

繼電器保護

王 健 編 著
嚴 筱 鈞 校 閱

大東書局出版

繼電器保護

王 健 編著
嚴筱鈞 校閱

大東書局出版

繼電器保護內容提要

本書內容主要討論目前常用的一些繼電器的構造、性能和整定方法，使讀者對繼電器保護能獲得一個基本的概念和認識。本書首先講述過流繼電器的構造和整定方法，其次講述方向繼電器和差動繼電器的構造及其試驗方法等。對於有系統的接地計算以及自動重合閘方面，亦作了扼要的介紹。本書可作為一般中等技術人員參考之用。

繼電器保護

書號：5113

編著者	王健
校閱者	嚴筱鈞
出版者	大東書局
	上海福州路310號
印刷者	大東印刷廠
	上海安慶路268弄

25開 95印刷頁 140,000字 定價 12,500元

一九五三年十一月初版

(0001—3000)

上海市書刊出版業營業許可證出 043 號

上海市書刊發行業營業許可證發 061 號

序 言

一九五二年春編著者爲了收集教學資料，在東北電業局系統實習，在實習過程中體會到有關繼電器保護方面適宜於一般中等程度的中文參考書太少。因此根據實習期間的一些心得，參考了部份有關的書籍，編著而成此書。

本書介紹目前電力系統內最普遍的過流繼電器及其整定。對於方向繼電器和差動繼電器以及各種繼電器的試驗方法也作了一些必要的介紹。有關系統的接地計算問題，避免複雜的對稱分量的計算，採用圖解法說明。最後，就繼電器保護的發展前途，自動重合閘方面作了一些簡單的介紹。隨着電力系統的發展，尤其在我國目前的情況，有着蘇聯最先進的科學技術的無私的援助，繼電器保護的發展更是日新月異。本書所討論範圍僅是一些最基本的繼電器，使得讀者對於繼電器保護有一個初步的概念和認識。本書以中等技術人員爲主要對象，在理論上盡量少用高深公式，在文字說明上也盡量詳細周到。

王衆託、康 喆兩位同志在工作繁忙中，對本書提出很多意見，給編著者很大的幫助，謹此表示衷心的謝忱。

限於編著者的理論水平和實際經驗，錯誤的地方在所難免、希望讀者提出寶貴的批評和指正，以資更正。

王 健

一九五三年五月
於大連工學院。

目 錄

第一章 緒論	1
(1.1)繼電器的重要性	1
(1.2)繼電器的作用和要求	2
(1.3)繼電器的分類	3
第二章 感應型繼電器的構造和原理	7
(2.1)感應型繼電器的構造	7
(2.2)偏相位式——感應型繼電器的動作原理	8
(2.3)蔽極線圈式——感應型繼電器的動作原理	10
(2.4)飽和變壓器式——感應型繼電器的動作原理	11
(2.5)彈簧控制力量的補償作用	12
(2.6)接觸裝置	13
(2.7)表示器	14
(2.8)感應型過流繼電器的聯結法	14
(2.9)常時閉路式過流繼電器	15
第三章 儀用變流器和儀用變壓器的聯接法	16
(3.1)儀用變流器的 U 形聯接法	16
(3.2)儀用變流器的三角形和 Z 形聯接法	16
(3.3)儀用變流器的星形聯接法	19

(3·4)變流器二次測不能開路·····	20
(3·5)儀用變壓器的聯接法·····	20
(3·6)取用零相電流的聯接法·····	23
(3·7)取用零相電壓的聯接法·····	24
第四章 過流繼電器的整定以及短路保護·····	27
(4·1)系統運行的故障情形·····	27
(4·2)計算三相短路電流的假定條件·····	28
(4·3)計算三相短路電流常用的方法·····	29
(4·4)標么電抗值的計算·····	30
(4·5)例題·····	33
(4·6)短路電流的簡單估計·····	37
(4·7)過流繼電器的整定·····	38
(4·8)過流繼電器的起動電流·····	38
(4·9)過流繼電器起動電流的整定·····	39
(4·10)過流繼電器的時限特性曲線·····	40
(4·11)過流繼電器的動作特性曲線·····	42
(4·12)過流繼電器的時間整定·····	44
(4·13)系統整定說明·····	46
(4·14)系統整定應注意的事項和幾點說明·····	54
(4·15)具有兩個電源的系統的整定說明·····	57
(4·16)距離繼電器的構造原理·····	68
(4·17)距離繼電器的動作特性曲線·····	71
(4·18)週波計數器·····	75
(4·19)過流繼電器的試驗·····	76

第五章 方向繼電器及其保護	78
(5.1) 感應型方向繼電器	78
(5.2) 感應型方向繼電器的功率因數特性	80
(5.3) 三相電路中任意電流和任意電壓間相位角的關係	82
(5.4) 方向繼電器的外部聯接法	88
(5.5) 感應型電流差動繼電器的構造原理	86
(5.6) 雙迴平行線路的保護	87
(5.7) 切斷的次序	90
(5.8) 三迴或三迴以上平行線路的保護	91
(5.9) 電力方向繼電器的試驗——伏安曲線的測定	92
第六章 差動保護	96
(6.1) 差動保護	96
(6.2) 過流繼電器作為發電機和變壓器的差動保護	96
(6.3) 比率差動繼電器的構造和原理	99
(6.4) 附有分接頭的比率差動繼電器	100
(6.5) 附有補償變流器的比率差動繼電器	103
(6.6) 變壓器差動保護的聯接法	103
(6.7) 三線圈變壓器的差動保護的聯接法	112
(6.8) 當變流器在電力變壓器三角形聯接之內時差動繼電器的 聯接法	114
(6.9) 比率差動繼電器分接頭的決定	114
(6.10) 比率差動繼電器的補償變流器匝數的決定	116
(6.11) 發電機線圈為三角形聯接時的差動保護	118

(6·12)並聯線圈發電機的差動保護·····	118
(6·13)比率差動繼電器的動作特性試驗·····	120
(6·14)比率差動繼電器的動作時間和差電流的決定·····	122
(6·15)瓦特計決定相位的原理·····	122
(6·16)六角圖法決定差動繼電器的電壓和電流的相位關係··	125
第七章 接地保護·····	128
(7·1)中性點接地的種類·····	128
(7·2)中性點不接地系統·····	128
(7·3)中性點直接接地系統·····	129
(7·4)中性點消弧線圈接地系統·····	130
(7·5)中性點電阻接地系統·····	131
(7·6)接地電流分佈的概念·····	131
(7·7)中性點不接地系統的接地電流的分佈·····	131
(7·8)中性點消弧線圈接地系統的接地電流的分佈·····	139
(7·9)中性點電阻接地系統的接地電流的分佈·····	144
(7·10)接地繼電器·····	148
(7·11)單迴線路的接地保護·····	148
(7·12)雙迴線路的接地保護·····	149
(7·13)消弧線圈的電流分接頭的決定·····	151
第八章 同期脫調保護·····	153
(8·1)概論·····	153
(8·2)並聯同步運行·····	153
(8·3)同期脫調現象·····	155

(8·4)解列保護·····	159
(8·5)週波繼電器·····	162
第九章 自動重合閘保護·····	165
(9·1)概論·····	165
(9·2)自動重合閘的動作說明·····	166
(9·3)自動重合閘裝置的動作原理·····	167
(9·4)配合自動重合閘的加速保護·····	170

第一章 緒 論

(1.1) 繼電器的重要性

列寧同志說：“共產主義就是蘇維埃政權加全國電氣化。”蘇聯共產黨在斯大林同志的領導下，實行着列寧同志這個指示，有計劃地繼續開展全蘇的電氣化。偉大的共產主義建設，如斯大林格拉水電站和古比雪夫水電站，將要給共產主義建設事業帶來更多的電力。這些電力除了供給更多的工業生產外，並使農業生產和運輸業，都走向大規模的電氣化，保證了人民的和平和幸福生活。

蘇聯的今天，就是我們的明天。我國 1952 年的發電量比 1951 年增加 29.56%，比解放前最高年度發電量增加 14%。隨着全國大規模的經濟建設，今後電力的需要量將要大大地增加。如何更有效地經濟地使用電力，一方面必須將各個個別的分散經營的發電廠組織成統一的電力系統，另一方面要有計劃地開發水力資源。據估計我國已經開發的水力資源還不到可能利用的 1%。由於水力資源的開發就是利用水力發電，必須要利用高壓，才可能將電力送往遠距離用電的地方。對於這些電力系統的建立，運行的安全，將要成爲重要的問題。關於整個系統的運行，應該由統一機構來負責管理和調度。調度機構一方面固然要掌握系統內設備情況、聯絡關係和運行方式；同時必須依靠繼電器保護裝置。當故障發生的時候，自動地迅速地切除故障部分，才可能避免全部停電現象的發生，保證了整個系統的安全運行。如果沒有繼電器保護裝置，要掌握電力系統內複雜的瞬息間的變化，是不可能的；所以系統的安全運

行和繼電器的保護方式有着密切的關係。

我國，在目前較大電力系統還不多，但今後的發展，必然組成很多大的電力系統；因此關於系統的繼電器保護的常識也很重要。本書內容主要地討論目前常用的一些繼電器的構造、性能和整定方法。隨着電力系統的發展以及學習蘇聯的先進科學技術，繼電器的發展必然也是日新月異。本書雖然不能作更多的新型繼電器的介紹；但以此為基礎，對於繼電保護的基本認識可以有一個梗概。

(1.2) 繼電器的作用和要求

在大電力系統內，電力自從發電廠經過變電所到用戶，中間有高壓輸電，有低壓配電，整個系統非常龐大和複雜，因此可能發生故障的地方亦很多。根據蘇聯統計，各部份發生故障的百分比，大致如下所示：

線路部份(包括降壓變電所)	74%
發電廠電的設備部份	14.6%
火力和水力發電廠動力設備部份	11.4%

其中最容易發生和最危險的，就是各種短路故障。發生短路故障基本原因是由於設備的絕緣破壞所引起的。通常有由於過電壓，直接雷擊，絕緣陳老現象，對設備的管理不够細心，以及直接受到機械力的損壞，例如地下工作時對電纜的破壞等等原因所引起。短路故障的影響可分為下面幾種：

- (1) 在系統內某部分電壓大量的下降，影響電力用戶的正常工作；
- (2) 在絕緣破壞地方，發生由短路而引起的電弧，能燒損一些發生故障的設備；
- (3) 因為短路電流可能很大，它的熱效應，能影響電力系統未發生故障的部份，它的機械力的作用，能破壞一些設備；

(4) 影響發電機並列運行的穩定性。

繼電器的作用是當電力系統內發生各種故障時，迅速切斷故障部份，制止事故的漫延；或對值班人員發出信號，引起值班人員的注意。

隨着大電力系統的建立，可能發生故障的機會勢必增加，可能造成的影響範圍勢必擴大；因此繼電器保護設備的性能，必須隨之改進。我們國家已提出無事故運行的要求，所以我們應該面對着事故作鬥爭。安全運行在於設計人員、按裝人員和運行人員的努力掌握這點。

繼電器的基本要求，必須具備下列條件的一部分或全部。這些條件包括：(1) 可靠性，(2) 選擇性，(3) 敏感性和(4) 動作迅速。

可靠性 繼電器必須具備能區別正常和不正常情況的性能，保證不發生誤動作，準確而可靠。

選擇性 系統內發生故障時，只允許發生故障部份的繼電器發生動作；其他部份的繼電器不應該動作，保證電力系統未發生故障部份的正常運行和供電。

敏感性 有時在長距離的輸電線路上發生故障時，短路電流小於正常電流，必須使用特殊繼電器，對於故障電流具有特定的敏感性能，才能達到切斷故障的要求。

動作迅速 儘可能減少切斷故障所需的時間，因為故障存在的延續，影響到系統內發電機並列運行的穩定性。隨着電力系統規模的擴大，為了保證系統並列運行的穩定性，高速繼電器和高速斷路器的應用，是非常必要的。

(1.3) 繼電器的分類

輸電線和配電線的故障，普通為線間短路或接地；至於發電機、變壓器和電動機等機器，除線間短路和接地故障外，還有電壓上昇、溫度

上昇和層間短路等故障。對於不同的故障，需要不同的保護方式，因此對於繼電器性能的要求亦不同，所以繼電器的種類亦很多。

(一)從構造上分類

(1) 杵型繼電器，在線圖中裝有軟鐵心，由於鐵心動作，能使接點動作。

(2) 感應型繼電器，在交流磁場中，裝置可以轉動的金屬圓盤，由於感應作用，使圓盤旋轉，閉合接點而發生動作。

(3) 熱型繼電器，利用熱脹原理，使接點動作。

(4) 瓦斯繼電器，利用膨脹氣體，使接點動作。

(二)從機能上分類

(A) 單一動作式繼電器（非方向性繼電器），由於電流、電壓、電力、溫度或頻率等的不正常現象，使繼電器發生動作。要求接點在一定方向的單投接觸。

(1) 過流繼電器，當電流超過預定數值時，發生動作。

(2) 過壓繼電器，當電壓超過預定數值時，發生動作。

(3) 欠壓繼電器，當電壓降低到預定數值以下時，發生動作。

(4) 電力繼電器，當功率超過或小於預定數值時，發生動作。應該有過量電力繼電器和欠量電力繼電器的區別，習慣上都通稱為電力繼電器。

(5) 溫度繼電器，當機器溫度超過預定數值時，發生動作。

(6) 頻率繼電器，當頻率超過預定數值時，或降低到預定數值以下時發生動作。有高頻率繼電器和低頻率繼電器的區別。

(7) 逆電力繼電器，當功率輸送方向和預定方向相反時，發生動作。

(8) 逆相繼電器，當相位逆轉時，發生動作。

(9) 衡相電流繼電器，當各相不平衡現象超過一定限度，或一相斷路時，發生動作。

(10) 距離繼電器，由過量的電流而發生動作。繼電器的動作時間和繼電器距故障點的距離成正比。

(11) 差動繼電器，當電流差額、電壓差額或功率差額，超過預定數值時，發生動作。

(12) 閉鎖繼電器，由於閉鎖繼電器發生動作以後，能保證其他繼電器雖在某特定電流值或電壓值的時候，也不能動作。

(13) 補助繼電器，幫助其他繼電器，完成一定動作。

(B) 雙重動作式繼電器（方向性繼電器），並行兩迴路的選擇保護中，由於對於繼電器的電壓和通過繼電器的電流的相位關係；或由於通過繼電器的兩個電流的相位關係，使它發生動作。要求繼電器的動作接點有選擇方向的雙投接觸。

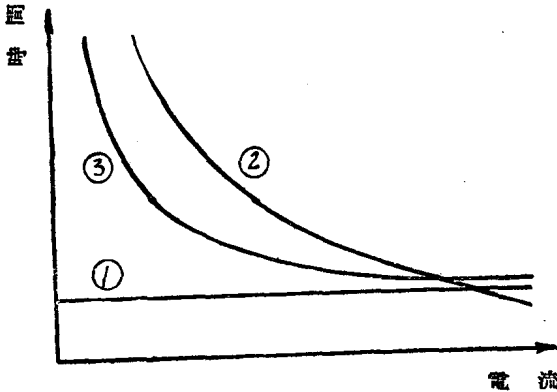
- (1) 電力方向性繼電器，以電壓為基準，根據兩迴路差電流的方向，決定動作方向。
 (2) 電流差動繼電器，以兩迴路電流的大小和相位關係，決定動作方向。

(三) 從保護故障的種類上分類

- (1) 短路繼電器。
 (2) 接地繼電器。
 (3) 溫度繼電器。
 (4) 逆相繼電器。
 (5) 其他。

(四) 從動作時間上分類

- (1) 瞬時繼電器，不論故障程度如何，接點迅速閉合。
 (2) 定時限繼電器，圖 1.1 表示繼電器的動作時間和通過繼電器的電流的關係，該圖中曲線①表示定時限繼電器，就是說，不論故障程度如何，接點經過一定時間後才閉合。



- ① 定時限繼電器
 ② 反時限繼電器
 ③ 有限的反時限繼電器

圖 1.1

(3) 反時限繼電器，圖 1.1 中曲線②表示反時限繼電器，即故障電流愈小，接點閉合所需的時間愈長，也就是說，繼電器的時限作用愈長。

(4) 有限的反時限繼電器，圖 1.1 中曲線③表示有限的反時限繼電器，就是

脫，對於一定程度以內的故障，具有反時限的特性；對於超過一定程度的故障，具有定時限的特性。

(5) 聯鎖繼電器，由預定數次連續動作，才能使接點閉合。

(6) 高速度繼電器，動作時間很短，常在一個或兩個週波以內。

本書討論範圍僅限於系統的短路、差動和接地保護有關的和目前最常見的一些繼電器。其他如溫度繼電器和瓦斯繼電器，雖然亦很重要，但這些繼電器保護個別電機，和系統的聯繫關係較少，只有有機會看到實際的繼電器，也就不難研究出它們的構造和動作原理。對於這些繼電器本書不加討論。

第二章 感應型繼電器的構造和原理

(2.1) 感應型繼電器的構造

應用最廣的感應型繼電器常為圓形，外部用玻璃罩蓋着，內部機件可以自玻璃中看到，也有做成長方形式的。感應型繼電器的構造和仟瓦小時計相似，它的主要部分有電磁鐵，永久磁鐵，鋁質圓盤和接點裝置。電磁鐵的主線圈常聯結於變流器的二次電路上，此變流器和被保護電路串聯。鋁質圓盤裝於有寶石軸承的轉軸上，當主線圈內電流到達一定程度，使圓盤上發生轉矩超過彈簧的控制轉矩時，該圓盤能在電磁鐵的磁極間轉動。永久磁鐵能控制圓盤的轉速，接通斷路器脫扣線圈的一個接點，就裝在轉軸上，當圓盤旋轉一定行程，能使該接點碰到另一個固定接點，使得脫扣線圈激磁而打開斷路器。

有時圓盤轉軸上裝有減速齒輪，電磁設計亦略不同，所需能量較小，稱為微能式繼電器。沒有這種減速齒輪裝置，稱為普通或標準電能式繼電器。我國有些工廠出品的普通電能繼電器，所需功率約3瓦。

主線圈有許多分接頭，接到繼電器上部電流端子板上。改變電流端子上插塞位置，可以改變主線圈的有效匝數，亦就是改變繼電器所需最小動作電流。改變電流插塞時，常用兩個插塞，先將備用的一個插塞，插入要改變的新分接頭的插孔內，然後將原來插塞拔去；用這樣的方法，可以避免變流器二次側斷路所引起的危險。我國有些廠家的出品也有採用一個插塞，改變所需動作電流時，可直接將插塞拔出再插入新分接頭的插孔內；它的構造，當插頭拔出時，所需動作電流能自動落到某

一動作電流的數值上,不會開斷變流器的二次側。

可動接點和固定接點間,有着一定的距離;圓盤必須經過相當行程以後,才能接通脫扣線圈的電路,所以感應型繼電器有延時的性能。接聯可動接點裝一調時桿,此桿可在標度板前移動,該標度板常分為10等分或11等分。移動調時桿,可改變可動接點的位置和彈簧的拉力,亦就是改變可動接點和固定接點間的距離;因此可以改變繼電器的動作時間。我國有些廠家出品的繼電器的標度板上的刻度,直接以最小時滯所需的秒數表示之,如0.2秒至3.0秒等。

(2.2) 偏相位式——感應型繼電器的動作原理

如圖2.1(a)所示,主線圈繞在繼電器圓盤下面的鐵心上,此鐵心上同時繞有副線圈。極線圈繞在繼電器圓盤上面的鐵心上,並且和副線

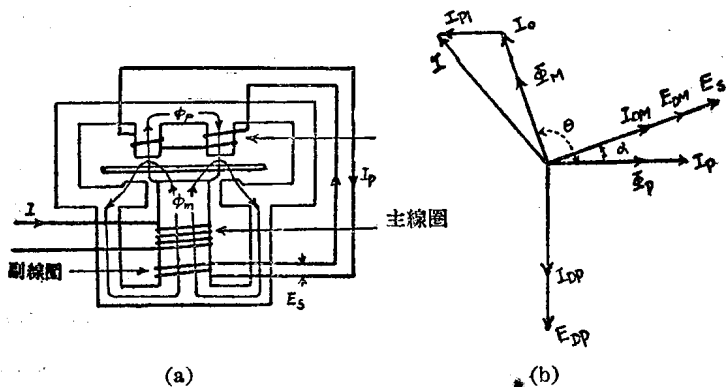


圖 2.1

圈串聯。當主線圈中通以電流 I 時,由於感應作用,在副線圈中產生電壓 E_s ,因此有電流 I_p 流經極線圈。其向量關係如圖 2.1(b) 所示, I_p 滯後 E_s 為 α 度,此處 α 代表由副線圈和極線圈串聯所組合的電路的阻抗角。由 I_p 感應產生磁通 Φ_p , Φ_p 和 I_p 同相。由 I_0 感應產生磁通 Φ_m ,