

# 动力系統自动調頻 和經濟运行

科学出版社

# 动力系統自动調頻和經濟运行

(蘇联远距离輸电委员会第七次會議報告集)

中国科学院电工研究所自动化組譯

科 学 出 版 社

1959

## 內 容 簡 介

本书是 1958 年 10 月在莫斯科召开的苏联远距离输电委员会第七次會議全部报告汇编。

这些报告研究了联合动力系统的频率調整和有功功率分配問題;在水、火电厂間經濟分配負荷的問題;以及其他有关問題,如利用数字计算机計算动力系统的有功功率經濟分配、应用概率論研究动力系统运行情况等。

这些报告集中地敘述了苏联科学技术人員在这些方面所进行的工作和对这些問題的意見。

本书可供动力系统和发电厂的运行、設計人員和科学工作者閱讀之用,也可作高等学校有关教师及学生的参考。

## 动力系統自动調頻和經濟运行

苏联远距离输电委员会編

中国科学院电工研究所自动化組譯

\*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

外文印刷厂印刷 新华书店总經售

\*

1959 年 9 月第一版

书号:1906 字数:215,000

1959 年 9 月第一次印刷

开本:850×1168 1/32

(京) 0001—3,500

印张:11/4 插頁:2

定价:1.20 元

## 譯 序

随着我国国民经济的飞跃发展,动力系统的迅速扩大,对电力供应的量和质的要求,对电能分配的合理性和经济性的要求,都愈益提高,愈益严格。因而系统的经济调度和自动调整问题,在我国也逐渐引起广泛的注意,并已开始在于若干动力系统里进行研究。

关于动力系统的经济调度和自动调整,近十余年来在国外进行了许多工作。去年十月间在莫斯科召开的苏联科学院动力研究所所属远距离输电委员会第七次会议,更专门讨论了这方面的問題。在該次会议上共宣读了十五篇报告。报告分属于三个方面:一、联合动力系统的频率调整和功率分配;二、在水、火电厂間经济地分配有功功率;和三、其他有关的问题。这些报告对我们这方面的工作人员,也会有很大帮助。苏联远距离输电委员会给我们寄来了会议的全部报告,并同意把它们译成中文出版;这又一次生动地表明了苏联对我们的无私援助,我们特在这里表示深切的感谢。

为了使更多的对这方面有兴趣的讀者能尽快地看到这些文章,我們組織了研究組里几个同志,在很匆促的情况下把它们译成中文付印。由于水平有限,時間仓促,錯誤在所难免,請讀者們多多指正。如有这方面的意見或任何批評,請寄至北京中关村中国科学院电工研究所自动化組。

中国科学院电工研究所自动化組

1959 年 5 月

# 目 录

|         |       |
|---------|-------|
| 譯序..... | ( i ) |
|---------|-------|

## 第 一 部 分

|                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 一 統一动力系統自动調頻和分配有功功率的基本运行原理..... | И. М. 馬尔柯維奇 ( 1 )               |
| 二 动力系統有功功率和頻率的自动調整系統結構图的分析..... | Е. И. 尤列維契 ( 34 )               |
| 三 具有經濟分配負荷的自动調頻系統的运行經驗.....     | Л. Д. 斯捷尔宁松 ( 55 )              |
| 四 动力系統頻率調整及有功負荷分配的自动化.....      | В. М. 葛恩施金 ( 75 )               |
| 五 关于在动力系統中选择接入备用最經濟分布的問題.....   | В. М. 葛恩施金 ( 87 )               |
| 六 动力系統有功負荷自动分配.....             | Г. М. 帕夫洛夫, В. А. 斯拉比柯夫 ( 107 ) |

## 第 二 部 分

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| 七 水电厂的运行特点和它們对决定动力系統最佳运行情况的方法的影响..... | Н. А. 卡特維利施維利 ( 120 ) |
| 八 动力系統状况与概率論.....                     | Н. А. 卡特維利施維利 ( 136 ) |
| 九 关于确定具有水电站的动力系統最經濟运行情况的方法.....       | В. М. 葛恩施金 ( 148 )    |
| 十 长期調节的水电厂最佳运行情况的計算方法.....            | Е. В. 茨維特科夫 ( 164 )   |
| 十一 从自动化的观点来看水火电厂間有功負荷最佳分配             |                       |

的原則.....H. Г. 扎依采夫 (179)

### 第三部分

十二 数字计算机計算动力系统負荷經濟分配的程序.....  
.....H. A. 卡查諾娃, B. B. 烏蔑基揚 (190)

十三 动力系統的綜合經濟特性.....  
.....B. A. 舍夫欽柯, M. П. 拉脫耐尔 (200)

十四 循环式遙远控制.....B. H. 余斯特帕洛夫 (213)

十五 动力系統中电压調整和无功功率分配.....  
.....Б. И. 罗辰貝尔格, H. M. 柯馬洛夫 (225)

#### 附录:

苏联科学院动力研究所所属远距离輸电委员会第七  
次會議.....M. C. 利勃金特(252)

# 統一動力系統自動調頻和分配有功功率的基本運行原理

技術科學博士 И. М. 馬爾柯維奇

(蘇聯科學院動力研究所)

## 引 言

統一動力系統(EЭС)的各種特點規定了必需廣泛採用各種自動裝置和計算裝置來控制它的運行情況，以便保證這樣一個龐大的系統有最大的經濟性和足夠的可靠性。但是，在擬定自動化方案和擬定製造合適的自動和計算裝置的原則之前，必須先對和EЭС運行情況有關的全部複雜問題，給以科學的分析和綜合，以便弄清楚自動控制EЭС的運行原理。首先要研究EЭС中自動調頻和分配有功功率的運行原理，因為這些正是EЭС中最複雜的問題；頻率是整個EЭС共同的調整參數，而有功功率的分配對這樣大規模的系統來說，是一個非常複雜的任務，解決這個任務需要長時間的努力。然而由於研究各種保持EЭС的最佳運行情況的結果，可以得到很大的經濟效果，因而這種研究是合算的。可惜，甚至對單個動力系統來說，一系列運行特性的基本問題也還沒有得到深入的研究，而對聯合動力系統和統一動力系統來說，情況更是如此。下面讓我們來研究自動調整EЭС運行情況的主要功用。

### 1. 自動調整 EЭС 運行情況的主要功用

複雜的聯合動力系統和 EЭС 中自動調整系統所承擔的主要功用，可以規定為下列幾點：

a) 在整個系統中(或 EЭС 中)，在正常和故障情況下，把頻率

維持在用戶能够接受的水平上。在故障情況下，某种故障的出現机会愈少，則在該种故障下所容許的頻率偏差也可以愈大，可容許的頻率偏差范围應該加以規定。作为第一近似值可以規定，在正常情況下平均頻率偏差不大于  $\pm 0.1$  赫，而在故障情況下不大于  $\pm 0.25$  赫。平均頻率此处应理解为在 250—350 秒時間內的平均頻率值，这个時間比偶然的頻率变化週期要大好多倍。可容許的瞬时頻率偏差的范围沒有規定，因为要抵消这种偏差是不适宜的。此外，下面还将說明，在巨大的联合系統中，尤其是 EЭС 中，这些偏差是很小的。

6) 自动把系統間平均交換功率值保持在經濟合理的水平上。这时，在正常和故障后的情況下，系統間聯絡綫的靜态稳定儲备不应低于規定值。在决定靜态稳定貯备时，應該注意到不利符号的和偶然性質的各种系統間交換功率的迭加作用。在出現使聯絡綫靜态稳定貯备大大降低的故障时，交換功率應該尽快地和自动地降低，以便得到規定的靜态稳定貯备(例如，10%左右)。正常时交換功率應該緩慢地变化，以避免計及偶然的瞬变的負荷变化。交換功率的变化速度應該和較小系統的平均負荷变化速度相适应，因为后者是交換功率变化速度的上限(見下文)。这个速度应由實驗决定。

Б) EЭС 中每一个系統的非調整电厂的功率和調整电厂的平均功率也應該自动地相当緩慢地变化。变化速度应和該系統的平均負荷变化速度相适应。这些变化在該系統和其他系統的交換功率为給定值且頻率为正常值时，應該相应于这系統的經濟分配功率。

## 2. 一次調整器(原动机調速器)

下面就要說明，由于偶然的負荷变化而引起的偶然的頻率波动，在象 EЭС 这种規模的系統里是不大的。这个波动被自动調速器，即一次調整器所限制。联合系統功率愈大，則总負荷的偶然突变的相对值就愈小。国外进行的試驗研究証明，对西欧联合系統而言，偶然变化值和总負荷的平方根值成正比。这相当于这样

的概念,即系統功率的增长基本上和受電器數目的增长成正比,而它們的標定功率沒有增加,這是聯合系統的特徵。

如果系統功率的增长和用戶的受電器的標稱功率的增加成正比,而它們的數目保持不變,則負荷偶然的突變值在理論上將和總負荷的一次方成正比。

實際上在把已有系統聯合起來時,偶然突變值應該近似地和聯合系統的總負荷的平方根成比例地增长,而以後在聯合系統增大時(不是靠聯接其他系統),偶然突變將和總負荷的 0.5 到 1 之間的某一個方次成正比,作為第一近似,可採取 0.75 (文獻 [1])。1957 年在中部系統所得的經驗證明,對非調整的系統觀察到的偶然的頻率變化值在工作日為 0.03 赫到 0.1 赫,這相應於負荷的偶然變化為 2—2.5%。在把中部、烏拉爾和南部系統聯合起來成為一個 EЭС 而使容量增加 3—5 倍時,負荷突變的相對值減少了 1.73—2.23 倍,即變成總負荷的 1% 左右,而這時可能的偶然頻率偏差值等於

$$\Delta f = \frac{f_{\text{ном}} \cdot S \%}{100} \cdot \frac{0.01}{\rho},$$

此處  $S\%$ ——EЭС 的內部平均調差率(一次調速器和負荷的調差率),它的變化範圍一般在 5—20%;  $\rho$ ——貯備係數,等於旋轉機組容量和總負荷之比。如  $\rho = 1.1$  (貯備 10%) 和  $S = 5\%$ , 則

$$\Delta f = 0.00045 \quad \text{或} \quad 0.0225 \text{ 赫},$$

而在  $S = 20\%$  時,則

$$\Delta f = 0.0018 \quad \text{或} \quad 0.09 \text{ 赫}.$$

如進一步增加 EЭС 的容量到 2—4 倍,則偶然突變的相對值還要減小。很顯然,減小 1.19—1.42 倍( $2^{0.25}$ — $4^{0.25}$ ),因為總負荷的增长部分是由單個受電器的容量增加而引起的。總負荷的偶然的突變此時為 0.84 到 0.7%,而與此相應的偶然的頻率波動,在  $\rho = 1.1$  和  $S = 20\%$  時為 0.0755 赫到 0.0633 赫。根據上述,可以認為在 EЭС 中偶然頻率偏差不大於 0.1 赫;而且在正常的調差率下還要遠小於此數。因此採用二次調整器來限制偶然頻率偏差就不必

要了,因为这个限制作用已可由一次調整器来保证。

联合系統中平均負荷的变化,在缺乏二次調整器时,会引起显著的平均頻率的变化。可以用下列公式来决定引起頻率偏差为 0.1 赫时的总功率的变化:

$$\Delta P = P_{\text{HOM}} \cdot \frac{0.1}{50} \cdot \frac{100}{S\%} = 0.2 \frac{P_{\text{HOM}}}{S\%}.$$

調差率为 5% 时,相应的功率变化为 4%;而調差率为 20% 时,功率变化为 1%。因此,不大的总負荷的变化(1—4%),可引起頻率偏差达 0.1 赫。E3C 的总負荷会在很大的范围内变化,因此要自动維持平均頻率,就需要应用特殊的自动頻率調整器或自动頻率和功率調整器(二次調整)。

用一次調整器来維持頻率的第二个缺点,是可能发生突然的故障性的电厂功率降低。因故障性的系統功率降低  $\Delta P_{\text{ab}}$  而引起的頻率偏差可由下式决定:

$$\Delta f = \frac{f_{\text{HOM}}}{P_{\text{HOM}}} \cdot \frac{S}{100} \cdot \Delta P_{\text{ab}} = \frac{\Delta P_{\text{ab}}}{P_{\text{HOM}}} \cdot \frac{S}{2} (\text{赫}).$$

大电厂因故障而退出运行时,系統中减少的工作容量可达正常值的 10%。为了要把頻率偏差限制在 0.25 赫(0.5%)以内,系統的内調差率不能大于 5%,这一点是很难保证的。在調差率为 20% 时,偏差可达 1 赫,而这又是不允許的。

只利用一种一次調整器而要把頻率維持在上述范围( $\pm 0.25$  赫)内是不可能的。迅速而全部地动用系統的备用容量一定要采用无差的或調差很小的二次調整器。当然,在这种情况下,要有足够的备用容量,而为了迅速地动用它們正需要二次調整器。

### 3. 二次調整

上面已指出,二次調整应保证在正常和故障情况下,自动地在平均負荷昼夜变动时維持頻率。在具有弱联系的联合动力系統中,二次調整除了上述作用外,还有一个重要作用,即調整弱联系联络綫的交換功率。在沒有二次調整时,交換功率的变化可由下

列方法决定。为了简单起见，我们研究二个系统  $A$  和  $B$ ，它们各电厂的装机容量为  $P_{A\text{ном}}$  和  $P_{B\text{ном}}$ ，而实际可用的总容量各为  $P_A$  和  $P_B$ ，并令负荷为  $P_{Aн}$  和  $P_{Bн}$ 。

假定系统  $B$  的负荷变化（例如增加负荷） $\Delta P_{Bн}$ ，则负荷和交换功率的总的变化由下式决定：

$$\Delta P_{A06} = \Delta P_A - \Delta P_{Aн} = -\frac{\Delta f}{S_A} \cdot \frac{P_{A\text{ном}}}{f_{\text{ном}}},$$

$$\Delta P_{B06} = \Delta P_B - \Delta P_{Bн} = -\frac{\Delta f}{S_B} \cdot \frac{P_{B\text{ном}}}{f_{\text{ном}}} - \Delta P_{Bн},$$

此处  $S_A$  和  $S_B$  为系统  $A$  和  $B$  的内调差率。把上式相加，并注意  $\Delta P_{A06} + \Delta P_{B06} = 0$ ，可得

$$\Delta f = \frac{-\Delta P_{Bн}}{\frac{P_{A\text{ном}}}{S_A} + \frac{P_{B\text{ном}}}{S_B}} \cdot f_{\text{ном}},$$

和

$$\begin{aligned} \Delta P_{A06} &= -\Delta P_{B06} = -\frac{\Delta f}{S_A} \cdot \frac{P_{A\text{ном}}}{f_{\text{ном}}} \\ &= \frac{\Delta P_{Bн}}{\frac{P_{A\text{ном}}}{S_A} + \frac{P_{B\text{ном}}}{S_B}} \cdot \frac{P_{A\text{ном}}}{S_A}. \end{aligned}$$

代入系统的总调差率，它等于

$$S = \frac{\sum P_{\text{ном}}}{\sum \frac{P_{\text{ном}}}{S}} = \frac{P_{A\text{ном}} + P_{B\text{ном}}}{\frac{P_{A\text{ном}}}{S_A} + \frac{P_{B\text{ном}}}{S_B}},$$

可得比较简单的公式：

$$-\Delta f = -\frac{\Delta P_{Bн}}{\sum P_{\text{ном}}} \cdot S \cdot f_{\text{ном}},$$

$$\Delta P_{A06} = \frac{\Delta P_{Bн}}{\sum P_{\text{ном}}} \cdot S \cdot \frac{P_{A\text{ном}}}{S_A}.$$

由此可见，第二系统（系统  $A$ ）与整个联合系统的功率之比愈

大,和这一系統和整个联合系統的調差率之比愈小,則交換功率的变化愈大。

在极限情况下,当系統  $A$  的功率接近于联合系統的总功率时,  $P_{A\text{ном}} \gg P_{B\text{ном}}$ ,  $\Delta P_{A\text{ог}}$  接近于  $\Delta P_{B\text{ог}}$ , 即某一系統 ( $B$ ) 和一个大系統相联系时,交換功率的变化接近于該系統的用戶負荷的变化。

如果聯絡綫的通过能力和交換功率值相差无几,則某一系統的負荷波动会引起討厭的后果。所以二次調整器还有这样的使命,即在联合系統中对較弱的聯絡綫监督其交換功率。

目前在国外得到广泛应用的联合系統二次調頻是用交換功率有差調整准則的。这种調整有时在国外被叫做按“頻率-功率”准則調整。它能保証无差地保持頻率和交換功率,而且可以有大量的系統参与調整。无差性只有在下列情况下才能保証,即交換功率整定值的代数和为零。实际上,对每一个系統采用了下列准則:

$$\Delta f + \lambda \Delta P_{ог} = 0,$$

或者,更普遍的形式(对系統  $K$  而言),

$$\Delta P_{Kог} + \frac{\Delta f}{\lambda_K} = 0.$$

把各单个系統的方程式相加,并假定  $\Sigma P_{ог\text{м}} = 0$ , 可得,

$$\Delta f \Sigma \frac{1}{\lambda} = 0$$

或  $\Delta f = 0$ , 即,  $\Delta P_{ог\text{м}} = 0$  (对每一个系統)。

在正常情况下,如发生了总負荷和頻率的偶然波动,会出现比較小的、偶然的交換功率的波动,这在实际上是可忽略的。在总負荷緩慢变化时,这种調整系統可以保証由該系統内部的电厂功率来抵消負荷变化,并保証頻率和交換功率不变,但这和最經濟运行情况的要求可能是相抵触的。所以在总負荷有相当大的变化时,必須改变系統交換功率的整定值,以便和維持最經濟运行情况的功率交換值相适应。这个作用在弱联系的情况下可能会超出二次調整的范围,这一点将在下面述及。

在某一系統,例如系統 1 发生故障时,由于二次調整的作用而

使該系統內電廠的備用容量自動地利用，可得下面的調整准則。  
對系統 1，如把欠缺的功率表示為  $D$ ，可得

$$\Delta P_{106} = -\frac{\Delta f}{f_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{P'_{1\text{НОМ}}}{S'_1} - D,$$

此處  $S'_1$  為第 1 系統的內部調差率（一次調整器和負荷），此處已考慮到因故障而缺少的功率  $D$ （失去的功率和動用的備用容量之差），而  $P'_{1\text{НОМ}}$ ——相應的標稱功率。

對其餘  $n-1$  個系統仍是以前的二次調整准則在起作用：

$$\Delta P_{206} + \frac{\Delta f}{\lambda_2} = 0,$$

$$\Delta P_{306} + \frac{\Delta f}{\lambda_3} = 0,$$

.....

$$\Delta P_{n06} + \frac{\Delta f}{\lambda_n} = 0.$$

相加，可得：

$$\Delta f \left( \frac{1}{S'_1} \frac{P'_{1\text{НОМ}}}{f_{\text{НОМ}}} + \sum_{K=2}^n \frac{1}{\lambda_K} \right) = -D,$$

由此可得

$$\Delta f = \frac{-D}{\frac{P'_{1\text{НОМ}}}{S'_1} \cdot \frac{1}{f_{\text{НОМ}}} + \sum_{K=2}^n \frac{1}{\lambda_K}},$$

而對第一個系統

$$\Delta P_{106} = \frac{-D \left( \sum_{K=2}^n \frac{1}{\lambda_K} \right)}{\frac{P'_{1\text{НОМ}}}{S'_1} \cdot \frac{1}{f_{\text{НОМ}}} + \sum_{K=2}^n \frac{1}{\lambda_K}}.$$

如果  $S'_1$  很大（在非調整電站缺乏足夠備用容量的情況下），則

$$\Delta P_{106} \approx -D.$$

而對其餘系統，例如，第二系統，

$$\Delta P_{\text{зобм}} = \frac{D}{\frac{P'_{1\text{НОМ}}}{S'_1} \cdot \frac{1}{f_{\text{НОМ}}} + \sum_{K=2}^n \frac{1}{\lambda_K}} \cdot \frac{1}{\lambda_2}, \text{等等.}$$

每一个系统的二次调整的调差率  $\lambda$  应这样地选择, 以便在故障情况下, 联络线的过载应限制在按其运行的技术条件 (如稳定, 继电保护等) 所能允许的数值内。在这种情况下, 希望频率偏差限制在例如  $\pm 0.25$  赫以内, 但在必要的情况下, 特别在严重而罕见的故障情况下, 为了避免过多的功率流入故障的系统里去, 可以允许有较大的频率偏差。

到现在为止, 所研究的是采用准则为  $\Delta f + \lambda \Delta P_{\text{зобм}} = 0$  形式的二次调整。但是如果采用选择性调整的原理时, 则在原则上似乎只能限制在频率的无差调整方面。为此目的, 在每一系统的调度中心测量并计算  $\Delta f$  和  $\Delta P_{\text{зобм}}$  偏差的符号, 如果这些偏差的符号相同时 (例如  $\Delta f < 0$  及  $\Delta P_{\text{зобм}} < 0$ ), 则频率的无差调整器作用到所有的调整电厂, 而在  $\Delta f$  和  $\Delta P_{\text{зобм}}$  的符号不同时, 调整器被闭锁, 因为在这种情况下, 负荷的变化并不发生在本系统内, 也就是说, 只有负荷发生变化的系统内频率调整器可以动作。这种调整有一系列的优点。

根据整个系统的准则进行调整的电厂可包括除了严格给定负荷以外的全部电厂 (严格给定负荷的厂如具有背压式汽轮机的热电厂, 在洪水期或严格地按负荷曲线运行的水电厂等等)。按总的准则参加调整的电厂数目愈多, 则整个系统的由准则所表示的各种数值保持得愈准确。但是传送同系统各种数值对起始值 (零值) 的偏差 ( $R = \Delta f + \Delta P_{\text{зобм}} \cdot \lambda$ ) 到大量的电站去时, 需要应用大量的远动通道, 而这在经济上并不总是合理的。因此在许多情况下, 只能限制把少数大电厂作为调整电厂。在由几个电厂中应用二次调整来维持全系统的数值时 ( $R = 0$ ), 可以根据下列准则之一来实现:

- a. 按自身功率的调差率:  $R + K_1 \Delta P_1 = 0$ ;
6. 根据虚调差率:  $R + K_1 (P_1 - \alpha_1 \sum P_{\text{пер}}) = 0$ ;

в. 根据积分准则:  $\int R dt + K_1 \Delta P_1 = 0$ ;

г. 根据复合准则 (Пилоти 型准则):  $R + K_1 \Delta P_1 + e_1 \int R dt = 0$ .

准则的选择决定于经济性和各电站的功率和调整的可能性。

没有远动通道是不可能的, 因为把  $R$  或  $\int R dt$  值传送到各电厂去是必要的。

有一种调整系统可能会引起大家的兴趣, 在这种系统中总负荷和频率的偶然(暂时的)波动并不作用到二次调整器去, 而只有这些平均数值的持续变化才起作用, 以防止频率和交换功率平均值的显著变化。在这种情况下, 可以有效地使用积分准则, 因为利用准则  $\int R dt$  可以决定在一定时间段内的  $R$  的平均值。但是这个时间段应该选择得足够长, 以避免  $R$  偶然变动的影响。或者, 为了得到同样的结果, 这个元件的失灵区应该相当大。但是在故障情况下, 不能对迅速变化的  $R$  不起反应, 所以很明显, 最合理的是采用复合准则 (г), 而使测量  $R$  的装置变得不灵敏些, 以免除偶然波动的影响。在这种情况下数值  $R = 0$  可以保证是无差的, 就象和 (в) 的情况下一样, 但在故障情况下二次调整的作用更为有效。

#### 4. 经济调整

在研究二次调整装置的运行原则时, 我们没有研究调整的一个重要作用——经济调整。它可以在联合系统各主要电厂中, 在自动维持足够的调整幅度的情况下, 保证燃料和费用的消耗为最小。

最主要的是下面的问题: 二次调整是否应该立即在系统中各电厂间经济分配功率。即使在单个动力系统中, 把经济分配的作用委托给二次调整, 在原理上虽是可能的, 但在集中的二次调整的情况下, 会有下列困难:

а) 必须从二次调整方面向各参与经济分配的所有电厂发送控制命令, 这在经济上并不总是合理的, 因为需要大量的远动通道。

б) 在故障情况下, 调整电厂的协助作用将被迟延, 因为首先

只有在經濟上是有利的电厂而且在它有利的一段負荷区域内帶上負荷。

在联合动力系統中，尤其是 E3C 中，情况更复杂。在那里要由一个中心来有效地經濟分配負荷是非常困难的，因为要考虑到相隔辽远的大量电厂，而且在某一系統发生故障时，又完全需要不考虑經濟情况而由所有系統来协助。

所以在許多情况下，特别是在 E3C 中，提出了一个比較明智的办法，在主要調整电厂具有足够調整范围时把經濟分配功率的作用委託給特殊的經濟調整或“三次”調整。这个調整的动作速度應該近似的相当于整个联合系統总負荷变化的速度，但始終要比二次調整的速度慢一些。这个速度不可能很大。相反，由于使負荷曲綫变得平坦的一些因素（如地域的平衡，不同的負荷特性等）无疑地会使 E3C 的相对負荷变化速度比单独的或联合系統中可能觀察到的速度更慢。目前觀察到的总負荷的变化速度可达每分鐘 1.5%（中部系統調度中心的經驗）。

三次調整并不变化 E3C 的頻率，而應該这样来重新分配負荷，以便一方面保證最低的供电价格（考虑到厂用电和网络中的損耗），另一方面要使調整頻率和交換功率的电厂維持足够的調整范围。类似这样的裝置在 1946 至 1947 年曾在苏联科学院动力研究所首次制成（PAH）。PAH 的概念的进一步发展，使各种不同的、自动的或半自动的三次調整裝置相繼出現。

在 E3C 中，从降低調整裝置的投資的观点来看，可把三次調整分成二种类型：

a) 系統内部的三次調整（相似于单独系統的三次調整），这在大系統中是必須采用的。

б) 系統間的三次調整，即經濟交換功率的調整，或在各系統間經濟分配負荷。

第一种調整形式对二次調整系統中所整定的交換功率值不作任何改变，而應該根据經濟条件在各电厂間重新分配負荷。不参加調整的各电厂的負荷变化应由电传打字或電話来指示，而参加

二次調整的电厂則由功率(指平均負荷)整定器給定。

为了實現第一種类型的三次調整(系統内部的),在集中控制的情况下,在系統的調度中心應該用这种裝置(PAH),它能够在調度員監督下,根据下列条件完成經濟分配負荷:

$$\frac{\varepsilon_1}{1 - \sigma_1} = \frac{\varepsilon_2}{1 - \sigma_2} = \dots = \frac{\varepsilon_K \lambda_K}{1 - \sigma_K} = \frac{\varepsilon_I \lambda_I}{1 - \sigma_I} = \dots = \rho,$$

此处:  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ ——火电厂的微增率;

$\varepsilon_K, \varepsilon_I$ ——水电厂耗水微增率;

$\lambda_K, \lambda_I$ ——根据由流量分布調度曲綫所决定的耗水量选定的系数;

$\sigma_1, \sigma_2$ ——网络損失微增率;

$\rho$ ——系統微增率。

在这个裝置的輸入端送入各参与經濟分配負荷的电厂的功率,并确定系数  $\lambda$  和  $\sigma$ 。在精確計算損失时  $\sigma$  的数值根据所有电厂的功率連續計算。

在改变負荷的經濟分配时,PAH 把这个改变告訴調度員,或直接传送到各电厂去执行。

第二種类型的、更为緩慢的三次調整——經濟調整系統間的交換功率——應該改变二次調正器的交換功率整定值,而且交換功率变化值的代数和应等于零,或在实际上和交換功率的代数和應該等于零是一样的,以避免引起整个联合系統內頻率偏差。

这种类型的三次調整,即經濟調整交換功率的困难在于必須把 E3C 中各个系統的总負荷情况集中到一点,这就需要在远測方面花很大投資,而且还不能保証必須的准确度,所以 E3C 中参与調整的系統必須減到最少。E3C 的特殊的 PAH 應該得到各合併起来的系統中的負荷和每一个系統的交換功率的数据。根据各系統的經濟特性,并考虑到系統間聯絡綫的損失,E3C 的 PAH 在 E3C 总負荷的变化或电的时间偏差达到足够大的程度时,或者每隔一定時間时,根据下列公式校正并确定功率的經濟分布情况和新的交換功率值: