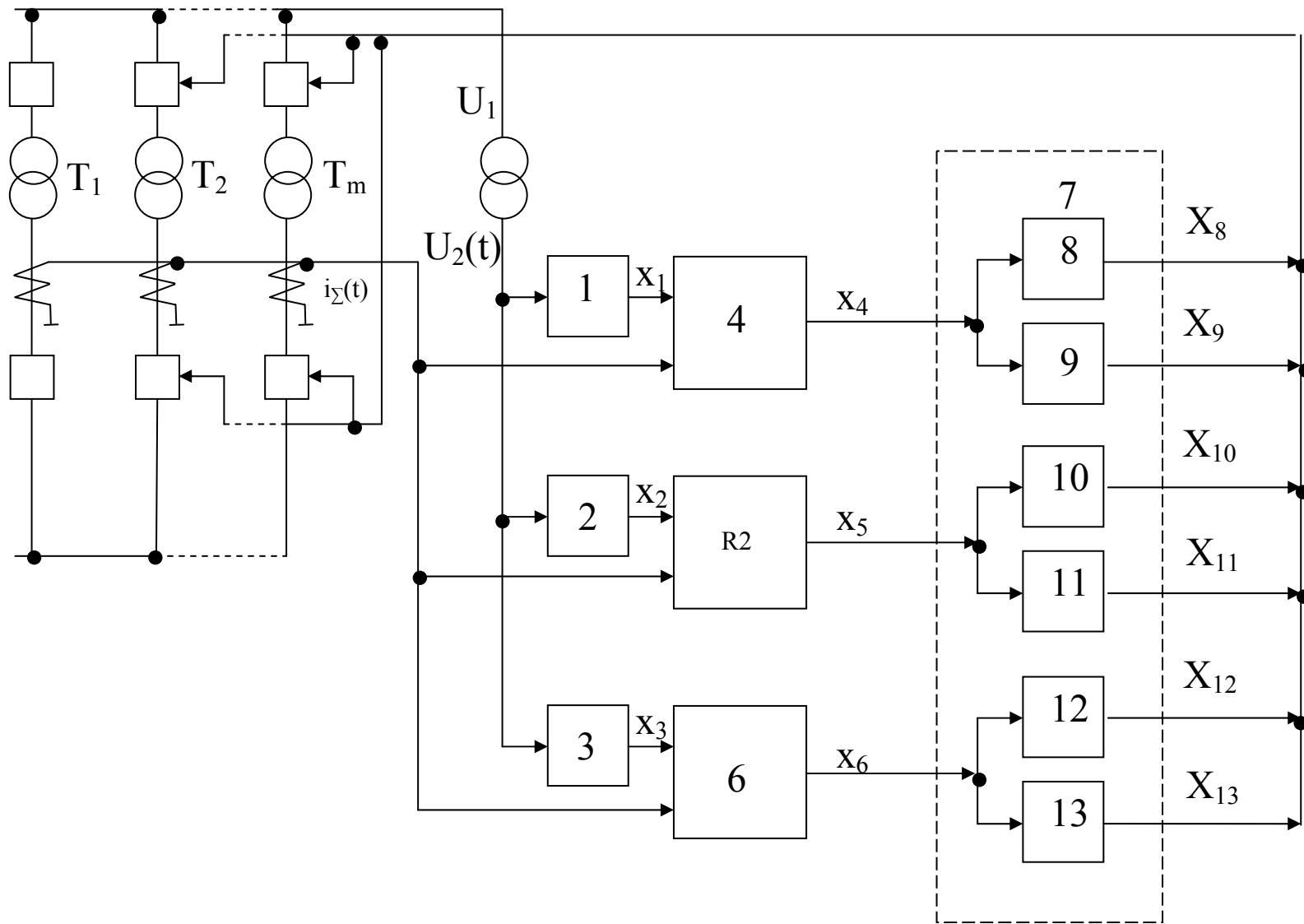


Рис. 3

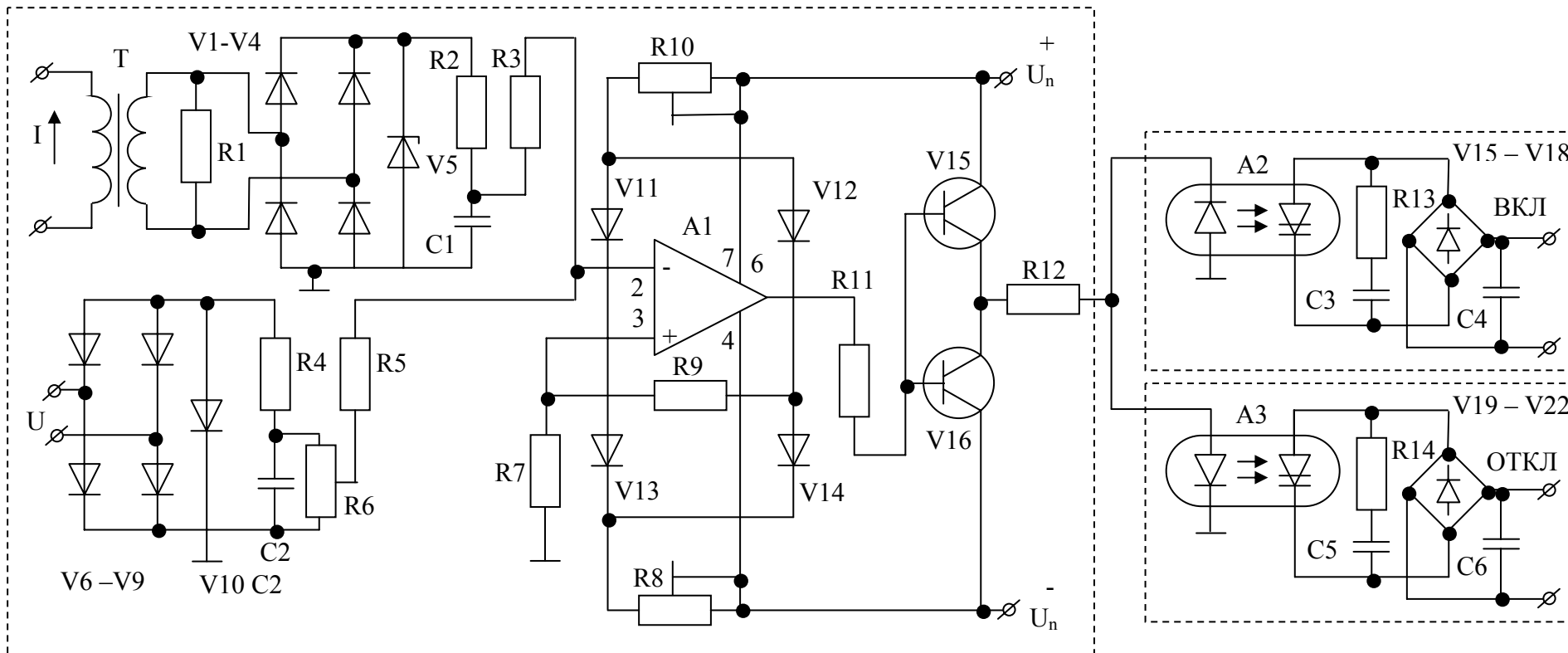


Рис. 4

В момент ($t=0$), а также в интервалах $0 < t < t_2$ и $t_{12} < t < t_{14}$ сигнал, пропорциональный текущему значению суммарного тока подстанции, меньше значений верхних пороговых напряжений компараторов 4-6, т.е. $k_1 I^* < U_{B2} < U_{B4} < U_{B6}$, поэтому выходные сигналы блоков 4-6 X_4-X_6 равны единице или нулю (рис.5). При этих условиях на выходе компараторов отсутствуют отрицательные напряжения, и поэтому сигналы на включения трансформаторов Т2-Т4 не возникают.

По мере роста тока подстанции наступает момент времени t_2 (t_{14}), начиная с которого сигнал, пропорциональный текущему току подстанции, находится в пределах $k_1 I^* \geq k_1 I_2^* > k_2 \cdot U^*$

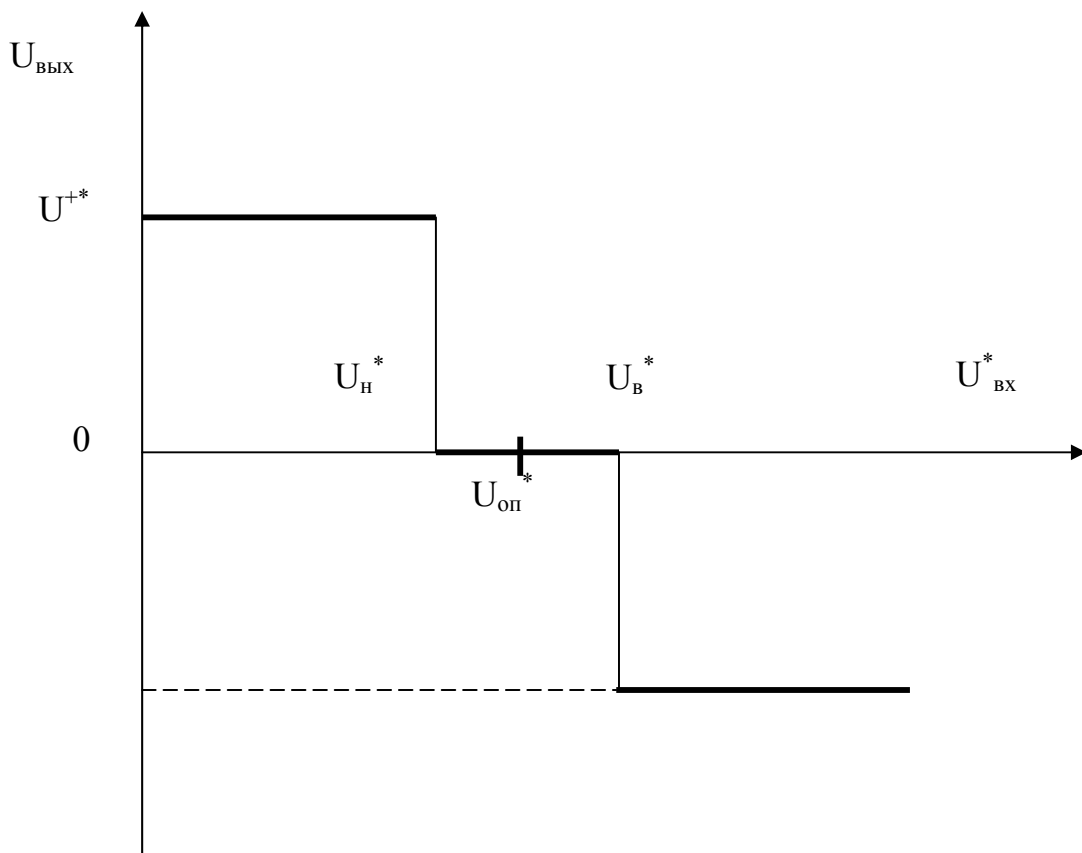


Рис. 5

В момент времени t_2 (t_{14}) на выходе компаратора 4 возникает отрицательный импульс напряжения ($X_4 = -1$), который подается на входы элементов включения 8 и отключения 9 исполнительного блока 7, при этом последовательно включается оптрон А2. В результате на выходе элемента включения 8 вырабатывается управляющее воздействие на включение трансформатора

Т2.

В интервалах времени $t_4 < t < t_6$ и $t_{16} < t < t_{18}$ сигнал, пропорциональный текущему значению тока подстанции, находится в пределах $U_{в4}^* < k_1 I^* < U_{в6}$. В момент времени t_4 (t_{16}) на входе компаратора 5 появляется сигнал ($X_5 = -1$), который воздействует на элемент включения 10 исполнительного блока 7, на выходе которого вырабатывается управляющее воздействие на включение ТЗ. В интервалах времени $t_6 < t < t_7$ и $t_{18} < t < t_{19}$ сигнал, пропорциональный текущему значению тока подстанции, превышает значение $k_1 I^* > U_{в6}$. В момент времени t_6 (t_{18}) на выходе компаратора 6 появляется сигнал, который воздействует на элемент включения 12 исполнительного блока 7, на выходе которого вырабатывается управляющее воздействие X_{12} на включение трансформатора Т4. С момента времени t_6 (t_{18}) в работе находятся 4 трансформатора. В интервале времени $t_7 < t < t_{10}$ сигнал, пропорциональный общему току уменьшается и находится в пределах $U_{в6}^* > k_1 I^* > U_{н6}^*$.

В момент времени t_8 (t_{20}) на выходе компаратора 6 появляется сигнал $X_6 = 1$, который подается на вход элемента отключения 13 исполнительного блока 7, на выходе которого вырабатывается управляющее воздействие X_{13} на отключение трансформатора Т4. В момент времени t_{10} (t_{22}) и t_{12} (t_{24}) аналогичным образом срабатывают компараторы 5 и 4, с выходов которых положительные сигналы ($X_5 = 1$) и ($X_4 = 1$) подаются на входы элементов отключения 11 и 9.

Соответственно на выходах элементов 11 и 9 вырабатываются воздействия X_{11} и X_9 на отключение трансформаторов ТЗ и Т2. Работа устройства иллюстрируется временной диаграммой (рис.6) и графиком работы трансформаторов (рис. 2б). Как видно из рис.6, задержка на включение и отключение трансформаторов определяется не только выбором значений пороговых напряжений компараторов 4-6, но и скоростью изменения текущих значений суммарной активной мощности.

При отклонениях напряжения подстанции от номинального значения меняются уровни линий 2, 3 и 4. В результате текущие токи подстанций, соответствующие режимам минимальных потерь при двух, трех и четырех параллельно работающих трансформаторах, автоматически изменяются. Соответственно меняется и общий СН ТЭС, при котором происходит переключение трансформаторов.

Разработанная схема устройства по-сравнению с известным устройством, благодаря наличию функциональной связи между напряжением подстанции и первыми входами нуль-органов, повышает надежность устройства путем его упрощения, т.е. исключает блок преобразования суммарного тока и напряжения в сигнал суммарной полной мощности.

Кроме того, использование двухпороговых компараторов или компараторов с положительной обратной связью в качестве нуль-органов дает возможность избавиться от $(m-1)$ логических элементов НЕ, двух блоков суммирования, а также элементов выдержки времени, что также приводит к повышению надежности работы устройства, снижению затрат на его изготовление, наладку и эксплуатацию.

-
1. *Копытов Ю.В. Чуланов Б.А.* «Экономия электроэнергии в промышленности». Москва. Энергоатом, издание 1982, 112 с.
 2. *Алексеев А.Г., Коломбет Е.А., Стародуб Г.Н.* «Применение прецизионных аналоговых ИС». Москва. Радио и связь, издание 1981, 174-175 с.
 3. Авторское свидетельство СССР № 942201 кл. н 02 3/46, 1982. Бюллетень изобретателя № 25 1982 г.

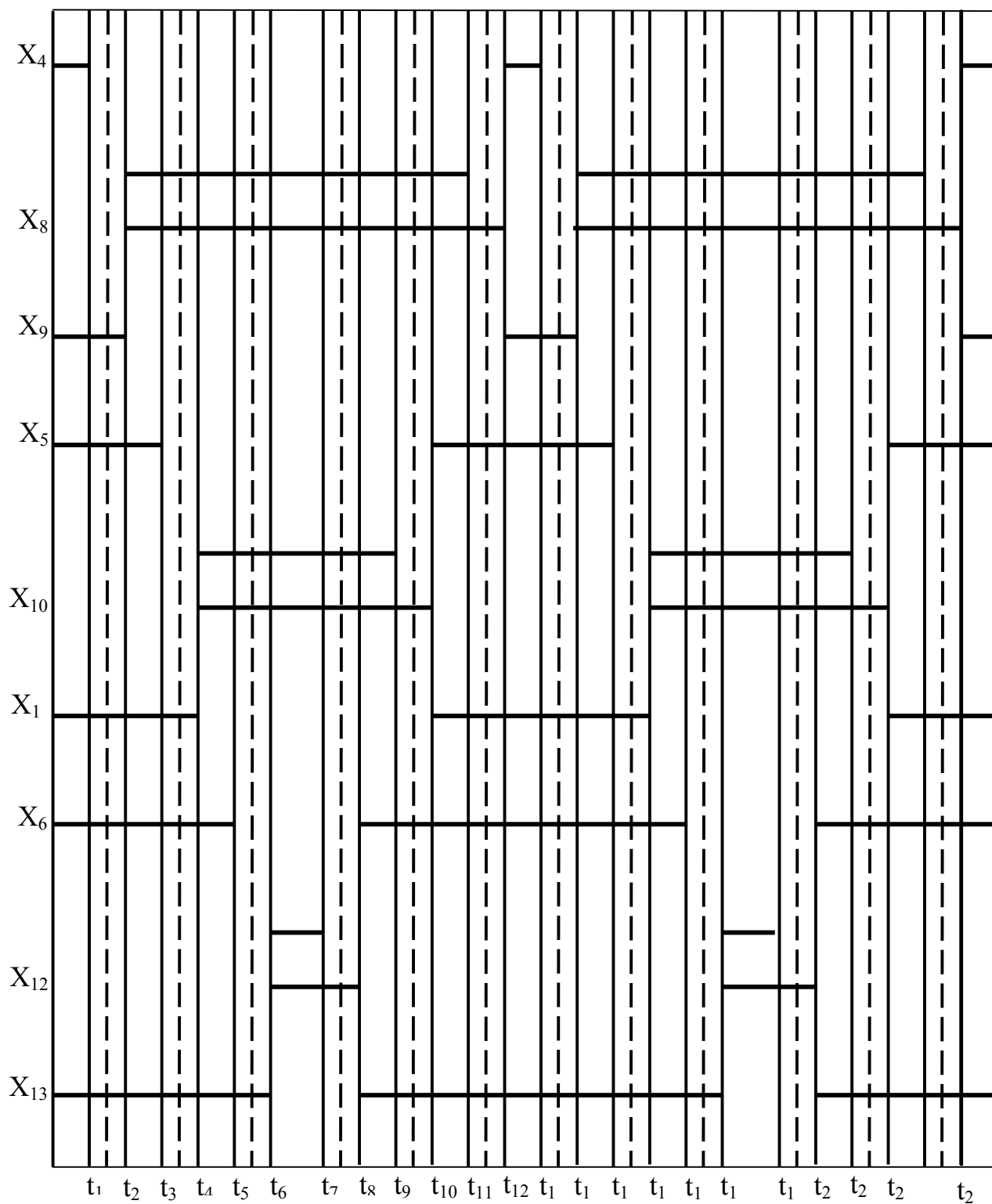


Рис. 6

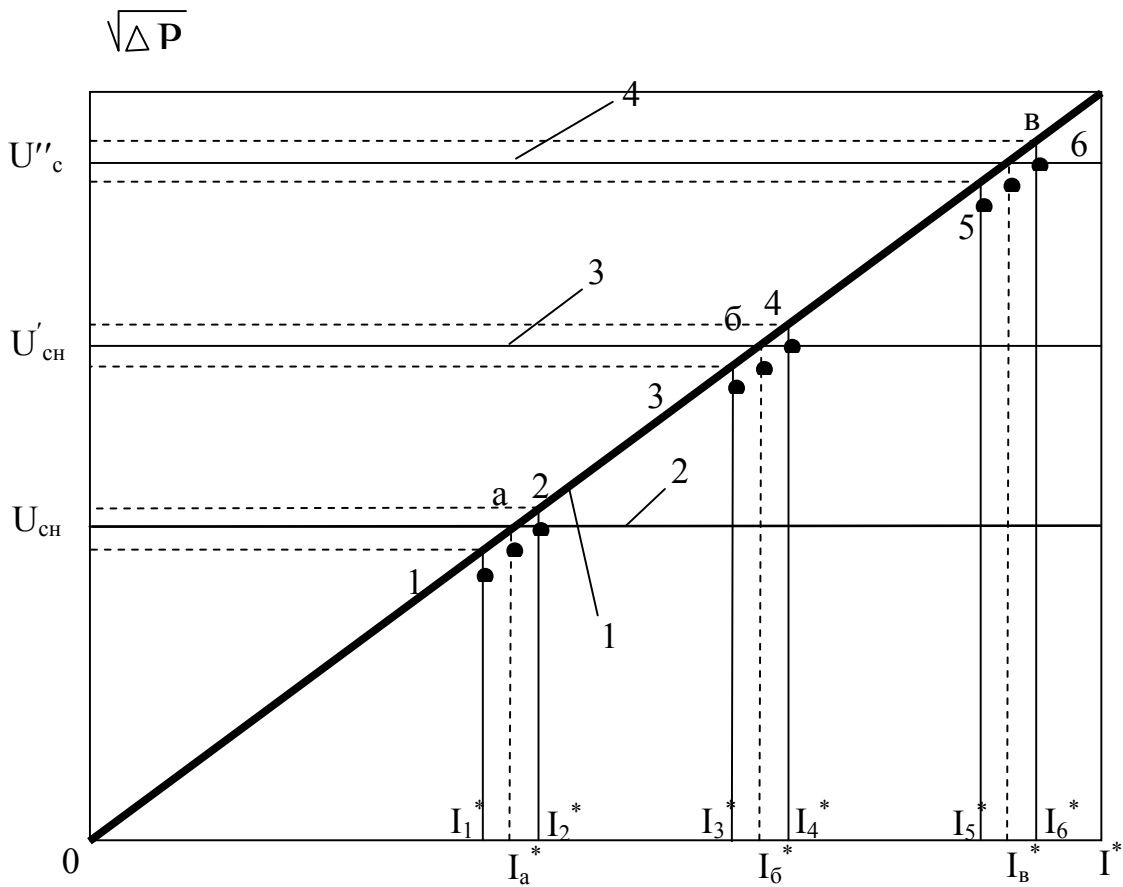


Рис.7

**İSTİLİK ELEKTRİK STANSİYALARININ XÜSUSİ SƏRFİYYAT
TRANSFORMATORLARININ İŞ REJİMLƏRİNİN AVTOMATİK İDARƏ
OLUNMASI SİSTEMİNİN PRİNSİPİAL SXEMİNİN İŞLƏNMƏSİ**

MUSTAFAYEV R.İ., AVŞALUMOV Ş.Ş., CƏFƏROV Z.S.

Məqalədə parallel işləyən transformatorların optimal sayını müəyyən edən avtomatik qurğunun sxemi və iş Prinsipi araşdırılmışdır. Tədqiqatlar dörd ədəd xüsusi sərfiyyat transformatorlarına malik istilik elektrik stansiyası üzrə yerinə yetirilmişdir.

**DEVELOPMENT OF PRINCIPLE SCHEME OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM
OF THERMAL ELECTRICAL STATION'S AUXILIARY MODES OF OPERATION**

MUSTAFAYEV R. I., AVSHALUMOV S. S., JAFAROV Z.S.

In that article, the scheme is shown and considered principle of operation of automatic device on selection of optimal number of transformers working in parallel by the example of power supply of Thermal Electrical Station's auxiliary from four transformers.