

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

А. Б. Бабаханян

К вопросу об автоматической разгрузке электров энергетических систем

(Представлено А. Г. Иосифьяном 3 III 1949)

Существующие и рекомендованные релейные схемы автоматической аварийной разгрузки электроэнергетических систем по частоте⁽¹⁻⁷⁾ в принципе действуют при определенных пониженных уровнях частоты системы, т. е. при $f_y = f_{\text{ном}} - \Delta f_c$, где

f_y — уставка реле частоты данной ступени разгрузки;

$f_{\text{ном}}$ — номинальная частота

Δf_c — отклонение частоты данной ступени разгрузки.

Работа разгрузки системы по частоте по вышеуказанному принципу имеет ряд недостатков. Основным из них является невозможность поддержания частоты системы в узких пределах ее изменения, в особенности при значительных мощностях возмущения.

Нами предлагается схема автоматической разгрузки системы, основанная на принципе действия по скорости изменения частоты

$-\frac{df}{dt}$ (или точнее $\frac{\Delta f}{\Delta t}$). Разгрузка действует при изменении частоты

между определенными наперед заданными пониженными ее значениями, т. е. между уставками двух частотных реле.

Возможность применения схем автоматической разгрузки системы по скорости изменения частоты основывается на поведении частоты системы. Рассмотрим поведение частоты системы при синхронном ее изменении на примере работы одного агрегата на электрическую сеть.

Примем условие постоянства мощности возмущения и отсутствие регулирования вообще как со стороны генерирования, так и потребления.

Тогда значение частоты системы агрегат-сеть можно определить из уравнения:

$$f_A = f_{\text{ном}} \sqrt{1 + \frac{\Delta P_B}{\mathfrak{E}_{js}} t}, \quad (1)$$

где

$f_{\text{ном}}$ — номинальная частота системы;
 $\Delta P_{\text{в}}$ — мощность возмущения;
 $\mathcal{E}_{js}$ — кинетическая энергия вращения агрегата;
 t — время;

знак перед $\Delta P_{\text{в}}$ положителен, когда $P_{\text{ген}} > P_{\text{пот}}$ и отрицателен в противном случае,

где $P_{\text{ген}}$ — мощность генерирования;

$P_{\text{пот}}$ — мощность потребления.

Если в момент возмущения системы

$$f_d = f_{t_0} \neq f_{\text{ном}}, \quad (2)$$

то уравнение (1) будет иметь вид:

$$f_d = f_{\text{ном}} \sqrt{K_{f_{t_0}}^2 + \frac{\Delta P_{\text{в}}}{\mathcal{E}_{js}} t}, \quad (3)$$

где

$$K_{f_{t_0}} = \frac{f_{t_0}}{f_{\text{ном}}};$$

f_{t_0} — частота, соответствующая начальному моменту возмущения.

Уравнение (3) справедливо для случая $\Delta P_{\text{в}} = \text{const}$ и при наличии резерва мощности до момента начала действия регулирования, т. е. за время запаздывания действия регулирования t_3 .

Практически t_3 может измеряться секундами.

Поэтому предлагаемая схема автоматической разгрузки по скорости спада частоты должна притти в действие в самом начале изменения частоты за время $t < t_3$.

Как видно из уравнения (1), при постоянном значении $\mathcal{E}_{js}$ частота будет изменяться в зависимости от $\Delta P_{\text{в}}$ и t .

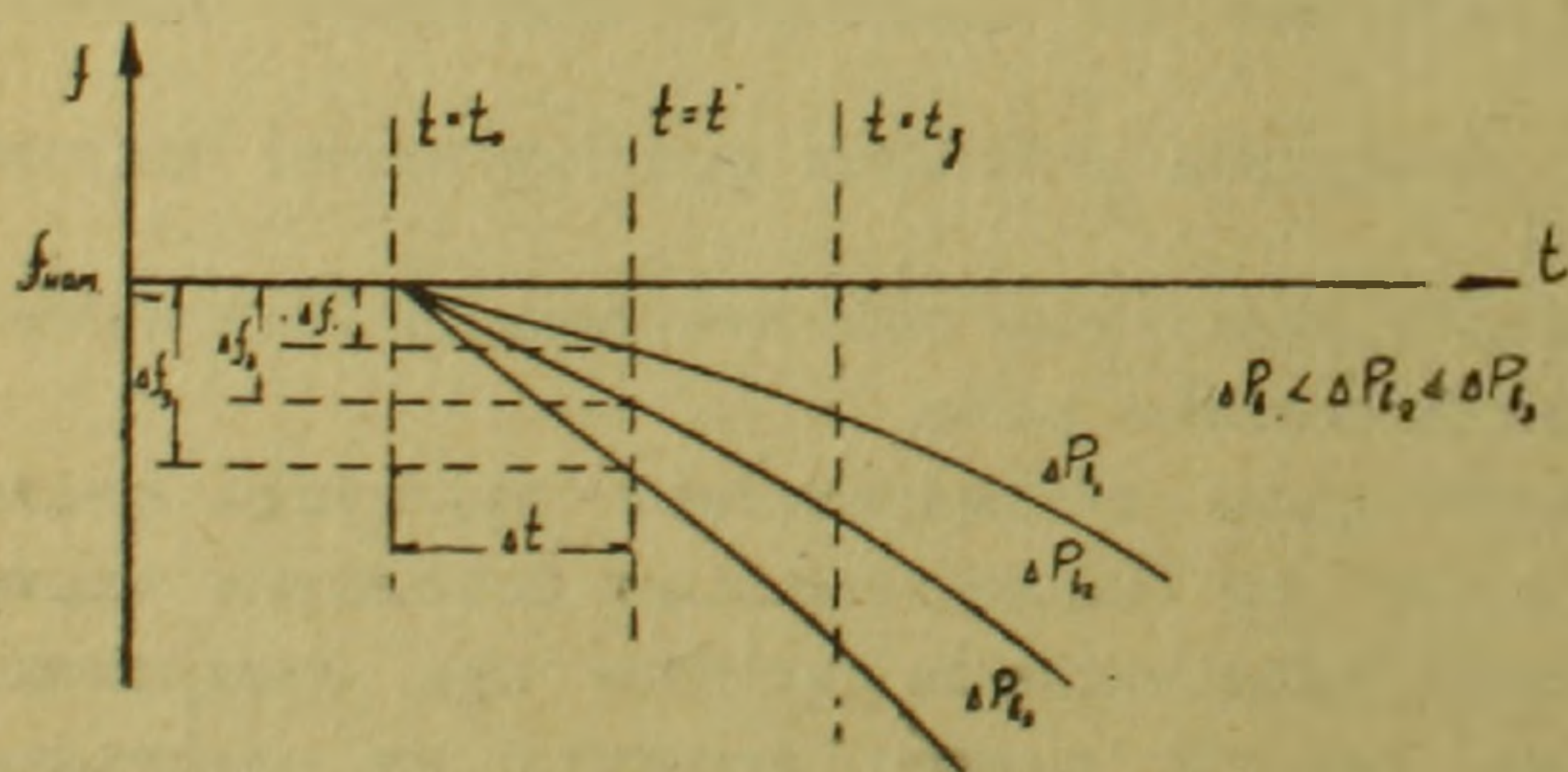


Рис. 1.

На рис. 1. показано изменение частоты для различных значений мощности возмущения при $\Delta P_{\text{в}} = \text{const}$

$$\frac{\partial \Delta P_{\text{в}}}{\partial t} = 0; \quad \frac{\partial \Delta P_{\text{в}}}{\partial f} = 0$$

$$\text{и } P_{\text{ген}} < P_{\text{пот}}. \quad (4)$$

Из рис. 1 видно, что

$$\frac{\Delta f_1}{\Delta t} < \frac{\Delta f_2}{\Delta t} < \frac{\Delta f_3}{\Delta t}. \quad (5)$$

В реальных условиях работы генерирующего агрегата на электрическую сеть с изменением частоты изменяется и значение $\Delta P_{\text{в}}$.

При условиях $\frac{\partial \Delta P_{\text{в}}}{\partial t} = 0$ и $\frac{\partial \Delta P_{\text{в}}}{\partial f} \neq 0$ характер изменения частоты будет иным, чем показано на рис. 1.

Для случая спада частоты при $\Delta P_v \rightarrow 0$ и указанных выше условиях представлены кривые на рис. 2.

Как видим из рис. 2 при свойствах самовыравнивания⁽⁹⁾ здесь также справедливо условие (5).

Анализ поведения частоты электроэнергетических систем может быть произведен таким же образом если принять в уравнениях (1) и (3) за $\mathcal{E}_{js}$ — кинетическую энергию вращения всех агрегатов системы.

Как не трудно видеть, и в электроэнергетической системе ты за картина динамики изменения частоты период возмущения будет представляться рис. 2.

Следовательно, зная $\mathcal{E}_{js}$ системы, можно иметь расчетные кривые спада частоты для различных мощностей возмущения и в соответ-

ствии со скоростью изменения частоты возможна разгрузка системы отключением определенной мощности потребителей в начале изменения частоты.

Мощность разгрузки определится так:

$$P_{раз.} = \Delta P_v - P_{рез.},$$

где $P_{рез.}$ — мощность резерва системы.

Релейные схемы автоматической разгрузки системы по скорости изменения частоты. Известно, что до сего времени нет достаточно удовлетворительных конструкций электрических приборов, которые надежно реагировали бы на скорость изменения частоты $\frac{df}{dt}$ и, тем

более, имели бы возможность регулирования уставки действия.

Описанные в литературе приборы⁽⁸⁾ представляют только лишь попытку конструирования подобных автоматов, и до сего времени серьезного применения они не нашли.

Имеется возможность создания релейных схем, реагирующих на скорость изменения частоты системы.

В принципе предложенные релейные схемы, реагирующие на $\frac{df}{dt}$, основываются на том, что частота изменяется во времени и при том различно для различных возмущений, поэтому, имея в схеме два или несколько реле частоты на различные ступени уставки действия, можно замерить время срабатывания указанных реле для каждой ступени и тем самым автоматически определить $\frac{df}{dt}$ путем сопоставления изменения частоты во времени от одной уставки реле до другой за определенное зафиксированное время.

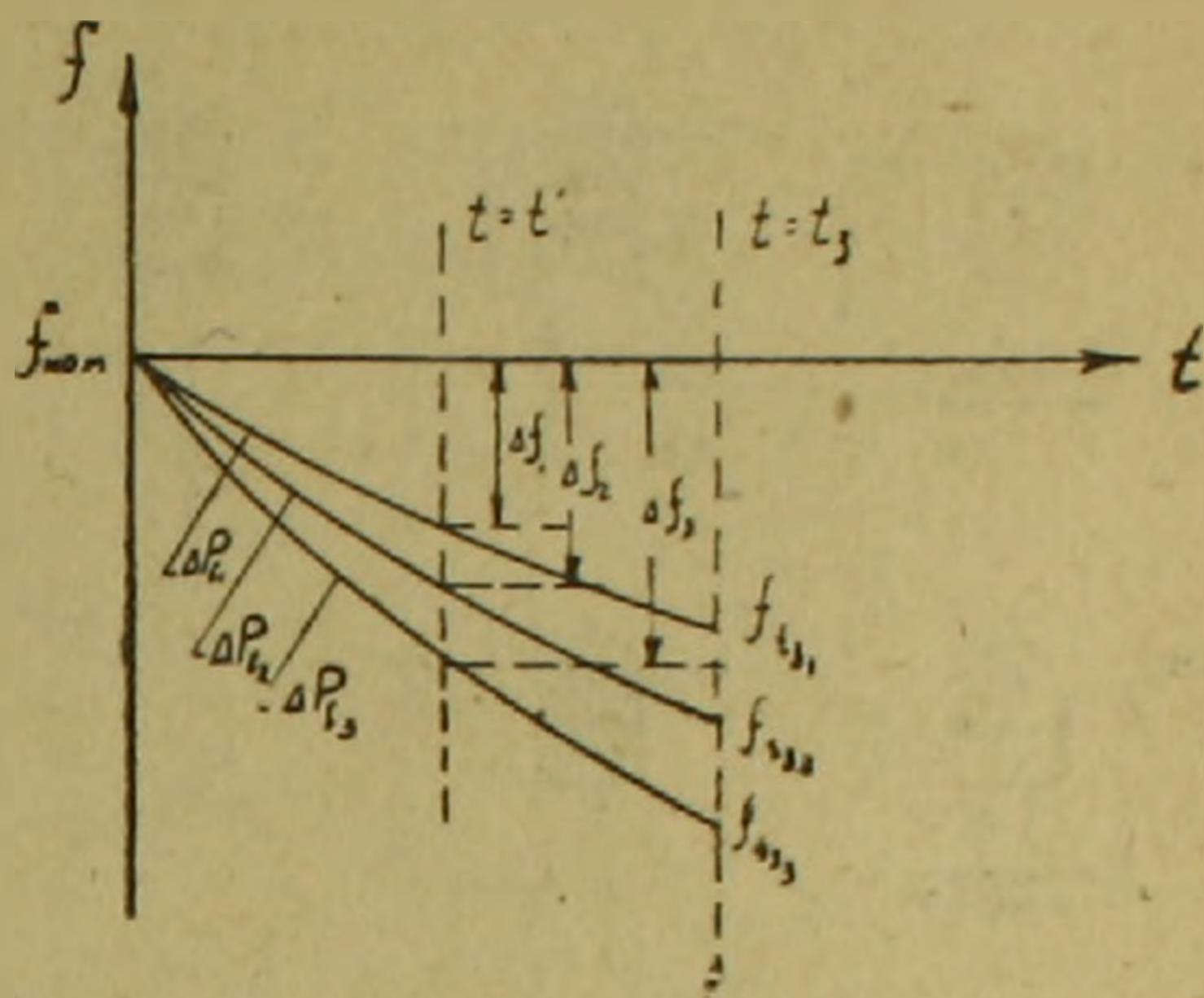


Рис. 2.

На рис. 3 представлена схема автоматической разгрузки системы по частоте (АРЧ) для одной очереди.

В начале изменения частоты, на уровне f_1 , реле частоты включает свои контакты и подает импульс на включение реле времени. Последний через время t' приводит в действие реле РП, который размыкает

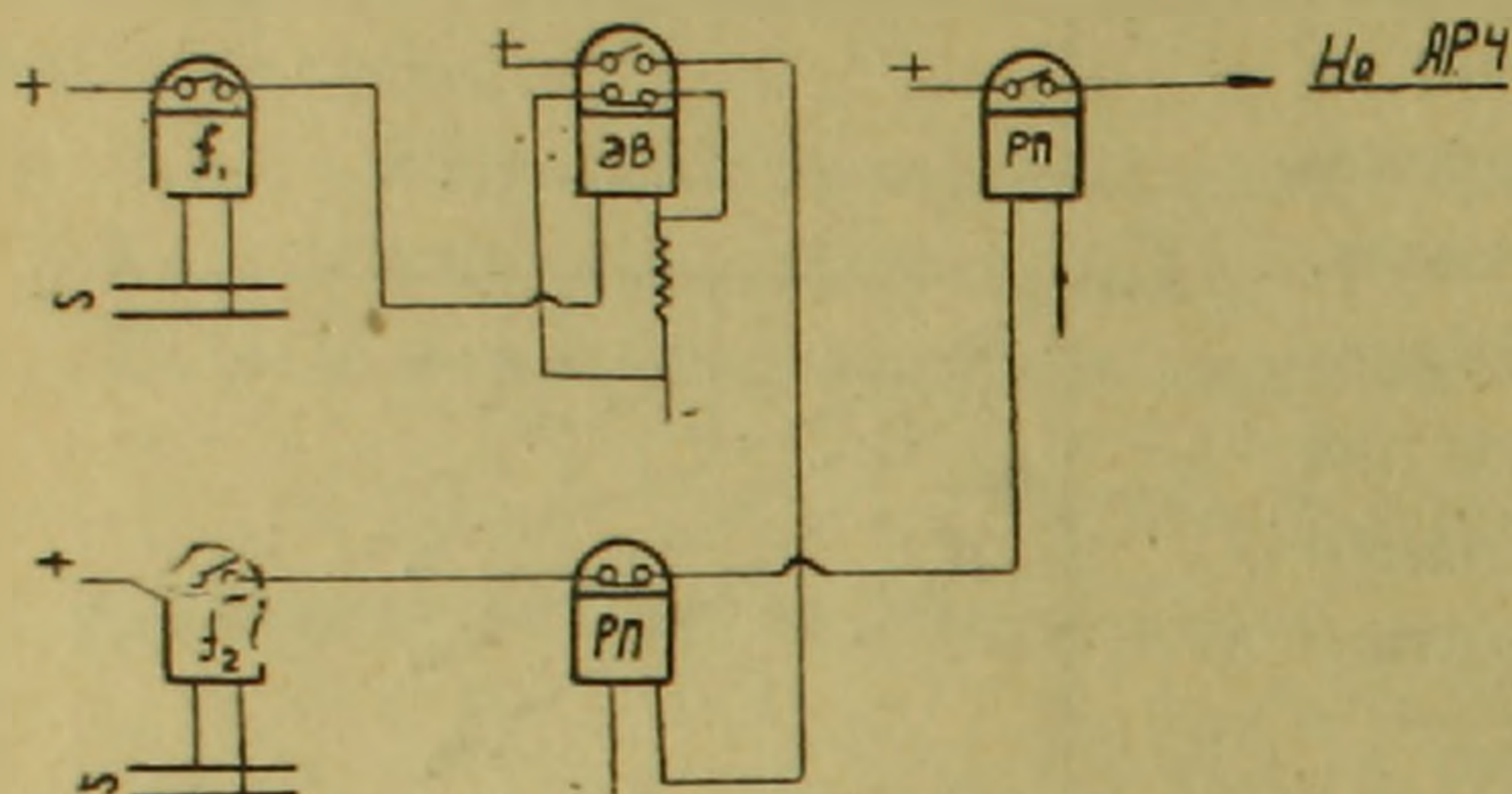


Рис. 3.

замкнутые контакты и вместе с ними и цепь от второго реле частоты к выходному РП.

Если скорость изменения частоты такова, что за время меньшее, чем t' , срабатывает и реле частоты с уставкой f_2 , то АРЧ действует на отключение. В противном случае АРЧ не действует, так как скорость изменения частоты

меньше $\frac{f_1 - f_2}{t'}$, и за время изменения частоты от f_1 до $(f_{\text{ном}} - \Delta f_{\text{доп}})$

система может восстановить нормальную частоту за счет регулирования и ввода вращающейся мощности в работу.

В случае необходимости наличия двух очередей АРЧ можно рекомендовать схему, представленную на рис. 4.

Здесь реле времени, получив импульс от реле частоты f_1 , подает соответственно импульс скользящим контактом через время t_2 и t_1 , на промежуточное реле первой и второй очереди. Последние реле имеют самопитание и их деблокирование осуществляется при восстановленной частоте отключением цепи минуса дополнительным контактом реле времени.

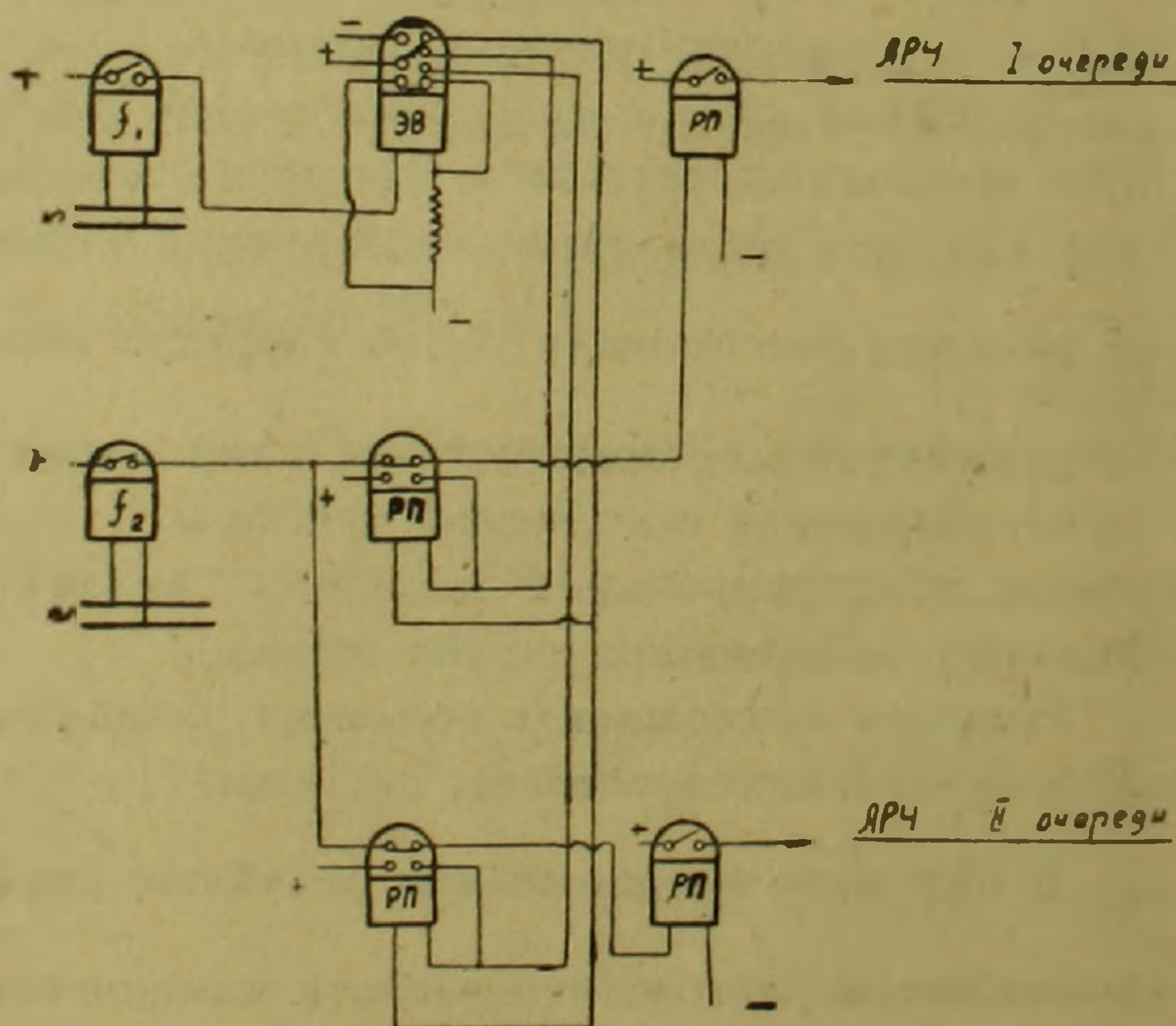


Рис. 4.

На рис. 5 представлена картина поведения частоты для двух значений мощности возмущения $\Delta P_{в1}$ и $\Delta P_{в2}$, требующих двух очередей АРЧ.

Из рисунка 5 видно, что $\frac{f_1 - f_2}{t_1} < \frac{f_1 - f_2}{t_2}$. Поэтому разгрузка по второй очереди произойдет быстрее, чем по первой очереди, и установка времени ее $t_2 < t_1$.

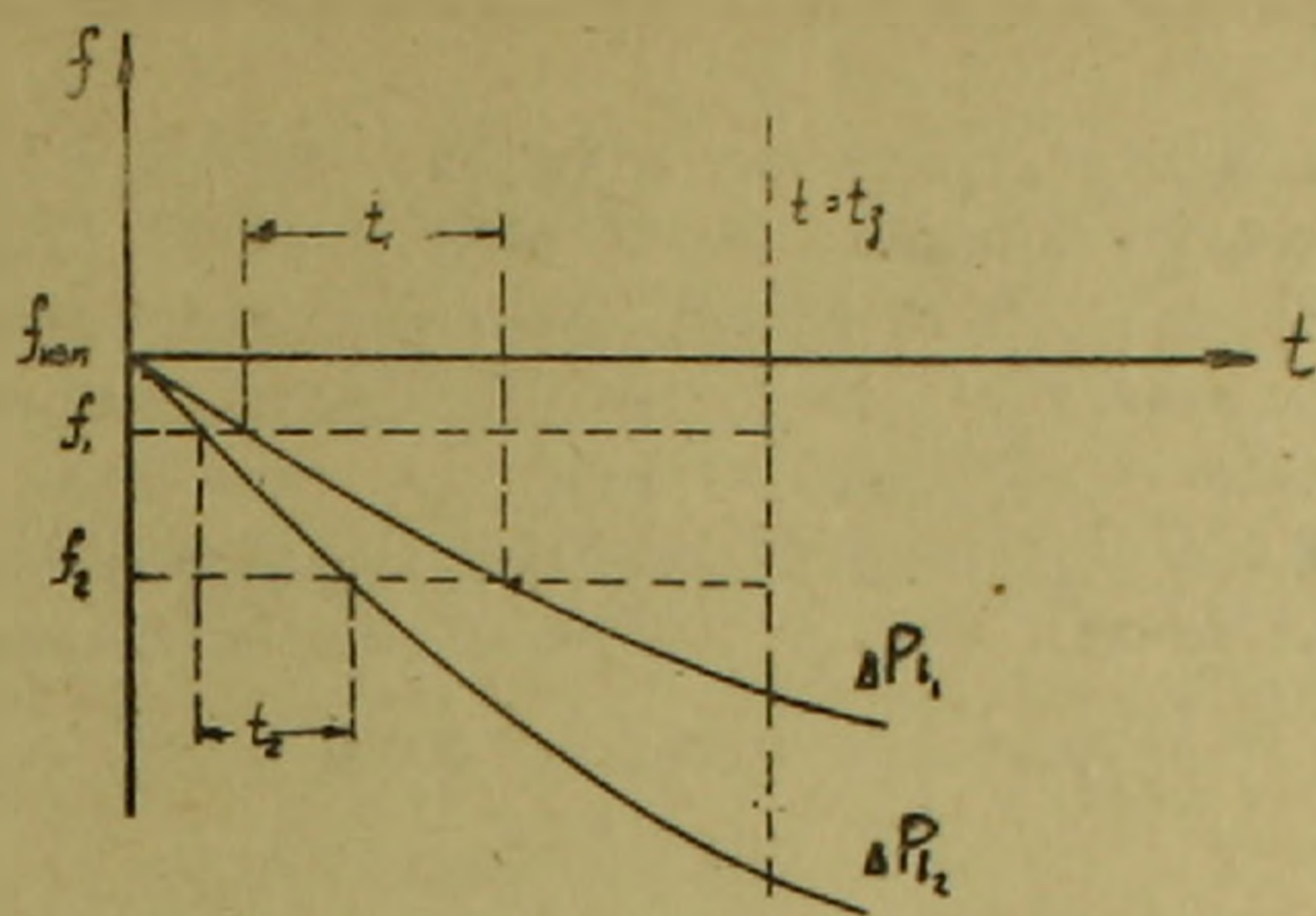


Рис. 5.

Закключение. 1. Применение автоматической разгрузки системы по скорости изменения частоты значительно улучшает качество регулирования частоты и обеспечивает надежную и устойчивую работу системы.

2. Применение релейных схем АРЧ по $\frac{df}{dt}$ вполне возможно, и надежно, а их осуществление весьма просто.

Лаборатория электротехники
Академии Наук Армянской ССР
Ереван, 1948, май.

Հ. Բ. ԲԱԲԱՆԱՆՅԱՆ

Էլեկտրաէներգետիկ սխեմաների ավտոմատիկ բեռնաթափման հարցի շուրջը

Ավտոմատիկ բեռնաթափումը էլեկտրաէներգետիկ սխեմաների հաճախականության սկզբունքորեն դործում է սխեմայի հաճախականության իջեցման որոշ մակարդակների դեպքում:

Բեռնաթափման վերևում մատնանշված սկզբունքն ունի մի շարք թերություններ, որոնցից հիմնականը հանդիսանում է սխեմայի հաճախականության պահպանման անհնարինությունը նրա փոփոխման նեղ սահմաններում, հատկապես հուզման դգալի կարողությունների դեպքում:

Մենք առաջարկում ենք հաճախականության փոփոխման արագությամբ դործող ավտոմատիկ բեռնաթափման սկզբունքը:

Բեռնաթափումն իրագործվում է ուղիային սխեմայի միջոցով, որ հակադրում է $\frac{df}{dt}$ -ի վրա, երբ $1 < 1_3$, և հիմնվում է այն բանի վրա, որ սխեմայի հաճախականությունը փոփոխվում է ժամանակով և այս դեպքում հուզման տարրեր կարողությունների համար՝ տարրեր կերպով (տես նկ. նկ. 1, 2, 3):

Ունենալով հաճախականության մի քանի ուղի տարրեր նախադրումներով, կարելի է չափել հաճախականության փոփոխման արագությունը ժամանակով՝ ուղիների մի նախադրումից մինչև մյուսը գրանցված որոշ ժամանակամիջոցում:

Հաճախականության փոփոխման արագությամբ գործող սխեմաների ավտոմատիկ բեռ-
նաթափման կիրառումն զգալիորին կրարելովի հաճախականության կարգավորման
որակը և կապահովի սխեմաների հուսալի ու կայուն աշխատանքը:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. В. М. Горништейн. „Электрические станции“, №№ 10 и 11, 1940.
2. И. А. Сыромятников. „Электрические станции“, № 12, 1940.
3. И. И. Соловьев. „Электрические станции“ № 7, 1945.
4. В. А. Романов. „Электрические станции“, № 7, 1945.
5. П. С. Жданов. „Электричество“, № 1, 1947.
6. Сборн. решений технич. отдела НКЭС, 1944.
7. И. И. Соловьев. Релейная защита и системная автоматика. Мос-энерго, 1946.
8. Д. Н. Виккер. Автоматическое регулирование частоты и активной мощности электрических систем ОНТИ, 1937.
9. А. Б. Бабаханян. ДАН Арм. ССР, 9, № 4, 1948.