

浅谈电能质量

介绍了电能质量的主要内容, 相关标准, 针对电能质量存在的问题定性地提出了相应的治理措施, 同时指出了开展电能质量工作的意义。

刘座铭 马晓琴/国网吉林省电力有限公司电力科学研究院
高建平/国网吉林省电力有限公司电力培训中心



刘座铭/高级工程师

0 引言

随着科学技术和生产水平的飞速发展, 特别是电子技术、节能技术和控制技术的极大进步, 在化工、冶金、钢铁、煤炭和交通部门大量使用了各种整流设备, 交直流换流设备和电子调压设备, 同时种类繁多的照明器具、娱乐设备、电子计算机和家用电器已走进城乡的千家万户, 这些电力设备和负载以不规则的组合方式, 随机地在电网中运行, 对电能质量非常敏感, 造成了电力系统中电压、电流波形的严重畸变和三相系统的不平衡。电压、电流发生波形畸变后, 将对供配电系统、用电负载以及周围的电磁场产生危害和影响; 调速电动机和无功补偿装置的大量投入运营使得电网中电压和电流波形畸变越来越严重, 导致系统谐波水平不断上升, 从而对电力系统的安全运行产生影响; 另外, 冲击性、波动性负荷, 例如电弧炉、大型轧钢机和电力机车等, 运行中不仅会产生大量的高次谐波, 而且还会产生电压波动、闪变和三相不平衡等电能质量问题。与此同时, 随着各种复杂的、精密的以及对电能质量敏感的用电设备不断普及, 人们对电能质量的要求越来越高, 因此电力用户不断增长的电

能质量意识及高新技术对电能质量的要求更高, 迫使电力公司提高供电质量, 设法解决诸如电压中断、电压跌落和开关暂态等电能质量问题。

电能质量的好坏主要取决于技术和管理两个因素, 而这两个因素又取决于人们对电能质量的重视程度。电能质量的好坏直接影响社会生产、生活的各个方面, 提供和维护高品质的电力能源, 不仅是电力部门的责任, 也是全社会共同追求的目标。随着电力系统技术的不断发展, 频率偏差及电压偏差这两方面的电能质量问题在电网中几乎不存在, 因此, 主要从公用电网谐波、电压波动和闪变、三相电压不平衡与治理以及电能质量管理这几方面谈谈电能质量。

1 电能质量的主要内容

1.1 公用电网谐波

谐波是供电系统基波频率整数倍频率的正弦电压或电流, 由于供电系统中大量采用非线性电气设备, 例如晶闸管整流装置、电弧设备、电气化机车和变压器等都是高次谐波的电流源, 它们接入电网后, 将使系统母线电压产生畸变。高次谐波会使发电机端电压波形产生畸变, 从而降低供电电压质量; 谐波会引起供电线路损耗增加, 损坏电气设备、降低供电可靠性, 还会干扰和破坏控制、测量、保护、通信和家用电器的正常工作, 谐波还会加快旋转电动机、变压器、电容器和电缆等电气元件中绝缘介质的电离过程, 使其发热绝缘老

关键词/Keywords

电能质量 ·
标准 ·
治理措施 ·

化,寿命降低。

1.2 电压波动与闪变

电压波动是指电压快速变动时其电压最大值和最小值之差相对于额定电压的百分比,即电压方均根值一系列地变动或连续地改变。闪变即灯光照度不稳定造成的视感,是由波动负荷,如炼钢电弧炉、轧机和电弧焊机等引起的,对于起动电流大的笼型感应电动机和异步起动的同步电动机也会引起供电母线的快速、短时的电压波动,因为它们起动或电网恢复电压时的自起动电流流经网络及变压器,会使各元件产生附加的电压损失。急剧的电压波动会引起同步电动机的振动,影响产品的质量、产量,造成电子设备、测量仪器仪表无法正常地工作;电压闪变超过限度值将使照明负荷无法正常工作,且会损害工作人员身体健康。

1.3 三相不平衡

三相不平衡是由不平衡的相阻抗、不平衡的负荷或两者的组合引起的。由于导线分布的不对称,典型的非线性负载,如铁道电力机车、炼钢电弧炉都会产生严重的负序分量。负序和零序分量的存在会对电力设备的运行产生以下影响。

1) 凸极式同步电动机对负序分量存在很强的谐波变换效应,三相不平衡会导致同步电动机产生电力谐波,污染电力系统的运行环境。

2) 负序电流流入同步电动机或异步电动机,会使电动机因产生附加损耗而过热,产生附加转矩而降低使用效率。

3) 对直流输电的换流器来说,三相不对称不仅会增加控制的困难,还会导致非特征谐波的产生。

4) 零序电流的存在会对邻近的通信线路产生很强的干扰。

2 电能质量相关标准

我国迄今为止已颁布了电能质量主要指标5项,其中包括GB/T 15945—2008《电能质量 电力系统频率偏差》、GB/T 12325—2008《电能质量

供电电压偏差》、GB/T 14549—1993《电能质量 公用电网谐波》、GB/T 12326—2008《电能质量 电压波动和闪变》和GB/T 15543—2008《电能质量 三相电压不平衡》。

2.1 公用电网谐波

公用电网谐波电压(相电压)限值如表1所示。

表1 公用电网谐波电压(相电压)

标称电压/kV	总谐波畸变率	奇次(%)	偶次(%)
0.38	5.0	4.0	2.0
6	4.0	3.2	1.6
10			
35	3.0	2.4	1.2
66			
110	2.0	1.6	0.8

衡量点为PCC,实测值取95%概率值。GB/T 14549—1993中还规定了公共连接点的谐波电流允许值及用户谐波电流允许值的计算方法,对测量方法和测量仪器作出了相应的规定,对同次谐波的合成提供了算法。

2.2 电压波动和闪变

电压波动和闪变的限值如表2、表3所示。

表2 电压波动限值

r /(次/h)	d (%)	
	LV、MV	HV
$r \leq 1$	4	3
$1 < r \leq 10$	3*	2.5*
$10 < r \leq 100$	2	1.5
$100 < r \leq 1\,000$	1.25	1

注:1. 很少的变动频度(每日少于1次),电压波动限值 d 还可以放宽,但不在本标准中规定。

2. 对于随机性不规则的电压波动,如电弧炉负荷引起的电压波动,表中标有“*”的值为其限值。

3. 参照GB/T 156—2007,本标准中系统标称电压 U_N 等级按以下划分:低压(LV), $U_N \leq 1\text{ kV}$;中压(MV), $1\text{ kV} < U_N \leq 35\text{ kV}$;高压(HV), $35\text{ kV} < U_N \leq 220\text{ kV}$ 。对于220 kV以上超高压(EHV)系统的电压波动限值可参照高压(HV)系统执行。

表3 闪变限值

电压等级	$\leq 110\text{ kV}$	$> 110\text{ kV}$
限值	1	0.8

波动负荷单独引起的闪变值根据用户负荷大小、其协议用电容量占总供电容量的比例及电力系统公共连接点的状况,可按三级不同的规定进行处理,GB/T 12326—2008中还规定了电压波动的测量与估算、闪变的测量与计算以及闪变的叠加与传递的计算方法。

2.3 三相电压不平衡

电力系统公共连接点电压不平衡限值为:电网正常运行时,负序电压不平衡度不超过2%,短时不超过4%;接于公共连接点的每个用户引起该点负序电压不平衡度允许值一般为1.3%,短时不超过2.6%,根据连接点的负荷状况以及邻近发电机、继电保护和自动装置安全运行的要求,该允许值可作适当变动。GB/T 15543—2008中还对用户引起的电压不平衡度允许值换算、不平衡度的测量和取值作了相应规定。

3 相应的治理措施

3.1 电压波动与闪变

大部分用于改善和提高电能质量的补偿装置都具有抑制电压波动与闪变的功能,如静止无功补偿器(SVC)、有源滤波器(APF)、动态电压恢复器(DVR)以及配电系统电能质量统一控制器。另外,灵活交流输电系统(FACTS)也能抑制电压波动和闪变。该系统通过控制电力系统的基本参数来灵活控制系统潮流,使输送容量更接近线路的热稳极限,能提高输电系统输送容量。目前主要的FACTS有:静止无功补偿器(STATCOM)、晶闸管投切电容器(TSSC)和可控串联补偿电容器(TCSC)等。在10 kV以上系统中,通过FACTS改变线路电抗能减小电压波动,特别是并联补偿装置STATCOM,通过与系统进行无功功率交换,以维持线路电压恒定,因此是抑制系统电压波动、闪变和提高系统稳定性的有力工具。

3.2 公用电网谐波

针对谐波的产生和传播的特点,可能的解决方法有以下几种。

1) 改善供电结构。选择合理的供电电压,并尽可能保持三相电压平衡。尽量将产生大量谐波的非线性负荷与基本上不产生谐波的用电设备分在不同供电母线上。因为将多个谐波源接于同一段母线上,利用谐波的相互补偿作用可降低电网谐波含量。

2) 装设滤波器。滤波器通常安装在非线性负荷侧母线上,使其固有频率按要求和某些特征频率共振,从而吸收大部分谐波源注入电网的谐波电流。滤波器可分为有源滤波器和无源滤波器两大类。无源谐波抑制装置由滤波电容器、电抗器和电阻器组合而成,与谐波源并联,除滤波作用外,还兼顾无功补偿的需要。由于其结构简单、投资少、运行可靠性较高以及运行费用较低,至今仍是谐波抑制的主要手段。有源滤波器产生一个与谐波电流大小相等而极性相反的补偿电流,使电网电流只含基波分量,补偿性能好,但容量大、成本高。

3) 装设静止无功补偿装置对大型电弧炉及晶闸管控制的轧钢机等非线性设备,由于其负荷具有冲击性和随机性,因此宜装设能吸收动态谐波电流的静止无功补偿装置,提高供电系统承受谐波的能力。

4) 对于大容量的电力设备,特别是大容量的电容器组,回路内增设限流装置或串联电抗器,以抑制电力谐波的产生。

5) 对容量在100 kV·A及以上整流装置和非线性设备的用户,必须增设分流滤波装置,就近吸收电力谐波。

6) 换流装置是供电系统的主要谐波源之一,可以采用增加换流装置的相数,有效地消除幅值较大的低频项,从而大大降低谐波电流的有效值。

7) 增加中性线容量。中性线因谐波电流的影响可能产生超过相线的电流,如果通过理论计算或实测的中性线谐波电流较大时,就必须增大中性线容量。

8) 采用Dyn11接线组别的变压器。采用Dyn11接线组别的配电变压器,由于三次谐波电流可在D接线高压绕组的闭合回路流通,所以相电压中没

有三次谐波分量，这样就抑制了高次谐波电流，从而达到使中性线中谐波电流减小的目的。

3.3 三相电压不平衡

三相电压不平衡主要的解决办法是尽量使系统供电外电路相阻抗和负荷尽量保持平衡。

4 电能质量的管理工作

随着电力电子装置的广泛应用,电网的电能质量问题日益严重,需对电能质量的管理工作进一步加强,大力开展电能质量测量、监测、分析和治理等方面的工作。从管理上可采取以下措施。

1) 充分认识电能质量对电网的影响, 建立健全的谐波管理体系, 组织专业管理队伍, 对谐波进行专业管理, 开展谐波专业分析与治理。

2) 普及电能质量管理知识, 加强标准和相应规范的宣传贯彻。要充分认识到, 电能质量的治理不只是供电企业的责任, 而是电力企业和用户的共同责任, 减少电网污染, 提高电能质量, 对双方都有较大的潜在利益。这是一项互惠互利、节能增效, 保证电网和设备安全稳定运行的举措。

3) 主管部门对所辖电网进行系统分析、正确测量,以确定谐波源位置和产生的原因,为谐波治理准备充分的原始材料。在谐波产生起伏较大的地方,可设置长期观察点,收集可靠的数据。评估电力用户的用电设备是否产生了超标的谐波污染。

4) 严格业扩报装审批手续，对新上用户设备的负荷特性严格审查，非线性负荷用电设备接入电网前要进行电能质量评估工作，对消谐装置要组织验收，如果验收不合格，不允许通电；通电后要进行电能质量实测，如果实测超标，不允许

该非线性负荷接入电网运行。

5) 严格贯彻执行有关电力谐波的国家标准，加强管理。用户注入电网的谐波电流超过规定标准时，用户必须采取措施消除；否则，供电企业可中止对其供电。

6) 已经投产谐波源的遗留问题要按照“谁污染, 谁治理”的原则认真处理, 在大容量非线性用户入网侧要加装谐波监测装置, 对不履行供用电协议的可停止供电, 对电网及其他用户造成严重经济损失的由造成电能质量不合格的谐波源用户负责赔偿。

5 结束语

改善电能质量对于电网的安全、经济运行，保障工业产品质量和科学试验的正常进行以及降低能耗等均有重要意义。电能质量直接关系到国民经济的总体效益。良好的电能质量无疑对电气设备的运行是有利的，但恶劣的电能质量对电力系统运行的不利影响并没引起人们足够的重视，目前许多用户对电能质量的危害也没有引起足够的重视，往往认为电能质量治理是电力部门的事情，是一种单边行为。就此而言，作为电力归口管理部门有必要加强电能质量治理方面的宣传，强调电能质量治理的重要性和投资回报。在对电能质量准确测量的基础上，提出适合用户的治理方案。

电能质量治理是综合治理过程，是改善供电品质的重要手段。电能质量的治理工作不仅能够改善整个网络的电力品质，同时也能延长用户设备使用寿命，提高产品质量，降低电磁污染环境，减少能耗，提高电能利用率。

(收稿日期: 2016-01-10) EA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 104

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告