

# 低频累加保护的初步探讨与研制

许昌继电器研究所 罗昌民

## 一 前言

近年来,我国电力系统发展迅速,特别是单机装机容量大大提高,如由过去的十万、二十万kW机组,增至为三十至六十万kW机组,单机容量大占电网比例也大,而在近期我国电力尚不富余还满足不了国民经济建设的需要,电网负荷过重,可能造成系统频率下降,或某发电机组严重过负荷频率下降,这样对系统机组安全可靠运行带来极大影响,甚至损伤发电机组,这在国内开始得到越来越多的认识,和迫切需要一种低频累加保护。但此种保护国内尚无产品,也没有实际运行经验,故对保护具体性能要求尚不明确。此文就我个人对此保护开展研制以来,根据系统及机组安全可靠运行要求,作一初步的探讨,以得到同行人员对此保护共同认识与提高。

## 二 低频对系统及机组的危害

若系统超负荷运行,或者系统解列,出现系统某部分严重超负荷情况时,原动机及发电机试图担负此过负荷,则开始减速,使其系统(或某部分)频率下降。而与其它系统或联络系统的联络线又试图供给此过负荷,使联络线跳闸,或产生系统振荡,使之系统不能正常稳定供电,用户某些设备不能正常运转,特别是发电机的辅助设备,不能正常出力,其功率迅速下降,这样进一步减少了发电机的有功功率的输出,频率更进一步下降,形成恶性循环,整个电厂很快就出现严重故障,终致使系统(或局部)全部瓦解。

同时,发电机在低频下长期运行,也直接危害汽轮机的安全。汽轮机的叶片,都有一自振频率。如果发电机运行频率降低,以致接近或等于叶片的自振频率时,将产生共振,使叶片材料疲劳,达到叶片材料所不允许的限度时,叶片或拉金就要断裂,造成严重事故。汽轮机叶片材料疲劳和断裂,是一个复杂的问题,受许多因素的影响,在制造上难给出准确的断裂条件,但材料的疲劳是一个不可逆的积累过程,所以汽轮机都给出在规定的频率下允许的累计运行时间。这样,在大型汽轮发电机(30万kW以上)都要设置用于保护汽轮机,防止汽轮机叶片及拉金的断裂事故,以及对系统安全稳定运行提供一自动减负荷功能的保护——低频累加保护。

### 三 低频累加保护的功能

从在低频运行下,对系统及其汽轮机的危害来看,我认为低频累加保护必须有两大功能。第一功能应能对汽轮机叶片在低频运行下的损伤程度进行累计,这个累计应是汽轮机终身的累计,即累计数据应不会消失,当累计达到其预定数时,应能可靠的发出声光信号或跳闸指令。因为汽轮机叶片在正常频率运转下,叶片振动应力很低的,可以无限期地运转下去而不带来任何损伤。当频率下降时,振动应力的幅度迅速增大,叶片所能承受振动周期急速下降,叶片所承受振动时间大大缩短,即振动应力幅度是按频率下降的指数式增大,能承受振动周期也是指数式下降。可以看出发生低频是在一个较宽的频率范围内,频率离额定值越远,则所能承受低频时间越短。如国内现对60万kW汽轮发电机运行频率及相应的允许时间如表1所示。

表 1

| $f/f_e$     | $1 \sim 0.99$ | $0.99 \sim 0.975$ | $0.975 \sim 0.935$ | $0.935$ 以下 |
|-------------|---------------|-------------------|--------------------|------------|
| 允许时间<br>min | 长 期           | 60                | 10                 | 0          |

$f$ 、 $f_e$ 为实际运行频率和额定频率。

又如某一工程对60万kW汽轮发电机运行频率及相应的允许时间如表2所示。

表 2

| $f/f_e$     | $1 \sim 0.99$ | $0.99 \sim 0.98$ | $0.98 \sim 0.96$ | $0.96 \sim 0.95$ | $0.94$ |
|-------------|---------------|------------------|------------------|------------------|--------|
| 允许时间<br>min | 长 期           | 30               | 15               | 3                | 0      |

这就要求低频累加保护要有3~4个同时可供整定的频率和时间累加回路(也同样可分别任意整定)。当低频发生后,相应频率的时间累加回路进行累加,达到所整定时间值后应能发出跳闸和声光信号。

第二个功能则应发出相应低频频率数减负荷量的指令和声光信号,这是为了确保系统和汽轮机的安全。我们知道,当系统过负荷后,频率下降,如不采取增大有功功率或减少负荷的措施,系统频率是不能恢复的,这势必长时间的影响系统和汽轮机组,直至汽轮机叶片损坏停机和系统瓦解。这是种被动的做法,人们应积极主动采取措施,尽快地恢复频率,减少低频对系统及汽轮机的损害,这就要求低频累加保护除具备第一种功能外,还应具备自动减负荷功能,即能发出相应低频频率数减负荷量的功能。具体对于某个频率要减多少负荷,这是个具体而又复杂的问题,但总可以根据具体情况从实际中找出一个可行合适的负荷量,来满足频率的恢复。这还有一个问题,即发生低频后多长时间来发出减负荷指令信号。如某工程提出在低频累加时间(即整定允许时间)的

10%，发出跳闸指令，这可能有二个问题。第一个问题是发出跳闸指令，如跳闸解列或跳闸停机。因本来系统缺有功势必造成系统有功功率更缺少。然而，如频率低至严重损害汽轮机，跳闸停机也是必要的，但这必是在频率下降的较长时间后才能发生的事，所以在频率下降至0.99~0.975~0.935时都应相应减负荷，以求得频率的恢复。第二个问题是10%的累加时间，此时间太长，如频率下降至0.99~0.975，10%的累加时间即6分钟，才能发出减负荷指令，这时间显然太长；又如频率下降至0.96~0.95时，10%的累加时间为18秒，这时间是可取的。所以发出减负荷指令时间，应按系统足以躲过系统扰动（如振荡）的时间为限，大概在10~30秒内即可。

#### 四 低频累加保护的构成

前面已谈了低频累加保护的功能，它的构成原理就有了个概况。它的构成原理方案有二，一是微机型，二是集成电路型。

第一个方案微机型，用微型处理机来完成低频检测和时间累加是很简单易行的。它只要有一套硬件就可完成多个频率的检测整定和相应的时间累加以及减负荷的整定，并能做到整个低频范围内所给叶片的损伤的总累加，这是集成电路型方案所不及的。但微机型方案必须很好着手解决长期停电后，数据及程序的保留问题，不能将累加数据丢失，同时还要考虑微机型运行寿命问题，若微机寿命比汽轮机组短，就要考虑更换新的保护时，如何将已累加的数据写入新的保护中去。但好在这几个问题不是太难解决的，只要在设计时加以考虑重视就完全能解决。

第二个方案为集成电路型。用CMOS数字电路集成片构成，频率检测、减负荷时间整定用集成电路片来完成，时间累加用脉冲式计数器来完成，其方框原理图如图1所示：

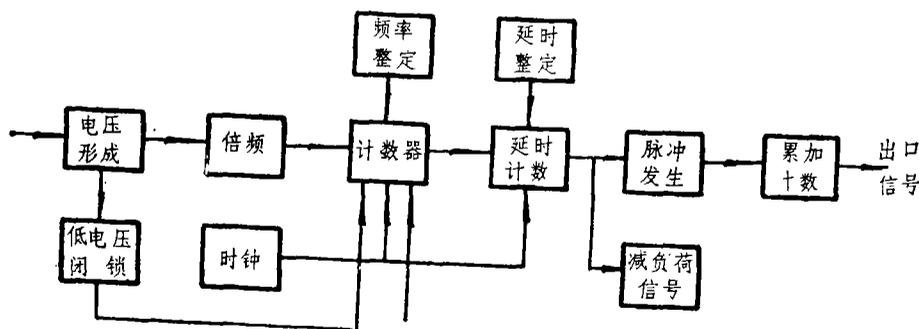


图 1

发电机机端电压接入电压形成回路，将强电转换弱电，并滤波整形，送给倍频器，倍频器将50Hz倍频 $10^4$ 倍，成为 $5 \times 10^5$ Hz频率方波，再送入计数器回路，在时钟标准脉冲控制下计数，计数达不到频率整定值时有一高电平输出，送至延时计数器进行延时计数。在延时计数器内有 $-100$ ms间隔脉冲送入脉冲发生器，进行展宽放大。再推动脉冲（下转41页）

和。若用 TPX, 则比较好, 但 TPX 体积大, 价钱高。

7. 故障探测器, 可用 TPY, 利用交流的电、电压分量测距。

8. 电流差动母线保护, 用 5P20, 电流差动保护原理中应包含有 CT 饱和的闭锁功能, 才不会在外部短路 CT 饱和时误动作。

## 结 束 语

CT 的暂态特性, 近年来已引起各国的重视, 见 IEC185 增刊。无论如何, CT 的暂态特性不能忽视, 尤其是 500 千伏及以上电力系统, CT 的暂态特性对继电保护的 动作影响很大。

本文推荐用拐点电压法来对 CT 的暂态特性进行校核, 并提出了各种不同的保护应用何种 CT 为宜。随着 500 千伏的运行, 必然使人们对 CT 的暂态特性有更全面的认识, 确保电力系统安全可靠运行。

### 参考文献

- [1] IEC185 增刊。
- [2] Transient response of current Transformers IEEE Vol. PAS—96. NO. 6. NOV. /Dec. 1977
- [3] Nongapped Cores, Antiremanence Cores or Linear Cores for CT. IEEE Vol. PAS—97. No. 2 Mar/Apr. 1978

(上接第 44 页)

式计数器, 脉冲式计数器为机械式可预置数的, 当计数器达到预置数时, 有输出信号指令发出停机。同时延时计数器计数至减负荷延时整定数时, 有一高电平输出, 同时停止延时计数, 高电平经三极管放大推动小型继电器, 继电器发出减负荷指令和声光信号。这是就一路频率而言的。但同时考虑到保护的可靠性, 增设了低电平闭锁功能, 这样防止了停机停电时误动。同时还增设了双重回路, 即频率下降到整定频率  $f_2$  时, 必须要在较高频率  $f_1$  的启动下,  $f_2$  才能有输出, 同时  $f_2$  反馈给  $f_1$  进行闭锁, 以防止  $f_2$  动作的同时  $f_1$  也动作, 这样可有效的防止了保护的误动。为了防止拒动, 设置了手动试验和自动巡检电路。手动试验能定性地检测电子元件工作好坏; 自动巡检电路可有效地借助微机巡检装置, 对各个频率及时间定值进行定量检测。在进行手动或自动检测时, 累加计数器计数值不改变。此方案不受寿命停电的限制, 它的寿命是永久的 (除电子器件外), 数据也是永久的不会丢失。如时间累加不用机械计数器, 也可用集成电路和液晶显示来构成, 但电子式又存在寿命和停电数据消失的缺点, 尽管可采取措施解决, 但构成保护势必过于繁杂了, 相对可靠性也降低了。

以上在研制低频累加保护时, 所想到的一些问题, 在此向大家交换看法, 以求得新保护更加完善合理, 满足电力系统的要求。