

Roman Malarić^I

Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i
računarstva
roman.malaric@fer.hr

Melita Turković^{II}

Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i
računarstva
melita.turkovic@fer.hr

Petar Mostarac^{III}

Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva
petar.mostarac@fer.hr

UNIVERZALNI GALVANOMETAR SIEMENS&HALSKE – PRVI INSTRUMENT AKADEMIKA LONČARA

Sažetak: U ovom radu opisati će se mjerni instrument *Univerzalni galvanometar* proizvođača Siemens&Halske koji je Josip Lončar kupio 1922. godine i uveo u Inventarnu knjigu Laboratorija za električna mjerenja. Ona broji ukupno 630 mjernih uređaja i pomoćne opreme, a pod rednim brojem 1. nalazi se upravo Univerzalni galvanometar, uređaj proizveden 1897. godine. U radu će se opisati sam mjerni uređaj, njegova izumitelja dr. August Rapsa te uporaba tog uređaja u laboratorijskim vježbama i eksperimentalnom radu Josipa Lončara prikazana u Lončarevim laboratorijskim dnevnicima i ostalim materijalima.

Ključne riječi: Josip Lončar, Električna mjerenja, univerzalni

galvanometar

Uvod

Visoka tehnička škola osnovana je 1919. godine u Zagrebu čime je pokrenuta visokoškolska nastava iz područja tehničkih znanosti s predviđenim odjelima: građevinsko-inženjerski, zgradarski, strojarski i elektrotehnički, kemičko-tehnički i brodograđevni i brodstrojarski odjeli. Prvi „elektrotehničarski“ zavod osnovan na Tehničkoj visokoj školi (TVŠ) je Laboratorij za električka mjerenja (kasnije preimenovan Zavodom za osnove elektrotehnike i električka mjerenja) 1924. godine, a predstojnik je postao Josip Lončar, tada honorarni docent na TVŠ. Iz sačuvane inventarske knjige koju je Lončar vlastoručno ispunjavao sve do šezdesetih godina, vidljivo je da je Lončar krenuo sa nabavom opreme i prije samog osnivanja Laboratorija. Inventarna knjiga broji preko **630** instrumenata i pomoćne opreme! Prvi upisani instrument je Univerzalni galvanometar proizvođača Siemens & Halske kupljen već 1922. godine, čak dvije godine prije osnivanja samog Laboratorija.

Univerzalni galvanometar Siemens&Halske i njegov izumitelj August Raps

Univerzalni galvanometar na tržištu se pojavio 1897. godine i zadržao sve do tridesetih godina 20. stoljeća. Proizvođač je bila tvrtka Siemens & Halske, a izumitelj dr. August Raps. Raps je bio njemački fizičar i izumitelj, puno poznatiji po Rapsovim kompenzatorima (slika 1) koji su također dio povijesti FER-a, a posebno Zavoda za osnove elektrotehnike i električna mjerenja (ZOEM). Rad Rapsovog kompenzatora je Lončar detaljno opisao u svojoj knjizi *Električna mjerenja*.



Sl. 1. Rapsov kompenzator, u šezdesetim i sedamdesetim godinama jedan od najvažnijih instrumenata u znanstvenom i laboratorijskom radu Zavoda za osnove elektrotehnike i električka mjerenja

August Raps (slika 2) bio je majstor znanstvene i tehničke umjetnosti i predvodnik njemačke tehnologije. Otac mu je bio slikar pa je vjerojatno oko za estetiku, što se vidi iz dizajna njegovih instrumenata, naslijedio od njega. Usavršavao se kod vrhunskih njemačkih fizičara poput Hermanna von Helmholtza i Augusta Kundta. Radio je, uz mjernu tehniku, na velikom broju različitih projekata poput živine zračne pumpe, spektroskopije, brodske i vojne tehnike, telefonije i telegrafije. Već sa 28. godina dobio je poziciju profesora na tehničkom fakultetu u Dresdenu, ali na poziv Wernera von Siemens pridružio se njegovoj tvrtki gdje je uz razvoj brojnih inovativnih proizvoda napredovao i u upravljanju tvrtkom pa je tako postao i član Uprave tvrtke Siemens & Halske. Svojom rijetkom mješavinom tehničkih vještina i ekonomskog razumijevanja, dr. Raps je uspio proširiti raznolikost proizvodnog programa tvrtke pa se u njegovo vrijeme tvrtka povećala sa 1500 radnika na 15. 000 radnika i značajno prostorno proširila.

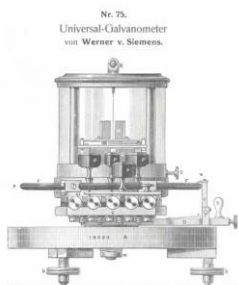
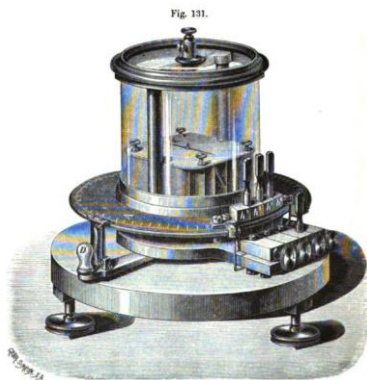


Sl. 2. August Raps

U arhivi Josipa Lončara nisu pronađene nikakve upute za rad sa galvanometrom, a nažalost niti upute za laboratorijsku vježbu u kojoj se navedeni instrument koristio. Prilikom istraživanja digitalnih arhiva pronađen je katalog Siemens iz 1906. godine u kojem se pod rednim brojem 96. nudi ovaj galvanometar kao „novi“ galvanometar, jer je „stari“ bio na tržištu već tridesetak godina, od 1868. godine, slika 3. Werner von Siemens je prilikom opisa „starog“ univerzalnog galvanometra objašnjavao u svojim radovima korist takvog instrumenta:

„Mjerenja galvanskih faktora, jakosti struje, otpora i elektromotorne sile baterija zadaće su koje sada više nisu nametnute isključivo fizičarima, već ih također i doista sve češće moraju obavljati telegrafski inženjeri. Ako ovi zadaci već zahtijevaju veliku brigu i oprez, broj aparata i instrumenata, koji su se do sada morali primijeniti u tu svrhu, zabrinjava osobito za inženjere, jer je općenito svaka od spomenutih operacija zahtijevala još jedan instrument posebno konstruiran za nju, koji opet ima svoje vlastite konstante koje treba odrediti ponajprije stručnim pokusima. Bilo je poželjno posjedovati jedan instrument koji

je tako uređen i opremljen potrebnim otporima da može poslužiti povremeno za svaku od tri razmatrane operacije. S ove točke gledišta konstruiran je univerzalni galvanometar koji će biti opisan“^{IV}



Das Universal-Galvanometer wurde im Jahre 1868 konstruiert und war ursprünglich für Telegraphen-Techniker bestimmt. Es stellt ein kompendioses Instrument dar, geeignet für alle galvanischen Messungen und besteht aus einem empfindlichen Nadel-Galvanometer, das mit einer Wheatstone'schen Brücke verbunden ist. Der Brücken-Abzug ist kreisförmig am Rande einer Schieferscheibe angeordnet. Als Zubehör dient ein Nebenschluss zur Verminderung der Galvanometer-Empfindlichkeit auf $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ sowie ein Nebenschluss zum Herabsetzen des kleinsten Vergleichswiderstandes von 10 Ohm auf 1 Ohm.

Literatur: Zeitschrift des Deutsch-Oesterreichischen Telegraphen-Vereins, Band 15, S. 1; W. v. Siemens, Wissenschaftliche und technische Arbeiten, 2. Auflage, II, S. 276–285; Druckschrift von Siemens & Halske, 1863, 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.

Das Instrument wurde bis zum Jahr 1900 geliefert.

Nr. 96.
Neueres Universal-Galvanometer.



Dieses Universal-Galvanometer von A. Raps ist aus dem älteren Universal-Galvanometer von Werner Siemens (Nr. 75) entstanden und stellt eine Verbindung des Siemens & Halske'schen Präzisions-Milli-Volt- u. Amperemeters (Nr. 120) mit einer Wheatstone'schen Brücke dar, deren Brückendraht kreisförmig am Rande einer Schieferscheibe

angeordnet ist. Die Vergleichswiderstände: 1, 10, 100, 1000 Ohm sind als Stöpselwiderstände mitgebracht und können zugleich als Vorschaltwiderstände für Spannungsmessungen bis 150 Volt verwendet werden. Das Instrument gestattet direkte Ablesungen von Strom-, Spannungs- und Widerstandswerten. Die für die Messungen notwendigen Eichenholzplatten sind auf der Deckplatte eingetitzt.

Literatur: Elektrotechnische Zeitschrift, 1897, S. 197 ff.; Druckschrift 36 von Siemens & Halske.

Dieses Instrument wird seit 1897 geliefert.

Sl. 3. Slijeva nadesno: Stari (1868) i novi (1897) univerzalni galvanometar iz publikacija Siemens i Halskea (katalog Siemens Halske iz 1906. i cjenik iz 1912. godine)

Korisna informacija iz kataloga je i literatura iz koje je vidljivo da je novi instrument opisan u časopisu Elektrotechnische Zeitschrift iste te 1897.godine, slika 4.

^{IV} Journal of the Deutsch-Oesterr, Telegraphen, Vol XV, page 1, 1868

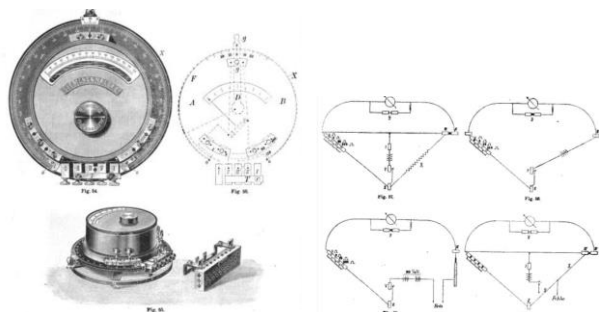
VEREINSNACHRICHTEN.
Angelegenheiten des Elektrotechnischen Vereins.

III.
Vorträge und Besprechungen.

**Ueber ein Universalregistriinstrument,
 über ein neues Universalgalvanometer und
 über einen Isolationsmesser von**
Siemens & Halske.

Vortrag, gehalten in der Sitzung des Elektrotechnischen Vereins am 24. November 1896 von
Dr. A. Raps.

M. H.: Ueber die grosse Bedeutung, welche die Registririnstrumente in der Elektrotechnik immer mehr erlangen, brauche ich hier wohl nicht viel Worte zu verlieren; es sei nur an



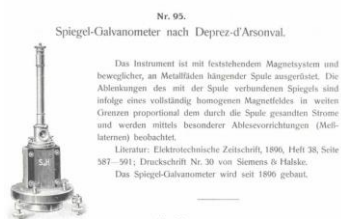
Sl. 4. Izvadci iz znanstvenog rada Augusta Rapsa o novom univerzalnom galvanometru 1897. godine objavljenom u časopisu Elektrotechnische Zeitschrift a) naslov rada b) fotografija instrumenta c) različite mjerne sheme

Dr. Raps u istom radu objašnjava prednosti tog „novog“ galvanometra u odnosu na „stari“. U tom objašnjenju se može saznati s kakvim su se poteškoćama morali suočavati inženjeri u 19. stoljeću da izmjere jednu od osnovnih mjernih veličina u elektrotehnici, a koje se danas bez puno poteškoća mogu izmjeriti sa „plug and measure“ instrumentima. Dr. Raps tako piše o nedostacima starog instrumenta koji su riješeni novim instrumentom:

„*Drugi instrument koji bih vam ovdje želio prikazati je novi univerzalni galvanometar tvrtke Siemens & Halske. Svatko od vas je vjerojatno radio sa starim univerzalnim galvanometrom koji je također vrlo koristan instrument s kojim se, unatoč njegovom vrlo kompliciranom načinu mjerenja, mogu izmjeriti slabe i jake istosmjerne struje. Činjenica da se ovaj instrument više ne koristi vjerojatno je iz razloga njegovog dugotrajnog i kompliciranog postavljanja. Budući da instrument ima astatične igle koje su obješene na svilenu nit, instrument se mora prije uporabe točno postaviti prema vertikali kao i prema magnetskom meridijanu. Osim toga, svilena nit vrlo lako puca; stoga se mora ugraditi brava. Na vrlo osjetljivi par igala također se lako može utjecati izvana, tako da je mjerenje vrlo teško ili nemoguće provoditi u blizini željeznih masa, magneta ili struja. Prigušenje instrumenta također je vrlo slabo, što znatno usporava mjerenje. Instrument ne dopušta izravna očitavanja; rezultat se mora dobiti izračunom ili očitati iz tablice dok se kod novijih instrumenata rezultat može odmah očitati što znatno olakšava korištenje instrumenta. Mjerenje napona kompenzacijskom metodom zahtijeva etalon napona i dugotrajne proračune. Kod mjerenja jakosti struje instrument se mora koristiti kao sinusna sabirница, što također dovodi do tako komplicirane metode mjerenja i proračuna da su se mjerenja struje univerzalnim galvanometrom vjerojatno rijetko provodila. Novi univerzalni galvanometar tvrtke Siemens & Halske izbjegava sve te pogreške.*

Tu treba napomenuti da je za mjerenje struje starim galvanometrom dr. Siemens 1868. u svom opisu naveo „*Za mjerenje jakosti struja instrument se jednostavno koristi kao sinusni galvanometar*“, tako da je za mjerenje struje istim instrumentom od jednostavnog korištenja do komplicirane metode mjerenja i proračuna istim instrumentom prošlo tridesetak godina. Dr. Siemens za mjerenje napona starim instrumentom navodi sljedeće: „*Mjerenje E.M.F. provodi se prema prof E. du. Bois-Raymondovoj modifikaciji Poggendorfove metode kompenzacije, u kojoj žica mosta služi kao Agometar*“. Neka čitatelj ovog teksta pokuša razumjeti tu metodu mjerenja! Za mjerenje otpora dr. Siemens navodi: „*Kako bi se mogli mjeriti veliki i mali otpori s vrlo velikom točnošću, dodane su vrijednosti od 1, 10, 100 Siemensovih jedinica (ponekad 10, 100, 1000 S.U.). Odabir ovih vrijednosti čini se tim više opravdanim, jer je u ljeto ove godine na međunarodnoj konferenciji održanoj u Beču Siemensova jedinica za otpor službeno međunarodno prihvaćena*“. Iako se kratkotrajno za jedinica otpora koristio naziv Siemens, kasnije je jedinica ipak dobila ime po Ohmu, a Siemens je zaslužen dobio jedinicu za električnu vodljivost.

Akademik Lončar je vrlo brzo kupio i zrcalni galvanometar (slika 5) naveden u katalogu ispred „novog“ univerzalnog galvanometra pod rednim brojem 95.



Sl. 5. Zrcalni galvanometar u ponudi tvrtke Siemens&Halske 1906. godine i instrument u Središnjoj knjižnici FER-a

Već sam naziv instrumenta zbunjuje jer termin *galvanometar* npr. prema Hrvatskoj enciklopediji ali i drugim izvorima i literaturi označava „*osobito osjetljiv mjerni električni instrument koji služi za mjerenje vrlo slabih struja i napona*.“ Međutim Lončarev univerzalni galvanometar mjeri struje do 30 mA, sa poredbenim otporima do 30 A, napon do 150 V, može se spojiti u Wheatstoneov most s kliznom žicom i mjeriti otpor od 30 mΩ do 30 kΩ, te može mjeriti i otpor izolacije do 1 MΩ sa vanjskim izvorom napajanja od 110 V. Danas bi se na temelju mjernih karakteristika takav instrument prije nazvao „Univerzalni instrument“, ili multimetar nego univerzalni galvanometar. Josip Lončar je

galvanometar kupio od tvrtke Jugoslavenski Siemens, AG (nakon II. svjetskog rata tvrtka se razvila u Končar), koja je bila zastupnik njemačkog proizvođača Siemens&Halske. Uz instrument Lončar je kupio i poredbene otpore i to za 0,75 A, 3 A, 7,5 A i 30 A, a to su stavke u inventarskoj knjizi od 2-5. Lončar je stavke 1-5 u kasnijim zabilješkama vodio kao komplet univerzalnog galvanometra. Račun za univerzalni galvanometar je od 19. rujna 1922. godine (slika 6), a za poredbene otpore od 27. ožujka 1922. godine, što bi moglo sugerirati da su poredbeni otpori bili dostupni odmah, a da se univerzalni instrument čekao nekoliko mjeseci, moguće i zbog duge liste čekanja.

Inventar laboratorija

Red. br.	Naznačenje i opis predmeta	Broj kom.	Cijena	Opaska
1	Univerzalni galvanometar Siemens & Halske L. No 17040 s priključnom napravom za poredbene otpore do 30 A. sa sandučićem	1	12.470,-	Op. 1-14: Vrijed. vrste Jugosl. Sim. d. 2. od 15.492. br. 107941 Din.
2	Poredbeni otpor za mjerenje struje do 0,75 A.	1	420,-	Op. 1-9. Sim. 446415 po tečaju: 100 MK - Sim. 2825 (27. III. 1922.)
3	Poredbeni otpor za mjerenje struje do 3 A.	1	420,-	
4	Poredbeni otpor za mjerenje struje do 7,5 A.	1	545,-	
5	Poredbeni otpor za mjerenje struje do 30 A.	1	610,-	Op. 10-14. Sim. 179125 po tečaju 100 MK. = 2825 Din. (22. III. 1922.)
6	Čepovi poredbeni otporom do 170 A.	1	420,-	

Sl. 6. Inventarska knjiga Laboratorija za električna mjerenja, br. 1. stranica 1, redni br. 1.5. Univerzalni instrument Siemens&Halske

Cijena uređaja sa priključnom napravom za poredbene otpore i sandučićem iznosila je 12.470 dinara, a uz sam instrument nabavljena je i dodatna oprema, posebno shuntovi (ili poredbeni otpori kako ih je Lončar nazivao) te čepovi za mjerenje struje do 30 A u vrijednost 2.840 dinara. Ukupna je cijena takvog kompleta iznosila 15.310 dinara. Konverzijom u dolar prema tadašnjem tečaju, može se izračunati da je cijena uređaja iznosila oko 164 dolara. Uračunavši stopu inflacije, današnja cijena uređaja bila bi oko 3000 dolara. Za usporedbu, u vrijeme kupnje tog uređaja cijena popularnog Fordovog 5-Touring modela je iznosila 393 dolara.



Sl. 7. Ford T-touring model iz 1922. godine

Univerzalni instrument u laboratorijskim vježbama na predmetu Električna mjerenja kod Josipa Lončara

Josip Lončar je već 1923. godine krenuo sa organizacijom nastave iz predmeta Električna mjerenja, a uz predavanja organizirao je i vježbe, pa je razumljivo da je za svoju prvu vježbu koristio Univerzalni galvanometar S&H i to u spoju za Wheatstoneov most, slika 9c. Ta vježba se održala preko 50 godina na broju 1. popisa laboratorijskih vježbi iz Električnih mjerenja. Tako npr. u pronađenoj ostavštini Josipa Lončara za akademsku godinu 1938/39 može se vidjeti organizacija laboratorijskih vježbi ali i informacija da je zajednička laboratorijska vježba br. I Univerzalni instrument spojen kao Wheatstoneov most (slika 8.).

ELEKTRIČKA MJERENJA I - 1938/39									
Pokazivači:	Kalata								
	Polić								
	Moravec								
Zamjenici:	Lipnjak								
	Plenković								
	Krsto								
	Krsto								
Grupe:									
A	Župar								
	Parčev								
	Kemper								
	Rebacz								
B	Rebacz								
	Šimek								
	Ješe								
	Ogala								
C	Božičan								
	Števanović								
	Madžarević								
	Ogorelec								
Grupe:									
D	Flöhl								
	Broszović								
	Eleković								
	Freiberg								
E	Šurjević								
	Febry								
	Sertić								
	Šimunović								
F	Barić								
	Vinković								
	Vilišić								
	Benčević								
Grupe:									
G	Nikolić								
	Tomčić								
	Prpić								
	Sebastian								
H	Sekir								
	Mazanec								
	Baranović								
	Görlisch								
I	Horvat								
	Štolić								
	Ilčić								
	Bošnjaković								
Vježbe radijene po shemi:									
I (zaj. s univ. g. kao Wm.), III i V u tri subote									
Zajm. dobio prekid zbog izbora u Nar. skupšt. itd.									
Nastavljeno u siječnju 1939 ovako: dnel 4. I. zajedni-									
čki (triput 84.00 do 15.20, 15.20 do 16.40, i 16.40 do 18.00)									
vježba IV, zatim vj. VI, te konačno zaokružena (samo pokazano, bez pokusa) tj. I									
onda u dvije subote (po tri puta u 2 grupe) radijeno K i IX+VIII, konačno: jednom									

Sl. 8. Listić s organizacijom laboratorijskih vježbi iz predmeta Električna mjerenja u akademskoj godini 1938./1939 gdje se vidi I vježba

Univerzalni instrument spojen kao Wheatstoneov most



Sl. 9. Univerzalni galvanometar korišten kao Wheatstoneov most na I vježbi kod Josipa Lončara iz predmeta Električna mjerenja (EM) u ak. godini 1938./1939. a) vanjski izgled, b) pogled s gornje strane, c) spoj instrumenta kao Wheatstoneov most za I. vježbu iz EM

Jedna od najpoznatijih fotografija Lončara i njegovih studenata prikazuje profesora Lončara i njegove studente dvadesetih godina prošloga stoljeća (slika 10a), a ako se pažljivije pogleda može se vidjeti kako dvojica studenata s lijeve strane rade s Univerzalnim galvanometrom pod budnim nadzorom akademika Lončara, slika 10b. S obzirom na potrebne proračune dobro bi im došao kalkulator ili mobitel, ali na raspolaganju im je bila samo bilježnica i olovka.

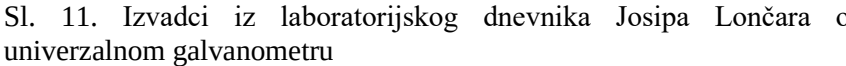


Sl. 10. a) Josip Lončar - četvrti s lijeva sa svojim studentima, b) detalj prikazuje studente koji rade sa univerzalnim galvanometrom

Univerzalni instrument u „zavodskom životu“ kod Josipa Lončara

U svojim je dnevnicima Lončar opisivao rad s instrumentom, različita

2) Popravaki i novo opremanje ruro. galv. I. S.H. (inv. br. 15); Rn Siemens Zof. br. 2355 od 17-5-31 (A) 1800,-



Univerzalni galvanometar kao glavna „zvijezda“ Noći muzeja održanog na FER-u 2025. godine

Univerzalni galvanometar se za potrebe Noći muzeja ponovo pokrenuo u prostorijama Središnje knjižnice u sklopu pokazivačke radionice „Kako su mjerili naši stari“, a studenti i ostala zainteresirana javnost su tom prilikom mogli isprobati kako je to mjeriti na instrumentu starom čitavo stoljeće. Uz sam instrument, posjetitelji su mogli uživati u izložbi koja kontekstualizira povijesni period početka proizvodnje Univerzalnog galvanometra i početka njegova „života“ na Zavodu.



Sl. 12. Univerzalni instrument u „akciji“ na Noći muzeja.



Sl. 13. Profesor Dušan Vujević, Lončarev student i kasniji profesor Mjerenja u elektrotehnici (MUE) objašnjava studentima kako je izgledalo studiranje u njegovo vrijeme.



Sl. 14. Profesori Zavoda za osnove elektrotehnike i električkih mjerenja okupljeni oko instrumenta, slijeva na desno Ivan Leniček, Dušan Vujević, Roman Malarić i Luka Ferković

Zaključak

Kako to uvijek i biva, sjećanja vremenom blijede. Izgubio se trag i instrumentu i zapisima u dnevnicima. Sve do jednog dana kad se pojavio u vitrini Središnje knjižnice Fakulteta, baš u vrijeme pisanja Spomenice za 100 godina Zavoda za osnove elektrotehnike i električna mjerenja. U potrazi za vizualno privlačnim starim instrumentima FER-a, upravo je galvanometar pronašao svoje mjesto na polici vitrine. Ovaj instrument izrađen od mjedi, stakla, škrljevca, manganina i platine izgubivši svoju tehničku i mjernu funkciju u davnim predavanjima i laboratorijskim vježbama profesora Lončara, ožvijen je isprva kao puki dekorativni predmet. Zbog svoje je starosti i ljepote također bio izložen kao jedan od eksponata na izložbi „Zavodske crtice“ u sklopu proslave stogodišnjice spomenutog zavoda. Da kojim slučajem njegov izumitelj August Raps nije naslijedio dar za dizajnom od svog oca slikara i bio majstor znanstvene i tehničke umjetnosti vjerojatno se taj instrument ne bi našao na policama kao eksponat a tada ne bi bilo niti ovog rada. Osim što krasi police, ovaj instrument nikako nije isključivo estetske naravi. Služio je, naime, u obrazovanju brojnih mladih elektrotehničara, a po svojoj složenosti i mogućnostima s pravom bi se mogao nazvati „univerzalnim instrumentom“. S obzirom na njegovu ljepotu, dugu povijest korištenja, svestranost u mjerenju te činjenice kako je upravo on prvi službeno zabilježeni instrument spomenutog Zavoda, a time moguće i cijelog FER-a, u ovom je radu opisana njegova povijest i „zavodski život“.

Literatura:

1. Katalog Siemens 1906 godine

- <https://www.historische-messtechnik.de/downloads/siemens-katalog---deutsches-museum-1906.pdf>
2. August Raps, članak o Univerzalnom galvanometru, *Elektrotechnische Zeitschrift*, 1897. Godina, stranica 196-201
[Elektrotechnische Zeitschrift. ETZ : Verband Deutscher Elektrotechniker : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive](#)
 3. Präzisions-Galvanometer Galvanometro di precision, https://www.radiomuseum.org/r/siemens_praezisions_galvanometer_galvanometro_di.html
 4. Biografija August Raps, <https://dingler.bbaw.de/articles/ar335023.html>
 5. Tehnička visoka škola (1919–26) i Tehnički fakultet (1926–56) u Zagrebu – temelji suvremenoga razvoja tehnike u Hrvatskoj
<https://hrcak.srce.hr/file/321207>
 6. Galvanometar, Hrvatska enciklopedija, <https://enciklopedija.hr/clanak/galvanometar>
 7. Prof. Zlatko PLENKOVIĆ, RAZVOJ I BUDUĆNOST INDUSTRIJE ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA U HRVATSKOJ, <https://www.croatianhistory.net/etf/plenkovic2.html>

UNIVERSAL GALVANOMETER OF SIEMENS & HALSKE – THE FIRST INSTRUMENT OF ACADEMICIAN LONČAR

Summary: The paper describes the measuring instrument *Universal Galvanometer* manufactured by Siemens & Halske, which was purchased by Josip Lončar in 1922 and introduced into the Inventory Book of the Laboratory for Electrical Measurements. The Inventory Book comprises a total of 630 measuring devices and auxiliary equipment, and under the ordinal number 1 there is the *Universal Galvanometer*, a device produced in 1897. The paper presents the measuring device itself, its inventor Dr. August Raps, and the use of this device in laboratory exercises and the experimental work of Josip Lončar as shown in Lončar's laboratory diaries and other supporting documents.

Keywords: Josip Lončar, electrical measurements, universal galvanometer

Roman Malarić, Melita Turković, Petar Mostarac