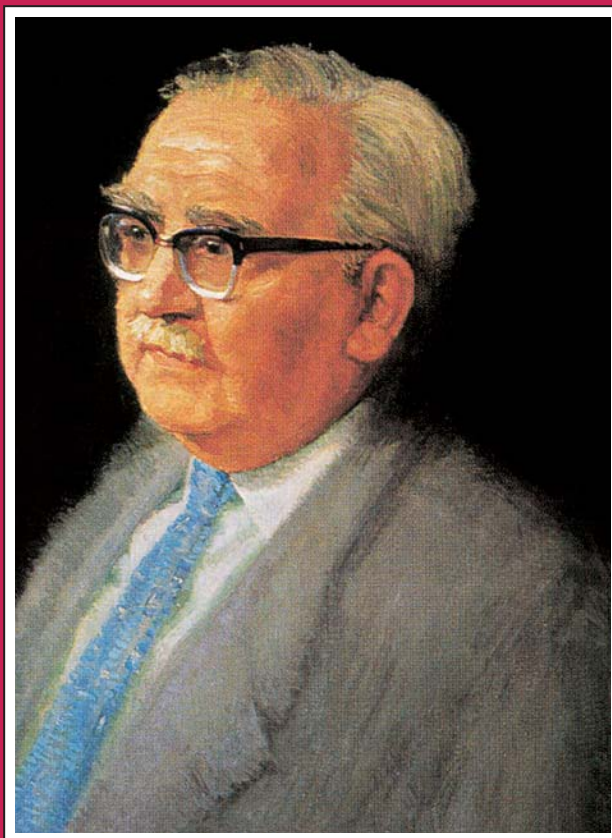


# MILAN VIDMAR

ELEKTROTEHNIK SVETOVNEGA SLOVESA



Krešimir Bakič, Maks Babuder



SLOVENSKO ZDRUŽENJE ELEKTROENERGETIKOV  
CIGRÉ – CIRED



Slovenski nacionalni komite

# MILAN VIDMAR

**ELEKTROTEHNIK SVETOVNEGA SLOVESA**

Krešimir Bakič, Maks Babuder

**Izdano ob 10. konferenci slovenskih elektroenergetikov  
v počastitev ustanovitelju CIGRÉ v Jugoslaviji leta 1951**

2012



## Vsebina

---

Predgovor .....	5
Uvod .....	7
Vidmar kot odraščajoči mladenič .....	9
Vidmar kot doktor strojništva .....	10
Vidmar in njegov inštitut .....	12
Vidmarjev inštitut po Vidmarju .....	28
Vplivi Vidmarja pri nastajanju JUKO CIGRÉ .....	35
Razvoj JUKO CIGRÉ od 1951 do 1991 .....	55
CIGRÉ v Sloveniji po letu 1991 .....	66
Učenci Milana Vidmarja o njem .....	79
<i>Marjan Plaper: Lik profesorja Milana Vidmarja</i> .....	79
<i>Anton Ogorelec: Utrinki z mojih srečanj s profesorjem         Milanom Vidmarjem</i> .....	88
<i>Franc Jakl: Spomini na zadnja predavanja</i> .....	90
<i>Franc Potočnik: Spominski utrinek na profesorja</i> .....	93
Faksimile Vidmarjevega referata za pariški CIGRÉ 1950 .....	95
Kronologija objav Milana Vidmarja .....	109

Krešimir Bakič, Maks Babuder

**MILAN VIDMAR**

Elektrotehnik svetovnega slovesa

Založilo: Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRÉ-CIRED  
Tehnološki park 20, Ljubljana

Urednik: Krešimir Bakič

Lektoriral: Aleš Vrbovšek, prof. slovenščine

Slika na naslovnici: Čoro Škodlar

Oblikovanje in tisk: Studio N, Ljubljana

Naklada: 600 izvodov

V Ljubljani, september 2012

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

929Vidmar M.  
621.3(497.4):929Vidmar M.

BAKIČ, Krešimir  
Milan Vidmar, elektrotehnik svetovnega slovesa / Krešimir Bakič, Maks Babuder. - Ljubljana :  
Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRÉ - CIRED, 2012

ISBN 978-961-6265-22-5  
1. Babuder, Maks  
261369856

Vse pravice pridržane.

Nobenega dela te knjige ni dovoljeno ponatisniti, predelati, razmnožiti ali razširjati brez pisnega dovoljenja Slovenskega združenja elektroenergetikov CIGRÉ-CIRED.

## Predgovor

---

Ideja za knjigo o Milanu Vidmarju, velikem slovenskem elektrotehniku, znanstveniku, pedagogu, pisatelju, filozofu in šahistu, je nastala ob pripravah na deseto konferenco slovenskih elektroenergetikov, ki se sklicuje bienalno pod okriljem Slovenskega nacionalnega komiteja CIGRÉ (Mednarodni svet za velike električne sisteme).

Našem ustanovitelju, ki je pred šestdesetimi leti v Ljubljani prvi začel s tovrstnimi elektroenergetskimi konferencami, smo želeli posvetiti neko delo, s ciljem, da bi bile mlajše generacije slovenskih elektroenergetikov bolje informirane o njem in njegovem delu, ki je zaznamovalo začetke elektrifikacije Slovenije in začetke pedagoško-raziskovalnega dela na področju elektrotehnike.

Milan Vidmar je začel svojo strokovno pot v obdobju Avstro-Ogrske monarhije; v obdobju prve Jugoslavije se je s svojimi knjigami, članki in predavanji o transformatorjih že povzdignil na svetovno raven. Kasneje je v drugi Jugoslaviji odigral pomembno vlogo pri elektrifikaciji in znanstvenih razlagah takrat nastajajočih elektroenergetskih sistemov. Kot začetnik slovenskega elektrotehniškega izobraževanja na ljubljanski univerzi je od samega začetka hrepenel po ustanovitvi inštituta, kar je uspel doseči šele leta 1948. Kot vodilni mož mlade ljubljanske univerze je vsaj dvakrat preprečil zaprtje edine slovenske univerze – prvič ni podlegel srbskim pritiskom, med vojno pa italijanskemu okupatorju, o čemer lahko beremo v različnih besedilih. Njegovo izjemno šahovsko znanje in svetovni šahovski sloves sta mu marsikdaj pomagala pri doseganju zelenih ciljev. Toda ta knjiga ne bo obravnavala njegove šahovske kariere. Usmerjena bo na njegovo elektrotehnično pot k svetovni slavi in tehničnim organizacijam, ki jih je ustanovil, ter nadaljevanju poti teh organizacij po Vidmarju.

V knjigi bo opisano, kakšno vlogo je imel Milan Vidmar pri konceptih razvoja modernega transformatorja, elementa elektroenergetskega sistema, brez katerega si ne moremo zamisliti sedanjih razsežnosti uporabe električne energije.

Mnoga njegova dela in razmišljanja iz dobe začetkov elektrifikacije in velike ekonomske krize so zelo poučna tudi za sedANJI čas, ko se intenzivno pripravljamo na novo (r)evolucijo energetskih sistemov.

V prvih poglavjih knjige se bo bralec seznanil z Vidmarjevimi leti odraščanja, s študijem na Dunaju, z začetki pedagoškega delovanja v takrat ustanovljeni ljubljanski univerzi ter z nastajanjem in razvojem elektroinštituta. Besedila in razmišljanja o tem Vidmarjevem obdobju je v esejističnem slogu pripravil Maks Babuder, dolgoletni direktor Elektroinštituta Milan Vidmar.

V drugem delu knjige so opisane razmere, ki so pogojevale nastanek elektroenergetskih sistemov, širjenje omrežij in elektrifikacijo ter rast mednarodne tehnične

organizacije CIGRÉ, ki je zadnjih devetdeset let (od leta 1921) prispevala k uspešnemu razvoju elektroenergetskih sistemov po vseh celinah in zlasti v Evropi. Pri tem je Vidmar, svetovna avtoriteta v elektroenergetiki, bistveno prispeval pri organizaciji in nastajanju jugoslovanske veje CIGRÉ.

Po osamosvojitvi Slovenije smo to pot nadaljevali in dograjevali aktivnosti nacionalnega komiteja slovenske CIGRÉ, kar je opisano v nadaljevanju knjige.

V tretjem delu so opisani vtisi in doživetja ljudi, ki so Vidmarja dobro poznali ali ga doživljali v zadnjem delu njegovega aktivnega življenja. Njegov dolgoletni asistent in sodelavec, pokojni prof. dr. Marjan Plaper, je imel ob 100. obletnici rojstva Milana Vidmarja, leta 1985, čudovit govor o svojem učitelju, v katerem ga je vsestransko predstavil. Zapis je tako kvaliteten, da ga je dobro objaviti za nove generacije slovenskih energetikov. Kot asistent profesorja Plaperja v tem obdobju sem dobil ta zapis v presojo. In ker menim, da predstavlja odličen opis Milana Vidmarja, bi bilo škoda, da ne izkoristimo priložnosti objave v tej knjigi.

Anton Ogorelec, čeprav v častitljivi starosti, se je v kratkem zapisu poskušal spomniti na svojega velikega profesorja z nekaterimi dogodki, ki ne bodo šli v pozabo.

Franc Jakl in Franc Potočnik sta bila v zadnji generaciji študentov, ki je še imela možnost poslušati predavanja profesorja Vidmarja. Njuno pričevanje je pomemben prispevek k razmišljanju o pomenu Vidmarja z določene časovne distance.

Na koncu je predstavljena kronološka bibliografija pomembnejših del akademika Vidmarja s področja elektrotehnike in faksimile njegovega referata za pariški CIGRÉ leta 1950, kar je tudi prvi referat slovenskega strokovnjaka – elektrotehnika za to ugledno mednarodno organizacijo.

Ob koncu predgovora in na začetku knjige bi se zahvalil centralni pisarni CIGRÉ v Parizu za pomoč pri iskanju referata Milana Vidmarja iz leta 1950. Ob tem smo skupaj raziskovali morebitna druga dela Vidmarja za pariški CIGRÉ v tridesetih letih prejšnjega stoletja in ugotovili, da je bil odmeven Vidmarjev referat o ekonomiji gradnje transformatorja iz leta 1932, ki ga v njegovi bibliografiji pripisujejo CIGRÉ konferenci v Parizu, pravzaprav na drugi elektrotehniški konferenci v Parizu, ki je obravnavala širša področja elektrotehnike (energetiko in komunikacije).

Kot pobudnik, soavtor in urednik knjige se pristrčno zahvaljujem vsem ostalim soavtorjem besedil: profesorju dr. Maksu Babudru, zaslužnemu profesorju dr. Antonu Ogorelcu, profesorju dr. Francu Jaklu in Francu Potočniku, bivšemu direktorju Elektroinštituta Milan Vidmar – za prispevke in razmišljanja, ki so še enkrat pokazala veličino Milana Vidmarja kot elektrotehnika svetovnega slovesa.

**Krešimir Bakič**

Predsednik Slovenskega združenja elektroenergetikov CIGRÉ-CIRED

V Ljubljani, maj 2011



## Uvod

---

Profesor Milan Vidmar je začel zelo zgodaj razmišljati o tem, kako bi svoje znanje in izkušnje prenašal na realizatorje velikih projektov, pa naj bo to v industriji ali na področju elektrogospodarstva. Tako je začel zelo zgodaj načrtovati inštitut. Zasedimo sicer podatke o ustanovitvi *Inštituta za elektrotehniko* v okviru Tehnične fakultete Univerze v Ljubljani v letu 1922, vendar je težišče organizirane dejavnosti tega inštituta bilo namenjeno pedagoškemu procesu in so bile raziskave na področju elektroenergetike vezane na dejavnost profesorja Vidmarja. Ta pa je bila namenjena deloma publicistiki in najbrž le v krajšem obdobju manj uspešnemu začetku proizvodnje energetskih transformatorjev v Ljubljani. Posamezne težje specialne raziskovalne probleme so obdelali Vidmarjevi učenci, pod njegovim vodstvom, pri svojih prvih znanstvenih naporih – s svojimi doktorskimi deli. Domnevamo lahko, da so poglobljena tehnološka in analitična spoznanja našla svoje mesto v knjižnih delih njihovega mentorja in izjemnega pisca Vidmarja. V dolgi vrsti njegovih strokovnih knjižnih del, ki so v literaturi podrobno obdelana, so dragocene sledi teh poglobljenih raziskav in originalnih rešitev. Slovensko gospodarsko in industrijsko okolje v času po prvi vojni ni bilo pripravljeno na sprejem rezultatov raziskovalnega dela na področju elektroenergetike. Lahko si predstavljamo, da zanj niti ni bilo povpraševanja. Ne glede na majhen odziv pa je Vidmar ves čas med obema vojnama in tudi med drugo svetovno vojno oblikoval močno jedro slovenske raziskovalne dejavnosti v elektroenergetiki. Vse od začetka svoje kariere do konca tridesetih let prejšnjega stoletja se je osredotočil na električne stroje, kasneje pa so ga pritegnili problemi prenašanja električne energije. Ta prehod ni bil trenuten, ampak je trajal nekaj časa in si ga lahko predstavljamo na podlagi datumov izida nekaterih njegovih del; v letu 1935 piše o zmanjšani porabi bakra za izdelavo transformatorja, v letu 1940 o kratkostičnih



*Prof. dr. Milan Vidmar v obdobju najplodnejšega ustvarjanja*

tokovih v transformatorju, v letu 1943 pa izide zadnje knjižno delo o transformatorjih »Veletransformatorski problemi«, ki mu sledi v letu 1944 še knjiga z naslovom »Transformation und Energieübertragung«. Morda bi lahko po tem delu sklepali, da se je težišče obravnave in raziskav problemov posameznega elementa prevesilo v celovito, z gospodarskimi aspekti prepletено obravnavo sistemskih problemov. Tako lahko njegovo delo uporabimo kot odsev bistvenih dogajanj v slovenskem prostoru na področju raziskav v elektroenergetiki v daljšem obdobju prve polovice dvajsetega stoletja, ne da bi pri tem razvrednotili ali zanemarili druge nekoliko manj vidne prispevke.

Milan Vidmar zasluži vso pozornost in tudi priznanje za vztrajna, uspešna, a pogosto mučna prizadevanja za ustanovitev in začetno vodenje Inštituta za elektriško gospodarstvo, kot ga je sam imenoval, in ki se je v spomin na svojega ustanovitelja leta 1968 preimenoval v Elektroinštitut Milan Vidmar, Inštitut za elektriško gospodarstvo in elektroindustrijo, ob svoji 40-letnici pa v Elektroinštitut Milan Vidmar, Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo.

Inštitut vsa leta deluje pod ustanoviteljstvom Slovenske akademije znanosti in umetnosti kot »zavod«. Ne izvaja nikakršne javne dejavnosti v okviru koncesije ali pod drugimi pogoji, ampak že dolga leta deluje svobodno na trgu. Ves ta čas je ohranil poslanstvo, ki mu ga je pred 62 leti začrtal Vidmar.

O nastanku inštituta je sam veliko napisal v svojih Spominih, povzeli in veliko dodali so njegovi sodelavci, zlasti njegov dolgoletni asistent in naslednik na področju znanstvenih raziskav prenosa in razdeljevanja električne energije, profesor Plaper. Mnogo zanimivih podrobnosti, ki vsaka posebej predstavlja droben kamenček v mozaiku o stvarjenju v začetku majhnega, a z velikimi ambicijami prežetega miselnega telesa, so kasneje omenjali njegovi sopotniki. Večinoma so se ohranile kot izročilo in marsikatera ni bila nikoli zapisana. Lahko samo ugotovimo, da je užival veliko občudovanje tako svojih študentov in sodelavcev po eni, kot sodobnikov v šahovskem svetu po drugi strani in tudi še danes bralcev njegovih knjig o šahu. Med aktivnimi inženirji elektroenergetiki skorajda ni več nikogar, ki bi ga osebno kdaj srečal, zato je toliko bolj primerno obnoviti njegovo sliko in jo izpostaviti na pravem mestu in v pravi luči.

Ta zapis je poleg tega neke vrste poizkus odkrivanja vsebine nastajanja Vidmarjevega inštituta, kot ga je sam opisal v svojih Spominih in v delovnih načrtih inštituta. Delno pa je to videnje podprto s pridobljenimi izkušnjami na inštitutu ob skoraj polstoletni pripadnosti in dejavnosti pisca tega zapisa, ne nazadnje tudi vodje inštituta v času štirih mandatnih dob.

Vidmar je bil, če to najpreprosteje povemo, velik razumnik, vulkan idej in zato zasluži našo pozornost in občudovanje. Sprašujemo se lahko, kako lahko nastane takšen um in rase ter se oblikuje in kateri vplivi so bili pri tem odločilni. Vzpodbudno in zanimivo ga je videti kot svetilnik vsem manjšim in velikim naslednikom danes v teh (manj obetavnih?) časih.

## Vidmar kot odraščajoči mladenič

---

Vidmarjevo odraščanje, tako kot ga sam opisuje v svojih Spominih, je bilo po eni strani močno prepredeno z idiličnimi vezmi z naravo. K temu zaključku nas vodi njegov zavzet opis veselja z opazovanjem metuljev. Po drugi strani pa je njegov svet otroštva poln igre z virtualnostjo ob predstavah vojaških bitk in s hkratnim aktiviranjem tekmovalnosti, ki je kot dvojčica sledila njegovemu kompleksu zaradi pohabljenosti. Levico je skrival na hrbtu pred svojimi nasprotniki ob fantovskih obračunavanjih. Najbrž pa ni bila le telesna hiba tista, ki ga je vodila k tekmovalnosti. Tedanja družba v rojstnem mestu je bila razdeljena med večvredni nemški in drugorazredni slovenski del. Že sama pripadnost drugemu delu je dodatno prispevala k tekmovalni naravnosti.

Ljubljana v zadnji četrtini devetnajstega stoletja ni bila svetovljanska. Morda je katastrofa uničujočega potresa v letu 1895 temeljito obrnila tok dogajanja v njenem razvoju. Vidmarju je bila kmalu premajhna in to ne samo zaradi njegovih šahovskih ambicij. Iskal je izzive v vsakem pogledu. Njegovi mladostni vojaški spopadi v igri z vrstniki in kompleks, o katerem je zelo odkrito pogosto spregovoril, so mu izročili življenjski kompas, ki je vselej kazal v smeri »dalje, višje, močnejše«.

Zanimivo je opisal prehod od halme k šahu. Skoraj istočasno omenja knjigo francoščine, učbenik, ki ga je pritegnil in prebudil v njem ljubezen do prekrasnega francoskega jezika, kot sam zapiše. Svoje izjemne sposobnosti je gradil z igro in branjem knjig. Razvil je izjemno dober spomin in sistemsko analitiko, kar mu je odpiralo široke možnosti pri šahu ter tudi pri obvladovanju srednješolskega znanja, zlasti matematike in jezikov. Poleg nemščine je obvladal še francoščino, angleščino, italijanščino in latinščino. Iz opisa odnosa do predmetov in predavateljev v srednji šoli skozi kopreno humorja odseva njegov značaj in vsebina radovednosti.

V obdobju pri koncu srednje šole ga je šah že tako pritegnil, da je vrsto odločitev prilagodil svojim šahovskim ciljem. Zanimanje za fiziko in tehniko se mu prebudi kasneje, a ko doseže šah, se pa za daljši čas vsaj izenači s šahom. V svojih spominih zato pogosto omenja svoji dve paralelni poti.

Tako se odloči predčasno končati srednjo šolo, dokonča realno gimnazijo, ki mu takoj omogoči vpis študija tehnike na Dunaju. Doma s to njegovo odločitvijo niso bili preveč zadovoljni, zlasti razočarana je bila njegova mati.

## Vidmar kot doktor strojništva

---

Jeseni leta 1908 se začne njegova tehniška pot. Jemal jo je kot drugotno dejavnost; prva je bil šah in samo ljubezni do staršev in bojazni, da bi jih njegov študijski neuspeh prizadel, gre zasluga za njegove študijske dosežke. Živel je zelo skromno in igranje šaha za denar v znani kavarni Central mu je prineslo še nekaj sredstev, kajti podpora staršev za študij na Tehniški visoki šoli na Dunaju ne bi bila dovolj. Sam zelo odkrito zapiše, da se je bolj po naključju odločil za študij strojništva. Nekoliko kasneje ga je pritegnila matematika. Iz zabave je začel reševati naloge iz diferencialnega in integralnega računa in kmalu zelo dobro obvladal infinitezimalni račun. Podobno je bilo s teoretično mehaniko in v tej zvezi kasneje ugotavlja, da se mu je šele tedaj začela kazati še njegova druga pot, poleg šahovske.

Nagnjenost k izrazito intelektualni dejavnosti in sposobnost obvladovanja nalog pretežno samo na tem področju se je pokazala že v prvem letniku s porazom pri opisni geometriji. Risanje in delo z rokami nasploh mu očitno ni bilo pri srcu. Je bila kriva pohabljenost leva roka, da se v telesnih spretnostih ni izuril?

Njegova predstava o tem, kaj naj bi kot inženir strojništva doma počel, je bila zelo nejasna. Pa tudi sicer si na študijskem področju ni postavljaj nikakršnih konkretnih ciljev. In ne nazadnje tudi mati, na katero ga je vezalo globoko čustvo, ni bila popolnoma zadovoljna z njegovo izbiro in si je še naprej želela, da bi njen sin dokončal gimnazijo in začel študij na univerzi. Tako že kot študent tehnike na Dunaju zgodaj spomladi leta 1903 začne priprave na maturo na gimnaziji v Novem mestu in pri tem uspe ter jeseni istega leta nadaljuje študij predmetov 2. letnika strojništva na Tehniški visoki šoli in se hkrati vpiše tudi na dunajsko univerzo.

Kmalu je problem opisne geometrije iz prejšnjega leta sicer rešil, a ga je šah, konkretno velik turnir v Coburgu leta 1904, silovito pritegnil z željo postati šahovski mojster Nemške šahovske zveze. Po zelo uspešnem začetku mu je v zaključnem delu spodletelo. Vsak poraz pri šahu ga izrine s šahovske poti na tehniško pot. Kmalu spozna, da bo vendarle moral postopoma tudi na študijskem področju pokazati dosežke, ki bodo zadovoljili starše. Prvi cilj, prvi državni izpit, opravi v juliju leta 1905. Zanimiva je njegova pripoved o izpitu iz matematike, kjer je zablestel, ne da bi sploh obiskoval predavanja zaradi istočasnih obvez pri opisni geometriji. Vendar pa, kot se je to pogosto dogajalo v njegovem življenju, študij nadomesti s šahom. Njegovo zanimanje za študij je omejeno z nujnimi cilji: opraviti vse potrebno, da bodo starši zadovoljni in ne bo usahnila njihova podpora, saj so bile daleč v ospredju šahovske ambicije.

V daljših premorih med šahovskimi podvigi pa je učinkovito študiral in tako je v juliju 1907 opravil drugi državni izpit ali zaključni izpit, ne da bi se do tedaj temeljiteje seznanil z elektrotehniko. Sam je pri opisu izpita iz elektrotehnike zelo odkrit, ko povzame izjavo profesorja, ki ga je milostno ocenil z najnižjo pozitivno oceno: *»Pojma o elektrotehniko nimate nobenega. Zaradi diplomskega izpita vam bom dal potrebno spričevalo z oceno »zadostno«, hkrati pa vam dajem nasvet, da držite svoje roke proč od elektrotehnike.«*

Po zaključnem izpitu ni imel jasne predstave, kaj naj bi kot strojni inženir počel. Ponovno je zahajal v kavarno Central in se posvetil šahu. Njegov šahovski občudovalec mu je omogočil zaposlitev pri firmi ELIN v Weizu pri Gradcu.

Pogrešal je Dunaj in ker ni bil ravno družabnega značaja, je večere v Weizu preživel ob knjigah. Zlasti dve knjigi sta ga pritegnili: knjigi *»Položajna geometrija«* in *»Osnove elektrotehnike«*. Hkrati je intenzivno preizkušal centrifugalne ventilatorje. Ugotavljal je na podlagi meritev njihove obratovne karakteristike in pri sestavljanju diagramov začel uporabljati spoznanja iz učenja položajne geometrije. Temeljite obdelave so ga vodile v razvoj teorije centrifugalnih ventilatorjev. Ta dejavnost ga je končno vodila do doktorske disertacije na to temo. Raziskovalna vnema in poglobljen študij aktivnega dela ventilatorja sta ga pritegnila v skrivnosti gonilnega dela ventilatorja, kjer pa je bilo potrebno obvladovati druga miselna orodja. Morda se je že tedaj pojavila raziskovalna radovednost ob opazovanju pretvorbe elektromagnetne energije v mehanično, da je kasneje s tolikšno vnemo zasledoval pretvorbo v obratni smeri. Kdo bi si tedaj lahko predstavljal, kam ga bo vodila pot pri zasledovanju teh skrivnosti.

## Vidmar in njegov inštitut

---

Obe karieri, inženirsko in tudi šahovsko, je nadaljeval uspešno vse do konca prve svetovne vojne. V tem času se je popolnoma posvetil elektrotehniki. Močno je nanj vplival čas, preživet v tovarni Ganz v Budimpešti, kjer so izdelovali tehnološko zelo napredne transformatorje. Dokaj hitro je postal tudi ugleden pisec znanstvenih prispevkov v strokovni literaturi in kmalu tudi pisec zelo cenjenih knjig s področja električnih strojev. To obdobje je podrobneje opisano v njegovih Spominih in podobno je tudi z njegovo dejavnostjo med obema vojnama, ko je kot pedagog vzgojil jedro strokovnega potenciala slovenske elektrotehnike.

Ves čas je ostajal pri svojih razmišljanjih multidisciplinaren in poleg naravoslovja so ga zanimale ekonomija, umetnost in tudi sociologija. S kakšnim zanosom opisuje v drugem delu svojih spominov sedmo avenijo v New Yorku in takoj vrednoti frekvenco vlakov »vsaki dve minuti ... vsaki dve minuti ...« Velemestni vrvež primerja z dogajanjem na fronti. In vendar ima razmeroma odklonilen odnos do avtomatizacije. Pomanjkanje kontakta z osebjem pri vrsti procesov mu ni všeč. Ni mu všeč avtomatska zapora, »vreteno«, pri vходу na peron postaje podzemeljske železnice, ki se zgane le, če vržeš kovanec v njegov nabiralnik. Ameriko imenuje bojišče, Evropo zaledje. Opiše in s tem odkrije svoje poglede na sodobno družbo in čeravno mu nekatere novosti niso všeč, prepoznava gibala napredka in razmišlja o elektrifikaciji kot pomembnem dejavniku v teh procesih. Miselno že tedaj poveže elektrifikacijo in družbeni razvoj.

Šele ob koncu druge svetovne vojne in z nastopom popolnoma novih družbenih razmer se odloči za pot raziskovalca »elektrifikatorja«, kot se poimenuje v Spominih. Prekinjena je bila kontinuiteta njegove dejavnosti v izpostavljenih institucionalnih vlogah; do tedaj in tudi med vojno je opravljal pomembne funkcije rektorja Univerze in predsednika Akademije znanosti in umetnosti. Ko opisuje svojo vlogo »partizanskega konzula«, meri s svojo prodornostjo razuma proti obsodbi njemu nenaklonjene sredine, da je oportunist. Očitali so mu celo, da je obiskal Mussolinija v Rimu. V obrambo navaja tudi svojo knjigo iz leta 1937 »*Med Evropo in Ameriko*« oziroma njeno uspešno nemško izdajo z naslovom »*Das Ende des Goldzeitalters*«. Slutil je, da mu del nove elite ni naklonjen in to zapiše v epizodi, ko naj bi mu bila po nekem ključu ponujena kandidatura za rektorja Univerze. Umakne se s pojasnilom, da mu je vladni funkcionar ponudil pomembno vlogo pri elektrifikaciji Jugoslavije. Država je bila do tedaj pretežno agrarna in namen oblasti je bil spremeniti jo v industrijsko z močnim delavskim

razredom, ki naj bi jo povedel v socializem. Vidmarja je pritegnila ta vloga najbrž tudi zato, ker je bil v zrelih letih in morda že nekoliko konservativen, da bi vse spremembe na univerzi z lahkoto sprejel. V svojih Spominih pa tega ne zapiše naravnost. O tem veliko pove njegova vnema pri začetku nečesa novega, kot bi začel novo partijo šaha, ker je pri prejšnji v zaključnih potezah nekaj prezrl ali zanemaril. O tem je mogoče zaslutiti resnico v zapisu o povojnem razgovoru s pomembnim revolucionarjem Kidričem, v katerem mu slednji očita odklonitev »povezave« med vojno. Tedanja oblast mu je vlogo med vojno zamerila, o tem ni nikakršnega dvoma. Vlogo »elektrifikatorja« bi lahko razumeli kot eno izmed rešitev v nastalih razmerah in Vidmar najbrž zaradi nje potisne na stran vse druge naloge in se ji posveti z vsemi močmi.

Ob koncu leta 1945 zaprosi Slovensko akademijo znanosti in umetnosti, ki jo tedaj vodi njegov naslednik prof. dr. Fran Kidrič, oče revolucionarja Borisa Kidriča, naj Akademija ustanovi raziskovalni inštitut, ki naj bi podprl elektrifikacijo države. Vladni organi bodo pri odločitvah o bodočem razvoju potrebovali temeljite analize in na njihovi podlagi sprejete razvojne načrte. Na inštitutu bo tudi omogočena rast specialistov za v ta namen potrebno operativno.

Investicijska vsota za ustanovitev inštituta, ki jo je izračunal Vidmar, je znašala 32 milijonov, kar pa je bilo tedanjemu predsedniku Akademije neznanstvo preveč, da bi si nakopal tolikšno odgovornost. Vidmar je bil razočaran tudi zato, ker sta bila s Franom Kidričem dolgoletna prijatelja in sodelavca na Univerzi in v dobrih odnosih. Menil je, da je najbrž začel prezgodaj in preveč udarno, ne da bi pred tem pripravil v javnosti primerno vzdušje. Nadaljeval je s članki v časopisju in v njih pojasnjeval in utemeljeval nujnost, da se tak inštitut ustanovi. Posebej omenja v svojih spominih, da ni nikoli razmišljal, da bi vlogo usmerjevalca razvoja opravljal »na vrhu«, recimo kot minister za energetiko.

Piscu tega eseja ne more biti tuja primerjava s sodobnimi razmerami, ko je energetika prepomembna, da bi jo prepustili samo strokovnjakom in hkrati pretežka, prezapletena, da bi njen razvoj usmerjali samo politiki.

V letu 1946 pripravi Vidmar študijske utemeljitve v zvezi z razvojem elektroenergetike in Slovenski akademiji znanosti in umetnosti ponovno predloži načrt za ustanovitev raziskovalnega inštituta za elektrogospodarstvo. Odgovor je bil, da je proračun za naslednje leto že končan in je predlog prispel prepozno.

V nadaljevanju prizadevanj za ustanovitev raziskovalnega inštituta za elektrogospodarstvo v Ljubljani naleti Vidmar na vrsto zaprek, ne glede na ugodne okoliščine: gospodarski minister jugoslovanske vlade je sin njegovega prijatelja Frana Kidriča, njegov brat je predsednik Josip Vidmar, v elektrogospodarskih podjetjih in ustanovah so imeli njegovi učenci pomembne funkcije.

Tedaj je država urejala razvoj po načelih načrtnega (planskega) gospodarstva. O svojih načrtih je kmalu zatem spregovoril v okviru predavanja na Elektrotehniški

fakulteti Univerze v Zagrebu, kjer pa je dobil informacijo, da svoj načrt vendarle lahko predloži pristojnim državnim organom, ker zbiranje predlogov še ni pri koncu. Seveda je to nemudoma tudi storil. Kasneje mu je brat Josip Vidmar najprej sporočil novico, da je bil njegov predlog odobren, a je v začetku 1947 dokončno zvedel, da je obležal v predalu nekega uradnika, ki pač ni bil naklonjen ustanovitvi inštituta nekje »na obrobju« v Ljubljani. V večnacionalni državi z avtorsko vladavino in prikritim prevladovanjem največjega naroda je tudi Vidmar verjetno pričakoval in prav gotovo izkusil vse vrste ovir pri svojih prizadevanjih. Zanimive so njegove utemeljitve oziroma glavni motivi za ustanovitev inštituta, kot jih je zapisal v dokumentu »Ustroj in delovni načrt znanstvenega inštituta za elektriško gospodarstvo v Ljubljani«. V njem je opisal zgodovinsko ozadje in časovno umestil rojstvo prvih zamisli v čas neposredno po začetku vojne in omenil svoje pogovore o tem v avgustu leta 1941 z vodstvom Osvobodilne fronte. Tedaj je bilo v navadi in skoraj nujno omeniti tako ali drugače svojo (pravo!) pripadnost med drugo svetovno vojno. Pa tudi sicer je v tem tekstu današnjemu bralcu opazna in vpadljiva terminologija časa zanosa in navdušenja neposredno po drugi svetovni vojni.

Inštitut je ustanovilo Ministrstvo za elektriško gospodarstvo FLRJ in mu je bil Znanstveni inštitut za elektriško gospodarstvo v Ljubljani podrejen. Vidmar v uvodu omenjenega dokumenta podrobno navaja svoja prizadevanja in utemeljuje svojo poklicanost k reševanju tako pomembne naloge, kot je *oskrba načrtnega kolektivnega gospodarstva s potrebno delovno energijo*. V vojnih letih se je ukvarjal, o tem sam piše, s transformatorji in prenosom električne energije in z namenom priprave osnov za reševanje prejete naloge je temeljito obdelal vrsto problemov v svojih delih:

- »*Veletransformatorski problemi*«  
(Akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, 1942),
- »*Transformation und Energieübertragung*«  
(Kleinmayr in Bamberg, Ljubljana, 1944),
- »*Veleprenosne proge v svetlobi telegrafске enačbe*«  
(Akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana, 1946)
- »*Problemi prenašanja električne energije*«  
(Državna založba Slovenije, Ljubljana, 1947),
- »*Aluminij v prostih električnih prenosnih progah*«  
(Državna založba Slovenije, Ljubljana, 1947).

Danes ni najbrž nikakršnega dvoma in tudi Vidmarju ni mogoče zameriti to nujno utemeljitev svoje dejavnosti med drugo svetovno vojno. Povojna dogajanja, še posebej pretirana vnema zmagovalcev po ne vselej pravičnem kaznovanju drugačnih, opravičujejo njegovo previdno obnašanje. Ne nazadnje ga tudi zdravstveno stanje in po njegovem tehtnem razmisleku predvideni najboljši



način lastnega delovanja nista vodila v odporniško gibanje v gozdove, kot je to ne preveč lahko storil njegov kar precej mlajši brat Josip. Senca njegovega medvojnega delovanja se nikoli ni prelevila v madež, vendar je ostala. Njegovi študentje, ki so ga v veliki večini neizmerno občudovali, o njegovi odločitvi nikoli niso podvomili. O tem je kasneje krožila vrsta zgodb o njegovih zvutih nastopih v odnosih z okupacijskimi oblastmi.

Zadnje dejanje zgodbe o administrativni odločitvi za ustanovitev inštituta se odvije neposredno po vrnitvi Vidmarja iz Moskve. Sprejel je namreč ponudbo Svetovne šahovske zveze ter vlogo vrhovnega razsodnika na kandidatskem turnirju za svetovnega šahovskega prvaka, katerega prvi del se je odvil v holandskem Scheveningenu, drugi pa v Moskvi. Že v Moskvi mu je tedanji jugoslovanski veleposlanik Vladimir Popović v razgovoru prenesel sporočilo, pravzaprav Titovo izjavo, da »profesor Vidmar zdaj dobi svoj inštitut«. V drugem delu svojih Spominov, kjer o teh dogodkih podrobno piše, nakazuje možnost, da bi ga Sovjeti utegnili zadržati (bilo je neposredno pred resolucijo Informbiroja) in bi imel svoj inštitut v Sovjetski zvezi. Vendar se to ni zgodilo in po pristanku letala v Beogradu se je javil ministru za elektrogospodarstvo, inženirju Nikoli Petroviću. Razgovor je bil na praznični dan 25. maja 1948, na Titov rojstni dan. Minister mu je določil prve sodelavce in prostore v stavbi na Vrtači številka 4 v Ljubljani. Inštitut je začel uradno delovati 1. junija 1948.

Tedanja država je imela slabo povezane večje izvore električne energije in njihova moč je bila preskromna za uresničenje ambicioznih razvojnih načrtov industrializacije tedaj še agrarnega okolja. Večji izvori so bili v bližini večjih mest, omrežja višjih napetosti, ki bi povezovala te izvore v celovit sistem, so šele nastajala. Zato je bilo eno prvih vprašanj, na katero bi raziskovalni inštitut moral najti odgovor: kako zagotoviti najboljšo mogočo povezavo med razdrobljenimi deli elektroenergetskih zmogljivosti v državi. Vidmar sam omenja, da je analitična obravnava zelo zamotanih izračunov težko rešljiva in zamudna ter omenja uporabo analognih modelov tki. omrežnih analizatorjev. Tako se je že ob samem začetku delovanja inštituta v Ljubljani začela hkrati prestižna tekma za prvi omrežni analizator v državi. Kasneje Vidmar sam priznava, da je bil ob ustanavljanju inštituta naiven v veri, da bo ohranil vlogo vodilnega razvojnega znanstvenika na področju elektroenergetike v Jugoslaviji. Podobne ambicije in interesi so bili tudi drugod po državi in prve napetosti in spori, ki so to kmalu več kot očitno pokazali, so se združili v prizadevanjih za primat pri analizi omrežja. Z današnjega zornega kota se to zdi skoraj smešno, glede na dejstvo, da današnja analitična sredstva omogočajo že na osebнем računalniku veliko bolj kompleksne izračune in obdelave. Zelo zgodaj so se uresničile zamisli in načrti v okoljih bolj razvitih republik in dokaj tiho in vzporedno z ljubljanskim sta začela delovati inštituta v Zagrebu in Beogradu. Po mnenju pisca teh vrstic je naredil Vidmar zadnji poizkus ohranitve primata ljubljanskega inštituta s pridobitvijo

soglasja Gospodarskega sveta FLRJ, ki mu z odločbo dne 23. decembra 1949 omogoči naročilo omrežnega analizatorja pri firmi Siemens & Halske na Dunaju. Inštitut je naročilo nemudoma oddal že 26. decembra. Vidmar je sicer vedel, da v Beogradu nastaja doma izdelan analizator in beograjski kolegi so, ne veliko kasneje, na konferenci CIGRÉ leta 1956 v Parizu naredili veliko promocijo svojega analizatorja. Seveda je naročilo pri firmi Siemens & Halske povzročilo velik odklonilen odziv in zgražanje beograjskega okolja in Vidmar se je moral zagovarjati pri ministru Petroviću. Naročilo so preklicali in inštitut je kasneje z lastnimi močmi izdelal zelo zmogljiv omrežni analizator, vendar je izdelava trajala polna štiri leta in je prepotrebne temeljite obdelave občutno časovno premaknila.

Ne glede na omenjeni spor je minister ponudil Vidmarju vodstvo vseh treh inštitutov, vendar je Vidmar to ponudbo po temeljitem premisleku odklonil. Zavedal se je, da bo ta naloga terjala pogosta potovanja in že tedaj je najbrž slutil, da tako intenzivnega tempa tudi zdravstveno ne bi zdržal, kar se je izkazalo z resnimi težavami v začetku leta 1951.

V začetku leta 1950 je bila v Zagrebu ustanovna skupščina Jugoslovanskega nacionalnega komiteja CIGRÉ (*Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques*), kjer je bil Vidmar izvoljen za predsednika in je to funkcijo opravljal do 1960, ko je bil na konferenci v Ohridu imenovan za častnega predsednika. Njegovi pogosti kontakti s tujino so mu omogočili dobro poznavanje velikih elektroenergetskih raziskovalnih centrov. Seznanjen je bil z angleškim raziskovalnim združenjem »*British Electrical and Allied Industries Research Center*« (kasnejša ERA – *Electrical Research Association*) in v tej povezavi omenja pomembno politično naravnano ugotovitev, da je celo v državah, kjer sicer ni načrtnega kolektivnega gospodarstva, velik interes za raziskave na področju elektroenergetike. Še posebej pa se je seznanil z delom in opremljenostjo laboratorijev v Švici, Nemčiji in na Švedskem. Poučen je bil tudi o uspehih raziskovalnega centra francoskega elektrogospodarstva Electricité de France v Parizu. O njem so mu pripovedovali ob obisku firme E. Haefely v Baslu. »*Bureau des Études et Recherches*« je bil viden tudi s svojimi objavami na konferencah CIGRÉ, ki se jih je Vidmar večkrat udeležil. Predlagal je, naj se inštitut v Ljubljani pridruži po programu tem inštitucijam, pri tem pa upošteva specifične razlike zaradi različne družbene ureditve. Očitno je imel dobro predstavo o tem, kako zasnovati delovni program inštituta. Moral je računati z objektivnimi težavami v danih razmerah. Inštitutu je kot ustanovitelj začrtal poslanstvo, ki so ga podpirale in skoraj narekovala splošne gospodarske in politične razmere. Vsa osnovna sredstva starih podjetij so bila pred tem nacionalizirana in torej v rokah države. Politika enostrankarske ureditve se je po sovjetskem vzoru odločila za načrtno gospodarstvo. Nastajali so petletni načrti. Umeščanje elektroenergetskih zmogljivosti v prostor ni predstavljalo večjih težav. Izpolnjeni so bil na prvi

pogled idealni pogoji za optimalno postavitev vseh potrebnih zmogljivosti v tehničnem smislu. Politične rešitve so se sprejemale v ožjih krogih in finančni potenciali so bili v obdobju prvih »petlekk« kmalu po vojni izjemno skromni. Začel se je proces dogovarjanja med vodstvi posameznih republik na podlagi načela o pospešenem razvoju in pomoči manj razvitim. Za razvoj elektroenergetike, glede na dano stopnjo razvitosti, je bilo plansko gospodarstvo morda celo dobro, vendar ga posebni interesi ne bi smeli pri tem motiti. In ravno s slednjimi se je Vidmar boril na začetku delovanja inštituta. Prav zanimivo branje so danes teksti, kjer z domiselnim poimenovanjem kritično komentira nekatera dogajanja in postopke, ki so ga motili zaradi njemu težko prikritih ozadij.

Vidmar si je inštitut zamislil kot »generalni štab elektrifikacije«, ki bo na podlagi znanstveno pridobljenih »receptov« dajal konkretna napotila Vrhovnemu strokovnemu svetu Ministrstva za elektrogospodarstvo.

Menil je, naj inštitut za svojimi strokovnimi stališči stoji kolektivno, posamezniki pa za svoje dosežke prejmejo priznanje zaslug in tudi morebitne pravice iz avtorskega prava. Bil je tudi mnenja, da v temeljih drugačna gospodarska in politična načela, po katerih je nameravala delovati tedanja država, zahtevajo pri reševanju tehničnih problemov posebno obravnavo in se izsledki podobnih inštitucij iz kapitalističnega sveta ne morejo neposredno prenašati, kar je bil nedopustni »reportažni sistem dela«. Odklanjal je tudi reševanje problemov »per partes« in svetovanje za vsak primer posebej je imenoval »atomiziranje dela«. Zavedal se je, da so osnova za uspešno delo dobro strokovno podkovani sodelavci in dobro in sodobno opremljeni laboratoriji. Na začetku je sodelavce zbral izmed svojih učencev in se zavedal, da je ob tako majhnem »bazenu kadrov« nujno ohraniti stalnost inštitutskega osebja. Zato je v idejni rešitvi stavbnega kompleksa zaslediti tudi stanovanjsko hišo za inštitutske sodelavce. Zelo velik poudarek v delovnem načrtu posveti laboratorijem. Ne glede na svoje izjemne analitične potencialne se je zavedal in upošteval učinkovitost preskusa in pri preskusu merjenja. Morda je k temu prispevala njegova aktivnost na začetku strokovne poti, ko je dneve in dneve preskušal rotacijske ventilatorje pri ELIN-u v Weizu, kar mu je pomagalo k uspešnemu zaključku doktorata. Zato je že v prvi fazi graditve inštituta načrtoval postavitev vrste laboratorijev:

- laboratorij za visoke napetosti,
- model električnega omrežja (omrežni analizator),
- preskusni nadzemni vod za izmenično napetost,
- preskusni nadzemni vod za enosmerno napetost,
- laboratorij za mehansko preskušanje vodnikov za nadzemne vode in
- razne pomožne delavniške prostore.

Možnosti nakupa sestavnih elementov za opremo so bile tedaj zelo skope in je bilo treba pogosto razne elemente za raziskovalno opremo izdelati doma. Kmalu po predložitvi »Ustroja in delovnega načrta« je prejel sredstva za graditev stavbnega kompleksa.

Dodeljeno stavbišče leži na zemljišču med Hajdrihovo, Jamovo (tedaj Marmontovo!), Tržaško in Jadransko ulico. Najprej je bila predvidena graditev osnovne stavbe v dolžini 85 m tesno vzdolž Hajdrihove ulice, in sicer podkleteni enonadstropni objekt. Na strehi objekta bi zgradili Laboratorij za mehansko preskušanje vodnikov za nadzemne vode. V smeri proti sedanji Jamovi ulici pa bi zgradili Laboratorij za visoke napetosti ter od glavnega objekta proti jugu ob Tržaški ulici Veliko predavalnico. Zavedal se je, da bo inštitut predavalnico potreboval za pedagoške namene in za konference in simpozije. Organizacijska dela v zvezi z graditvijo stavb inštituta je zaupal svojemu sodelavcu in namestniku inženirju Ožboltu Grosu, bil pa je tudi osebno ves čas neposredno udeležen pri odločitvah glede funkcionalnosti in arhitektonskih rešitev. Gradbeni program izgradnje je podpisal 18. marca in skladno z načelom o kolektivni odgovornosti je imenoval »Komisijo za določitev prostorov po funkcionalnosti in dimenzijah«, v kateri so sodelovali inženirji Ožbolt Gros, Janko Rudolf, Edvard Höfler, Branko Vajda in arhitekt Boris Vidmar. Dejanska graditev pa se je uradno pričela 1. aprila leta 1949 in zelo verjetno je, da ob zelo šibki finančni konstrukciji. Predvidena je bila etapna graditev z namenom, da se bo objekt deloma uporabljal že med graditvijo. Verjetno zato, a šele kasneje, se je Vidmarju porodila ideja, da bi dogradil še dve etaži. Uvodne raziskave terena za stavbo so pokazale razmeroma skromno nosilnost tal, zato naj bi stavba imela le klet in dve etaži. Kasneje se je izkazalo, da je obremenjenost tal lahko višja in v naslednjem letu je Vidmar predlagal ministru Kidriču zgraditev še dveh nadstropij, ker se je s predstavniki »Elektrogospodarske skupnosti Slovenije« dogovarjal o skupni dograditvi dodatnih prostorov za njihove



Leta 1952 – nova zgradba  
Elektroinštituta

potrebe. Prejel je soglasje in stavba je bila dokončana 28. 11. 1952, ko se je inštitut preselil z Vrtače 4 na Hajdrihovo 2.

Kasneje se je v stavbo preselila tudi slovenska elektrogospodarska skupnost, ki je tekoče doživljala vrsto reorganizacij in sprememb naziva. Urbanistična zasnova kompleksa ostalih zgradb se je kasneje spreminjala. Laboratorij z zveznim traktom je nastal zahodneje ter ob njem večja stavba, v katero se je kasneje preselil Elektroprojekt. Ob Veliki predavalnici pa je bilo v šestdesetih letih zgrajeno veliko poslopje Fakultete za elektrotehniko.

Še pred koncem graditve stavb inštituta, sredi leta 1950, je Ministrstvo za elektrogospodarstvo v Beogradu doživelo razsulo zaradi večje afere, v katero so bili vpleteni nekateri njegovi visoki uradniki. Inštitut tako izgubi svojega ustanovitelja in nadrejeni upravni organ. Vidmar se je takoj posvetoval z Borisom Kidričem in dosegel, da je ustanoviteljstvo prevzela Slovenska akademija znanosti in umetnosti.

Že pred tem pa je razvoj elektroenergetike v tedanji Jugoslaviji ubral v prvem koraku pot ločenih omrežij v okvirih republiških meja. To je glede na prejšnje stanje slabo povezanih »mestnih« omrežij predstavljalo napredek. Večinoma so tedaj boljšo povezavo omogočili nadzemni vodi 110 kV, vendar je bil razvoj pravega prenosnega omrežja še pred vrati. Zato si je Vidmar toliko prizadeval za omrežni analizator, ki ga ni videl samo kot pomoč pri načrtovanju omrežja, pač pa tudi kot orodje za optimizacijo njegovega obratovanja ter upravljanja pretokov. Šele v letu 1960, ko piše drugo knjigo spominov, govori o pravi superponirani mreži. Pri tem zapiše: *»Ko pišem te vrstice, vidim, da smo po vsem videzu pre zgodaj začeli z višjo stopnjo državnega elektriškega gospodarstva, da so elektrifikacijska podjetja naših šestih federalnih republik zgradila nekakšno prvo nadstropje, pravzaprav pritličje, vsedržavne elektrifikacije. Zdaj pa že začinjamo graditi vsedržavno žilo, tako imenovano superponirano mrežo ...«*.

Verjetno se je razprava o obratovalni napetosti »superponiranega« omrežja razvnela kasneje in tako tudi ni splošno znano, za kateri naslednji napetostni nivo (nad 110 kV) se je tedaj opredelil Vidmar. Ko v referatu št. 4 na strani 39 omenja »perspektivne probleme«, se glede naslednjih prenosnih napetostnih nivojev še ne opredeli. V Spominih navaja, kako se je poleti leta 1961 ponovno dotaknil problema ozemljevanja nevtralne točke v slovenskem omrežju 110kV. Posamezne republike so se do tedaj že vse elektroenergetsko osamosvojile in povsod, razen v Sloveniji, so se odločili za direktno ozemljitev nevtralne točke. Medtem je bilo po Jugoslaviji tudi že realiziranih kar nekaj projektov »superponiranega« omrežja 220kV. Seveda je prišel stari problem ponovno v razpravo. Vidmar je na Pohorju, kjer je bil na počitnicah, pridno sestavljal ekspertizo z naslovom *»Električno ožilje Jugoslavije«* (Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana 1961), s katero se je podal ponovno v borbo »za

staro pravdo«. Pri tem je uspel, vendar ne za dolgo. V sedemdesetih letih je bila sprejeta odločitev, da tudi slovensko omrežje postopoma preide na direktno ozemljitev nevtralne točke omrežja 110kV. Podpisani se je o tem problemu večkrat pogovarjal z inženirjem F. Curkom, ki je kot Vidmarjev študent in kasneje sodelavec (delal je na omrežnem analizatorju) zadevo zelo dobro poznal. Odločitve o izbiri nazivne napetosti 380 kV (kasneje je standardizirana kot 400 kV) prenosnega »superponiranega« omrežja so bile sprejete kasneje. Na inštitutu je na področju omrežnih raziskav in strategije prevzel vodilno vlogo njegov dolgoletni asistent prof. dr. Marijan Plaper, ki je gotovo bil vključen v te razprave in je nekoliko kasneje odigral vodilno vlogo pri dilemah in odločitvah glede vključitve jugoslovanskega prenosnega omrežja v mednarodne okvire, ti. interkonekcije. Kot da bi asistent od učitelja poleg bogate razvojne vizije in delovnih metod prevzel evropsko naravnost in poslanstvo.

V drugi polovici 50-tih let se je inštitut razvijal v duhu Vidmarjevega načrta iz leta 1949. Do leta 1962 je dokončana graditev vseh poslopij. V glavnem poslopiju na Hajdrihovi 2 domuje tudi Elektrogospodarska skupnost Slovenije, v stavbi na Hajdrihovi 4, ki jo inštitut začasno da v najem Elektroprojektu, deluje začasno tudi Elektroprenos. Opremljenost laboratorijev napreduje počasi, ker se inštitut, zaradi pomanjkanja finančnih sredstev za nakup kakovostne profesionalne preskuševalne opreme, odloči za samostojno izdelavo najpomembnejših delov laboratorijev, načrte za nekatera načrtovana preskuševališča pa opusti. Omrežni analizator je v prostorih v pritličju glavne stavbe na Hajdrihovi 2.

Posebej je vredno omeniti Vidmarjev občutek za pomembnost zunanjega videza kot poudarek bogati vsebini. Prostori, kjer je bil vgrajen analizator, so bili obloženi z marmorjem, da bi s svojim bliščem dali dosežku, doma izdelani tehnično zahtevni in pomembni napravi, primerni ornat. Inženirji, ki so sodelovali pri graditvi analizatorja, so kasneje pripovedovali podrobnosti o konstrukcijski



*Analizator  
elektroenergetskih omrežij  
na inštitutu*

zasnovi in izdelavi njegovih posameznih sestavnih delov. Inženirji France Mlakar, Joško Rosina, Bogdan Remše, Franc Curk in prof. dr. Aleš Strojnik so piscu teh vrstic ob pripovedi raznih zgodb iz časov graditve analizatorja z velikim spoštovanjem vanjo vpletali Vidmarjevo ime.

Podobno usodo je doživel tudi Laboratorij za visoko napetost. Namembnost laboratorija je opisana v »Ustroju in delovnem načrtu ...« in je predvidela preskušanje delov teže do 80 t in preskušanje z udarnimi napetostmi do 2 MV. Za to potrebni generator naj bi dobavila švicarska tovarna E. Haefely iz Basla. Ker pa nabava ni bila izvedljiva, je bil po Siemensovi idejni rešitvi doma izdelan udarni generator 800 kV, kar je zadoščalo za preskušanje opreme za vgraditev v omrežje 110 kV. Področje visokonapetostnih naprav in njihovega preskušanja je Vidmar zaupal inženirju Edvardu Höflerju, ki je v inštitut prišel ob samem začetku njegovega delovanja in je pred tem deloval tudi v Siemens d. d. v Zagrebu. Tudi zahtevni osciloskop za opazovanje in merjenje hitrih udarnih napetostnih pojavov je bil izdelan doma. Zasnoval ga je razvijalec osciloskopov pri tovarni Iskra, inženir in kasneje doktor, Peter Starič. Vsa ta doma izdelana oprema je še dolga leta služila svojemu namenu. Izvor izmenične napetosti sta tvorila dva transformatorja, vsak za napetost 200 kV, in oba sta bila tudi izdelana na inštitutu. Tudi v primerih, ko je inštitut razpolagal z denarnimi sredstvi za nabavo visoko zmogljive opreme, ni imel na voljo potrebnih deviz za nakupe v inozemstvu. Da pa se devize izredno težko pridobijo, je pokazala že zgodba o omrežnem analizatorju Siemens & Halske. Pri razpolaganju z devizami so imele veliko prednost manj razvite republike v nekdanji državi in vojska. Prva faza Laboratorija za visoke napetosti je bila dograjena nekako istočasno kot glavna stavba.

Kasneje, ko je bila v letu 1962 zgrajena druga faza, je bila ta zgradba preurejena v strojnico druge faze. Laboratorij je bil zgrajen do druge faze z dimenzijami, ki so omogočale preskušanje opreme za napetosti do 400 kV, predvidena pa je bila



*Visokonapetostni laboratorij*

dograditev še naslednje faze (podaljšek do Jamove ulice). Preskusnih naprav za preskušanje opreme za »superponirano omrežje« ni bilo mogoče pridobiti in je bila naročena in prejeta kar nekaj let po Vidmarjevi smrti. Med kasneje naročeno opremo sodi tudi mostovno dvigalo za 5 t, ki ga je izdelal Lito stroj. Predvideno je bilo tudi, da bo laboratorij neposredno napajal kratek preskusni nadzemni vod za najvišje napetosti. Vod naj bi zgradili paralelno s Tržaško cesto v smeri proti Viču. V ta namen je Ožbolt Gros uredil vse administrativne formalnosti. Pridobil je potrebno razpolaganje s površinami (večinoma so bile nacionalizirane), kjer so bili predvideni gradbeni objekti, in služnost na parcelah, ki jih inštitut ni neposredno upravljal. Vidmar se je zavedal problemov korone na vodnikih za najvišje napetosti. Glavna naloga laboratorija je bilo preskušanje izolacijskih delov opreme za potrebe razvoja, pred neposrednimi projektantskimi odločitvami pa je bilo treba ugotoviti napetostno zdržnost izbranih izolacijskih elementov. Predvidena je bila še ena pomembna naloga: s preskušanjem postaviti diagnozo o stanju izolacije naprav v obratovanju, ki bi se periodično ob primernem vzorčenju demontirale in vračale na preverjanje v laboratorij. Vidmar je zapisal: *»Po vsem tem bo visokonapetostni laboratorij sicer prvenstveno služil perspektivnim problemom naše elektrifikacije, njenim dnevnim skrbem in nazadnje tudi naši razvijajoči se elektroindustriji«*. Do laboratorija naj bi po načrtih vodili tudi tramvajski tiri, po katerih bi vanj vozili najtežja bremena. V resnici je njegova opremljenost dosegla zadovoljivo raven šele leta 1968, ko pa se je laboratorij nekako »znašel« sredi mesta in je transport ter preskušanje transformatorja moči 40 MVA, ki je bilo sicer uspešno izvedeno, predstavljalo neverjeten logistični podvig. Laboratoriju za visoke napetosti je namenil še eno pomembno nalogo: preizkušanje transformatorskih olj. To nalogo je opisal z besedami: *»Razume se, da ne bomo smeli lahkomišelnostno opremljati naših transformatorjev in stikal z nepreizkušanim mineralnim oljem. Elektrotehnika ve, da so transformatorska olja muhasta, da so občutljiva za primeske vode pa tudi za druge primeske, ki se vtihotapljuje ob nezadostnem rafiniranju«*.

Njegova temeljita razmišljanja o prenosu električne energije s pomočjo zelo dolgih vodov z izmenično napetostjo so vodila k potrebi po empiričnem preverjanju teoretičnih hipotez. Temu problemu se je temeljito posvetil že prej in o njem napisal delo *»Veleprenosna proga v svetlobi telegrafске enačbe«* (*Akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana 1946*). V povezavi z visokonapetostnim laboratorijem naj bi zrased preizkusni vod, vendar je v skepsi glede možnosti prenosa z izmenično napetostjo na zelo velike razdalje predvidel tudi preizkusni vod za zelo visoke enosmerne napetosti. Bil bi gotovo zelo zadovoljen ob spoznanju, da se je danes »veleprenos« električne energije na velike razdalje orientiral skoraj izključno na uporabo enosmerne napetosti v ta namen. Na tem mestu omenjamo še drobno, a ne nepomembno okoliščino: da je prof. dr. Dušan Povh, ki se je kasneje dolga leta v koncernu Siemens ukvarjal z visokonapetostnimi enosmernimi



napravami za prenos električne energije in na nek način vsaj na ožjem segmentu tehnike sledil vizijam profesorjev Vidmarja in Plaperja, inženirsko delo začel kot raziskovalec na Inštitutu za elektrogospodarstvo.

Postavitev obeh načrtovanih laboratorijev za študij »veleprenosa« žal ni doživela uresničenja.

V času takoj po vojni je Vidmar začel intenzivno raziskovati obnašanje vodnikov za nadzemne vode. Probleme te vrste je temeljito obdelal v svoji knjigi »*Problemi prenašanja električne energije*« (Državna založba Slovenije, 1947). Obravnava večino tudi danes ne v celoti rešenih pomembnih mehanskih in termičnih problemov vrvi: segrevanje in ohlajanje, dodatna bremena (led, sneg, veter), dinamične pojave. Veliko naporov je posvetil vprašanju uporabe čistega aluminija za izdelavo faznih vodnikov in o tem predaval in poročal tudi na mednarodnih konferencah. V letu 1947 je objavil študijo »*Aluminij v električnih prenosnih progah*« (Akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana). Takoj je treba omeniti, da je pri zagovarjanju svojih stališč pri sogovornikih pogosto naletel na nasprotovanje. Verjetno si je obetal, na podlagi opazovanja obnašanja ob raznih obremenitvah različnih izvedb vrvi iz čistega aluminija, prepoznati zakonitosti obnašanja materiala in poiskati rešitve, ki bodo po intuiciji izbrano rešitev potrdile oziroma ji z manjšimi dopolnitvami na široko odprle vrata uspešne uporabe. Seveda pa tega v letu 1949 še ni spoznal in se morda tudi kasneje nikoli ni vdal spoznanju, da išče rešitev tam, kjer je pravzaprav ni.

Pred velikimi dogodki sredi leta 1950, ko je razpadlo Ministrstvo za energetiko FLRJ, je Vidmarja na počitnicah v Planici obiskal inženir Velimir Cihlar, predstavnik tovarne Rade Končar (avtor tega zapisa ga je spoznal v letu 1969 kot član Tehničnega odbora za transformatorje pri Zveznem zavodu za standardizacijo; temu odboru je V. Cihlar predsedoval). Iz predvojne Siemens d. d. je nastala velika tovarna in pred seboj so imeli velik projekt – izdelavo transformatorja moči 31,5 MVA, za napetost 110 kV. Zanimivo, pripoveduje Vidmar, kako so pravzaprav prišli do njega. Kot tovarna so bili dokaj nesamostojni in so pred vsako odločitvijo morali najprej povprašati na Ministrstvo za industrijo v Beogradu. Ministrstvo je z namenom čim hitrejše izvedbe projekta poizkusilo v inozemstvu poiskati ustrezno strokovno pomoč. Obrnili so se na ambasado v Londonu, naj tam poišče za vrhunskim strokovnjakom. Angleži pa so jim povedali, da imajo doma v Ljubljani to, kar iščejo v Angliji, in sicer svetovno znanega strokovnjaka za transformatorje, prof. dr. Milana Vidmarja. Seveda je Vidmar moral povprašati na »svojem ministrstvu«, ali lahko pomaga tovarni, ki je spadala pod Ministrstvo za industrijo. Svojega dela na inštitutu Vidmar s tem ne bi smel ogroziti. Dogovorili so se in tako je stekla pomoč pri konstrukciji »veletransformatorja«, na katero pa Vidmar ni bil preveč ponosen. Strokovni svetovalec pred njim je namreč že naročil kar nekaj osnovnih materialov, ki niso več dopuščali optimalne rešitve glede izgub.

V elaboratu, ki nosi številko 4 in daje pravi historiat snovanja in rasti inštituta, se je Vidmar zavaroval z naslednjim: »Ekspertize, s katerimi začenja Znanstveni inštitut za elektriško gospodarstvo v Ljubljani posegati v našo elektrifikacijo, so v marsičem usodne. Predvsem pa prinašajo nekaj dokončnega oziroma nekaj, kar naj bo dokončno. Vsaka dokončna rešitev je nesporno nevarna. Zato so in bodo ekspertize Znanstvenega inštituta za elektriško gospodarstvo v Ljubljani potrebne najstrožje kritike.«

V času nastanka inštituta je bilo na voljo le omejeno število inženirjev specialistov. Večina je bila šolana na Tehnični fakulteti pri Vidmarju. Redki so imeli priložnost oditi v razvojne centre industrije in svoje teoretično znanje nadgraditi z izkušnjami. Ljubljana praktično ni imela elektroindustrije, tudi velikih projektantskih birojev ni bilo. K neugodnim razmeram v tem pogledu je prispevala tudi vojna. Veliko je bilo žrtev vojnih spopadov, preganjanja, nekaj pa je prispevalo tudi izseljevanje. Že pred vojno so inženirji dobili redka delovna mesta v Zagrebu, kjer je bila jugoslovanska podružnica nemške družbe Siemens. Nekaj več je bilo tehnikov z dokaj dobro izobrazbo, toda primernejših za izvajanje delovnih nalog v podjetjih. Tudi na področju vzgoje raziskovalcev je z inštitutom Vidmar začel orati ledino. Na samem začetku mu je Ministrstvo za energetiko sicer ponudilo inženirje iz drugih delov države, vendar se nabor v tem smislu ni obnesel. Znanstvene raziskave lahko uspešno izvajajo specialisti, ki obvladajo znanstveno-raziskovalne metode, imajo na tem področju izkušnje, so dobro opremljeni in primerno organizirani ter motivirani. Ker so inženirji prišli večinoma le s splošno delovno prakso, je Vidmar predvidel naknadno in obširno šolanje. Zavedal se je tudi, da se proces dograjevanja strokovnega potenciala pri raziskovalcu nikoli ne neha. Zato je posebej poudaril potrebo po dobro opremljeni knjižnici, po tekoči nabavi strokovnih revij in možnosti strokovne izmenjave z inozemstvom, zlasti obiskov tujih uveljavljenih raziskovalnih centrov in razvojnih enot elektroindustrije. V tedanjih časih je inženir raziskovalec potreboval močno uporabno znanje matematičnih metod. Danes je v tem pogledu opremljenost z računalniškimi orodji popolnoma spremenila raziskovalni delovni proces. Raziskovalec si lahko hitreje, udobneje in veliko bolj pregledno izostril fizikalno sliko analiziranega procesa. Lahko opazuje prikaze dinamičnih procesov in vse to velja tako za tehnične kot tudi ekonomske raziskave. Tudi laboratoriji tedaj niso omogočali tako učinkovite raziskave zaradi neučinkovitih merilnih sistemov in tudi zaradi nepoznavanja krmiljenih preskusnih postopkov. Uveljavljal je način celovite obravnave problema ob sodelovanju strokovnjakov, ki zrejo nanj z različnih zornih kotov. Tako se rodi sinergični učinek, ki ga danes pogosto imenujemo z angleškim izrazom »brain storming«. Vidmar je preprosto zapisal »*To skupino (mislim je na jedro raziskovalnega kadra 25 vrhunskih strokovnjakov: op. pisca) bo bodoči dokončni Znanstveni inštitut lahko porazdelil na grupe, ustrezno laboratorijem, ki bodo nastali ...Razdelitev na grupe pa vendarle*

*ne bo smela biti tako ostra, da bi delo posameznih grup izgubilo vse medsebojne veze, skratka: da bi posamezne delovne grupe postali nekakšni v svoj ozki krog zaprti specialisti. Vsi problemi elektriškega gospodarstva so bolj ali manj povezani med seboj. Reševanje v navzven strogo ločenih specialnih grupah bi rešitvam perečih problemov nedvomno škodovalo.»*

Vidmar ne uporablja izraza elektroenergetski sistem. Uveljavili so ga kasneje njegovi učenci. Vselej pa je poudarjal povezanost vseh njegovih sestavnih delov, zlasti tedaj, ko je obravnaval »superponirano« omrežje. Videl je, da šele nadzemni vodi na najvišji napetosti »približajo« izvore (generatorje) ponorom. Razmišljal je o tem, kako to povezavo narediti še učinkovitejšo: kako znižati izgube, kako kompenzirati jalove tokove, kako obvladovati pojav korone na najvišjih napetostih, kako uporabiti čisti aluminij morda tudi pri snopastih vodnikih in tako naprej, skratka, kot Schubertova Nedokočana simfonija. Vselej je v svoje vizije vpletal zanimive prisposodbe in na vsakem koraku izžareval tudi svoj intelektualni humanistični naboj, ki ga je domiselno pridružil naravoslovnemu. Večkrat je pokazal, da ga ozko le v stroko usmerjeni inženirji ne navdušujejo; kar pomiloval jih je. V svojih spominih, skoraj na koncu teksta, kjer omenja počastitve, zapiše: *»V tistih trenutkih se mi je posvetilo, da so inženirji preveč izraziti materialisti, da jim je malo mar, kaj dela literatura, kaj muzika, kaj likovne umetnosti. Kar sram me je bilo dopovedovanja samemu sebi, da smo stoodstotni inženirji pravzaprav veliki barbari.«*

Ko to inženir prebere, verjetno najprej zavzdihne in pri sebi ponovi Vidmarjevo vprašanje, ki ga je postavil ob neki drugi priložnosti in ga je anekdotično omenjal tudi inženir Vekoslav Korošec, njegov sopotnik, kot generalni direktor Elektrogospodarske skupnosti Slovenije in kasneje kot dolgoletni direktor inštituta: *»Kaj je elektroinženir brez Prešerna?«* Preprosta prisposoda na isto temo. Vidmar je bil preveč kritičen, ker je v prejšnjih stavkih uporabil prvo osebo množine. Je pri tem mislil na to, kaj vse je morda tudi on zamudil? Pa je bil vendar široko razgledan v znanosti ter kot tudi kulturno. In končno: posvetilo se mu je v trenutkih, ko je pripravljal s seboj končni obračun. Tudi pisec si pogosto postavlja podobno vprašanje, še posebej danes, ko je postala energetika prepomembna za naše življenje, »da bi se z njo ukvarjali samo strokovnjaki«. Vendar je hkrati postala še bolj vseobsegajoča. Če je v njegovem času zajela le tehniko (po neki stari definiciji je tehnika fizika in denar), pa je danes vanjo vključena še komponenta »okolja«. Zelo pomembna komponenta, ki je Vidmar ne omenja pogosto, čeravno do okolja in narave sploh ni bil nepozoren in v svojih tekstih večkrat pokaže svoje navdušenje nad naravnimi lepotami. Tedaj je bil elektroenergetski sistem še svet zase, v njem so vladali posvečeni in on je nedvomno bil eden izmed mnogih, a v tej hierarhiji zelo visoko. Živel je, bival je v tem svetu. Spomnimo se njegovega odnosa do vsega, kar je sestavljalo ta magični sestav: transformator je bil zapravljaliv, je bil bolan, postaral se je in

končno umrl. Je kdaj omenjal estetski videz naprav, posebej njemu ob koncu poti tako ljubih nadzemnih vodov? Ne nazadnje se lahko vprašamo, morda danes še posebej: ali je res daljnovod grd, ko pa je v njem toliko tehnične lepote? Palična podpora je glede na pričakovane obremenitve natančno izračunana do zadnje palice in optimalno izvedena, tudi protikorozivno zaščiten in na najmanjši možni površini zabetonirana. Vodniki so pletene vrvi, sestavljene iz posebnih aluminijastih žic z dodatki, ki jim izboljšajo mehanično trdnost ob še sprejemljivi prevodnosti in vse to tudi ob delovni temperaturi. Nosilni del vrvi tvorijo jeklene žice, ki so zaradi korozije prevlečene z aluminijem. V posebnih primerih je v jedru vrvi še jeklena cevka in v njej so svetlovodna telekomunikacijska vlakna. Nosilni in razbremenilni izolatorji so konstrukcija zase, z natančno določenimi električnimi in mehanskimi lastnostmi kot rezultat desetletij dolgega razvoja, pravi »tehnični čudež«. In vse to skupaj je človekov genij razvil z namenom olajšati življenje in delo stotisočem, ki jim en sam tak dovršen izdelek preprosto ne more biti grd. Je mar grd Rimski kolosej, Pier Luigi Nervijev olimpijski stadion v Rimu, Beaubourg v Parizu?

Elektroenergetskemu sistemu se danes priključuje še porabniška stran, ki postaja aktivni udeleženec v procesu proizvodnje prenosa razdeljevanja in porabe. Še več: na kraju porabe se pojavljajo še razpršeni viri električne energije in v poplavi tujk v našem tehničnem jeziku smo osvojili še izraz »Prosumer« (sestavljena iz »producer« + »consumer«). Kako bi Vidmar v analognem omrežnem analizatorju modeliral virtualno elektrarno?

Do podrobnosti je izdelal pravila delovanja posameznikov, skupine in inštituta kot celote. Uveljavil je načelo kolektivne odgovornosti. Vsako nalogo, ki jo rešuje posameznik ali skupina, kritično pregleda in skupinsko v okvirih razprave dopolni ali sprejme ožji krog specialistov. Na naslovnem listu so naslednji podatki: naslov naloge, kdo je nalogo postavil, izdelovalci oziroma sodelavci in diskusije ali debate. Podpis direktorja na naslovnem listu izraža kolektivno odgovornost za opravljeno delo. Podpis na koncu dela pa izraža odgovornost vodilnega raziskovalca in tudi njegove zasluge za opravljeno delo.

Razumel je in poskušal tudi uveljaviti načelo, da mora raziskovalec imeti osnovne življenjske probleme rešene, če naj se neovirano posveti v celoti svojemu delu. Tako je v gradbeni program s soglasjem ministra vključil tudi stanovanjsko kolonijo, ki je bila dograjena hkrati s celotnim stavbnim kompleksom. Zahteval je, naj bodo stanovanja nadstandardna, zasnovana tako, da bo imel vsak raziskovalec svojo delovno sobo, v kateri bo lahko *v miru delal in razmišljal*. Prav tako se je zavedal, da neustrezna preskrba z življenjskimi potrebščinami ravno tako slabo vpliva na delovni ritem raziskovalcev, zato je v »*Ustroju in delovnem načrtu ...*« predlagal ustanovitev posebnega *ekonomata*, »...*kajti znanstveni delavec, ki je s svojim vsakdanjim življenjem nezadovoljen, nima domislekov, ki bi lahko izdatno dvignili njegovo delo.*«

V času pred koncem vojne je veliko pisal in dobro poznal pravice iz avtorskega prava, zato je v razgovorih z ministrom prav na koncu omenil tudi avtorske pravice. Za vse izdelke – ekspertize, originalne rešitve, elaborate in podobno – prevzema inštitut kolektivno odgovornost in tako so tudi avtorske pravice kolektivna last. Predvidel pa je kasnejšo ureditev individualnih avtorskih pravic. Čas za ureditev tega problema tedaj pač še ni bil dovolj zrel.

Vidmar je bil vizionar. Velika večina njegovih napovedi in uresničena vizija reševanja tehničnih nalog kot podpora razvoju sistema za proizvodnjo, prenos in distribucijo električne energije je bila presenetljivo natančna. Ko govori o svojih vizionarskih sposobnostih, včasih podvomimo, ali mu je zares uspelo ugotoviti izid in natančen čas nekega dogodka. Dvom lahko odpravimo ob dejstvu, da je imel najbrž pri šahovski igri razvito sposobnost temeljite, vztrajne in natančne analize večjega števila bodočih »potez«. Pri tem razmišljanju je ves čas ohranil visoko koncentracijo in imel pred sabo vrsto »že odigranih partij«. Na to pomislimo, ko beremo v 21. poglavju Spominov opis njegovega srečanja s predstavniki Siemens-Schuckertwerke iz Berlina ob koncu leta 1941. Natančno je napovedal čas konca vojne. Ali lahko vse omenjeno uvrstimo med naključja, ali se nam porodijo še drugi dvomi?

V času vseh skoraj petdeset let »po Vidmarju« je inštitut doživel neprestano posodabljanje in tudi rast. Število sodelavcev je od približno 35 naraslo na več kot 120 v osemdesetih letih in se kasneje spet znižalo na približno 90. V tem času je inštitut postal Vidmarjev tudi po imenu.

Vidmarjevo poslanstvo in vizijo je kot dediščino od prejšnje prevzemala vsaka nova generacija. Vedeti kako (»know-how«) nekaj narediti, se je naslednja generacija učila v živo od prejšnje in svoje znanje nadgradila s sodobnejšimi metodami ter s spoznavanjem novih tehnologij in sistemov. Na njegovem delovnem mestu direktorja inštituta se je po njegovem odhodu in smrti 9. oktobra leta 1962 zvrstilo vse do danes šest inženirjev, ki so vsi brez izjeme razumeli in sprejeli njegovo razvojno vizijo in ji samo dodajali sestavine, ki jih je prinašal tehnološki in družbeni razvoj. Poslanstvo Elektroinštituta Milan Vidmar pa je skoraj v celoti dediščina profesorja Milana Vidmarja.

## Vidmarjev inštitut po Vidmarju

---

Primerjava vsebine Vidmarjeve dediščine in današnjega poslanstva inštituta je mogoča ob upoštevanju vplivnih sprememb, ki jih je prinesel tehnološki in družbeni razvoj v času pol stoletja od njegove smrti. Nekaj vplivnih dejavnikov je verjetno videl že tedaj, a si gotovo ni mogel zamisliti dinamike razvoja.

Tehnološki razvoj primarnega dela elektroenergetskega sistema je prinesel veliko novosti, čeprav se na prvi pogled ni veliko spremenil. V uporabi so novi materiali, nove konstrukcije pomembnih sestavnih delov sistema in obeti so, da bodo naslednja leta prinesla temeljite spremembe. Razvite in uvedene so bile t. i. GIS (Gas Insulated Substations) oklopljene naprave, polnjene s plinom SF<sub>6</sub>, GIL (s plinom polnjeni vodi), s plinom polnjeni transformatorji, vakuumski odklopniki, polietilenski kabli, HVDC (visokonapetostne naprave za enosmerno napetost), Phase Shifter (prečni transformatorji), hibrid generator/transformator t. i. Powerformer, vrhunska merilna in preskusna diagnostična oprema itd. Potrebe po poglobljenih sistemskih analizah so bile vsa pretekla leta osrednji del raziskovalnih naporov inštituta. Načrtno gospodarstvo v povojnem obdobju in tudi tedanja stopnja razvitosti naprav in omrežja sta dala inštitutu na prvi pogled idealne pogoje za njegov notranji razvoj in prispevek k pospešeni industrializaciji države. V tem kontekstu je Vidmar videl priložnost za inštitut. Zato si je prizadeval inštitutu pridobiti vlogo ustvarjalca recepture, ki naj se obvezno uporabi. S tem bi inštitut monopoliziral strokovno odločanje glede nadaljnjega razvoja. V načrtnem gospodarstvu naj ne bi bilo v tem pogledu nikakršnih težav. Težave pa so nastale (in to že takoj), ko se mnenja niso uskladila glede razvoja posameznih republik in tudi pri posameznih tehničnih rešitvah ni bilo soglasja. Lepo se je to pokazalo pri odločitvi glede obravnave ozemljitve nevtralne točke omrežja 110 kV. V teh prizadevanjih dobrega izida niti ne bi smel pričakovati. V nadaljevanju je lahko računal na moč argumentov. Argumente pa lahko dajo kakovostne raziskave.

Prva sestavina poslanstva je hkrati trajna naloga: **slediti tehnološkemu razvoju brez časovnega zamika in razvijati ter uvajati najsodobnejše analitične metode.** Te cilje je mogoče učinkovito zasledovati z odprtostjo, dobrim mednarodnim sodelovanjem in tesnimi odnosi s sorodnimi raziskovalnimi institucijami ter industrijo.

Naslednji element poslanstva je **ustvarjanje sinergičnih učinkov v uvajanju zrelih rezultatov bazičnih raziskav v aplikacijo.** Uporaba rešitev v praksi pomaga inženirju-raziskovalcu izbrati tiste rešitve, ki razmeroma hitro prinašajo

dobre gospodarske učinke in ga pri tem usmerjajo ter postavijo na realna tla pri bodočih raziskavah. Aplikacija pogosto prinaša tudi neposredno odgovornost za predlagane rešitve.

Vidmar je v svoji dediščini inštitutu zapustil tudi obvezo prizadevati si za visoko profesionalnost nasploh in poiskati pomembno **vlogo med protagonisti slovenskega elektroenergetskega prostora**. Omenjeno je že bilo, da je inštitut že kmalu po ustanovitvi in prvih začetkih delovanja v letu 1950 stopil pod okrilje SAZU v Ljubljani. Od tedaj dalje ima akademija pomembno vlogo pri sooblikovanju inštitutske vpetosti v procese razvoja slovenske elektroenergetike in delovanja slovenskega elektroenergetskega sistema.

Inštitut glede na svojo velikost in strukturo ne more strokovno pokrivati vseh tehnoloških vej elektroenergetike; tega se je v tedanjih razmerah zavedal že Vidmar. Danes sicer nekoliko večji obseg inštituta še vedno omogoča poglobljeno obravnavo le dela celotnega razvojno-raziskovalnega programa za potrebe elektroenergetike. V tem smislu je inštitut nabral izkušnje, v kateri smeri pravočasno razvijati lastne potencialne in kje poiskati kakovostno tujo pomoč in jo priključiti v projektne skupine. S tem namenom goji **trajne tvorne odnose z vrsto mednarodno priznanih inštitucij**. K temu prispeva mednarodna dejavnost in medlaboratorijska izmenjava ter neposredno prevzemanje laboratorijskih storitev za vrsto naročnikov po Evropi. Zato si inštitut prizadeva za sodobno kvalitetno laboratorijsko opremo, ki omogoča delovanje v okvirih akreditacijskih zahtev.

Ves čas je inštitut s svojim strokovnim kadrom, stabilnimi in mobilnimi laboratoriji dejavno vključen v graditev, obratovanje in vzdrževanje elektroenergetskih naprav in objektov. Izvaja neposredno preverjanje kakovosti vgrajene opreme za nove objekte, preverja funkcionalnost in zanesljivo delovanje naprav in ne nazadnje sodeluje v procesu vzdrževanja s kakovostno diagnostiko opreme oziroma njenih delov. To inštitutu **omogoča vzdrževanje vrhunskega poznavanja in obvladovanja sodobnih metod preskusov in meritev, nabave za to potrebne opreme, ki služi hkrati za izvajanje aplikativnih raziskav**. Nedvomno je ta dejavnost plod nadaljevanja Vidmarjeve doktrine in del sprejetega poslanstva v njegovi dediščini. Širok delovni program inštituta, ki se je skozi čas in ob množici vplivov širil, obdržal pa je osnovno izvorno določeno usmeritev. Potencial znanja in zbranih izkušenj več generacij inštitutskih inženirjev, sodobne delovne metode in orodja omogočajo, da Vidmarjev inštitut danes kakovostno rešuje naslednje naloge:

- analiza in napovedovanje potreb po končni energiji in še posebej analiza scenarijev potreb po električni energiji v prihodnosti,
- analiza z optimizacijo proizvodnih kapacitet sistema (na podlagi simulacij proizvodnih karakteristik),

- modeliranje in izdelava matematičnih orodij ter računalniških programov načrtovanja razvoja EES in celotnega energetskega gospodarstva,
- informacijski sistemi v energetiki in baza podatkov,
- analiza stroškov ter cene in tarife energije,
- raziskave osnovnih načel oblikovanja električnih omrežij vseh napetostnih nivojev,
- analize in optimizacija parametrov energetskih elementov omrežij,
- analize učinkov obratovanja sistemov v interkonekciji,
- razvoj delovnih orodij in metod za načrtovanje prenosnih in distribucijskih omrežij,
- načrtovanje prenosnih omrežij,
- načrtovanje distribucijskih omrežij,
- koncepti vodenja in avtomatizacije EES,
- analize obratovanja sistema v normalnih in kriznih stanjih,
- stabilnostne analize EES,
- razvoj postopkov za prognoziranje obremenitev, optimiranje obratovanja in načrtovanje rezerve moči,
- regulacije napetosti in frekvence v postrojih ter sistemske regulacije,
- funkcionalni preskusi in tehnični pregledi ter strokovni nadzor pri graditvi sistemov vodenja; konzultacije pri izdelavi pripadajoče projektne dokumentacije,
- zagotavljanje in kontrola kakovosti sistemov vodenja v EE postrojih,
- meritve obratovalnih lastnosti omrežij v tranzientnih stanjih,
- preskusi kakovosti in ugotavljanje pričakovane zanesljivosti visokonapetostnih izolacijskih elementov in opreme v lastnih laboratorijih,
- diagnostika stanja visokonapetostne opreme na terenu s pomočjo mobilnih laboratorijev,
- meritve in simulacije prenapetostnih pojavov,
- prenapetostna zaščita in koordinacija izolacije,
- strokovni pregledi elektroenergetskih napeljav, naprav in postrojev glede ustreznosti tehničnim in varstvenim normativom,
- ocenjevanje in presoja obremenitve okolja zaradi elektromagnetnih vplivov elektroenergetskih naprav napeljav in postrojev,
- kontrolne meritve elektromagnetnih vplivov na okolje zaradi obratovanja naprav, napeljav in postrojev,



- kontrolne meritve na ozemljilnih sistemih postrojev,
- vsestranska obravnava problemov elektrokorozije in vplivov vagabundirajočih tokov,
- vsestranska obravnava problematike vplivov kratkostičnih tokov v EES,
- vsestranska obravnava emisij iz termoeenergetskih objektov ter presoja posledičnih obremenitev okolja,
- superkontrola graditve in strokovni pregledi naprav, napeljav in postrojev termoelektrarn in hidroelektrarn glede ustreznosti tehničnim in varstvenim predpisom in normativom,
- kontrola funkcionalnosti in zanesljivosti naprav v TE in HE v obratovanju ter ugotavljanje njihove preostale življenjske dobe,
- revitalizacija elektrarn,
- obravnava problematike EMC,
- obravnava kakovosti napetosti pri dobavi električne energije,
- fizikalno-kemijske preiskave transformatorskih in mazalnih olj,
- plinsko-kromatografske preiskave transformatorjev,
- tekočinsko-kromatografske preiskave transformatorjev,
- ocenjevanje preostale življenjske dobe transformatorjev,
- ugotavljanje vsebnosti PCB v izolacijskih tekočinah,
- izdelava globalnih ocen in ekspertiz za transformatorje pred odločitvami o generalnih remontih oziroma o izteku življenjske dobe.

Inštitut dobro sodeluje z visokošolskimi ustanovami v pedagoškem ter tudi raziskovalnem procesu. Vrsta vrhunskih strokovnjakov in kasneje pedagogov je izoblikovala svoj specialistični profil na inštitutu in se kasneje vključila zlasti v delo Fakultete za elektrotehniko v Ljubljani.

Vidmar je bil suveren znanstvenik. Pogosto je svoje zamisli razčlenil in zapisal samostojno in imel nekakšno distanco do svojih sodelavcev, kar je bilo normalno. Bil je njihov profesor, vendar je z zagonom inštitutskega znanstvenega mehanizma pospešil in uveljavil skupinsko delo. Nekateri njegovi sodelavci, ki so imeli morda več praktičnih izkušenj, so ga znali kritično opozoriti na napake v njegovih pogledih. S tem se je rodila inštitutska doktrina debat, diskusij in internih recenzij, kar tudi uvrščamo med sprejeto Vidmarjevo poslanstvo.

Seznam vseh vplivnih sprememb v dejavnosti elektroenergetike od Vidmarjevih časov vse do danes je dolg in terja podrobnejšo razčlenitev.

Znanstvene panoge za obravnavo energetike se z njenim družbenim pomenom množijo. Najprej sta bili v ospredju energija in njena ekonomika, veliko več v povojnem pomanjkanju niti ne pričakujemo in ne najdemo. Tudi družbene

razmere so energetiki naklonjene in zavest, da sleherni napredek prinaša tudi obremenitve prostora, še ni dovolj močna in dejavna. Parola »Električno energijo v vsak dom!« prevladuje. Prve odzive (in odpor) na idejne projekte – v obravnavi so bile nekatere akumulacijske hidroelektrarne – zasledimo že v šestdesetih letih. Zato se Vidmar v svojih Spominih (in še manj v strokovnih delih) tega problema praktično ne dotakne. Ta odziv dejansko predstavlja začetek uvajanja nove panoge v inštitutsko dejavnost, ki jo v sedemdesetih letih pospeši še strokovna obravnava emisij termoelektrarn. Inštitut postane dejaven na področju vplivov na okolje. Že v začetku sedemdesetih let je skupina sovjetskih raziskovalcev na konferenci CIGRÉ v Parizu predstavila način obravnave vpliva električnega polja v visokonapetostnih napravah in pod nadzemnimi vodi na okolje. Ne glede na razmeroma odklonilen ali vsaj skeptičen odziv mednarodne stroke na predstavljena stališča je kmalu za tem inštitut začel z meritvami električnega polja, da bi na konkretnih primerih ugotovili, kakšno je stanje v tem pogledu pri nas. Nekako istočasno smo, v okviru preiskav opreme za nadzemne vode 400 kV, izvajali meritve visokofrekvenčnih motenj na modelih vodov. Tako smo zajeli nekaj bistvenih vplivnih dejavnikov na okolje. Tu smo sami orali ledino in se nismo mogli nasloniti na Vidmarjevo dediščino. Umeščanje objektov v prostor je postalo dolgotrajen in zamotan proces. Znanstvena obravnava bodočega razvoja elektroenergetskega sistema mora vključiti tudi novo panogo, okoljsko znanost, ekologijo.

Naslednjo pomembno spremembo, zaradi nepripravljenosti celotne energetske panoge dokaj neugodno za celovito obravnavo razvoja elektroenergetskega sistema, je prinesla deregulacija. Ob koncu leta 1999 je Državni zbor sprejel nov Energetski zakon, po katerem je postala električna energija blago. Posledica je bila, da se je razvoj zmogljivosti proizvodnje, prenosa in distribucije električne energije upočasnil. Inštitut je ohranjal ves čas po Vidmarju dobro povezanost z odgovornimi strukturami za razvoj omrežja na vseh napetostnih nivojih, vendar ta proces ni več potekal zvezno. Liberalizacija trga je prispevala k prepričanju, da se mora uveljaviti konkurenca tudi na trgu raziskovalnih storitev. Ali bo ta način prispeval k učinkovitejšim raziskavam in hitrejšemu ter kvalitetnejšemu pridobivanju »receptov«, če si izposodimo Vidmarjev jezik, prepustimo bodočnosti.

Velike spremembe so za bodoči razvoj elektroenergetskega sistema prinesle odločitve, ki jih je sprejela Evropska unija in zadevajo omejitve tako glede porabe energije v celoti, kot tudi glede okoljskih obremenitev (zlasti omejitev emisij termoenergetskih objektov), ki jih prispeva konverzija energije v električno. Sprejete smernice odredajo posebej bodoči prispevek obnovljivih virov energije (OVE) k skupni proizvodnji električne energije. Pomemben prispevek naj bi dosegli z učinkovito rabo energije (URE) in z upravljanjem porabniške strani (DSM). V ta namen bi zgradili pametna omrežja (SmartGrid) na temelju

popolnoma novega informacijskega sistema (ITC) in uvedbe avtomatične merilne infrastrukture (AMI). Pričakujemo tudi začetek uporabe električne energije v osebem transportu (EM).

In kaj vse to pomeni za inštitut?

Sistemske analize je inštitut temeljito zastavil ob zagonu svojega prvega omrežnega analizatorja in od tedaj dalje je potekala obravnava posameznih sistemskih vidikov: študij pretokov, kratkih stikov, primarne in sekundarne regulacije, dinamičnih pojavov in tako naprej. Seveda so se metode in orodja z razvojem posodabljali. Rezultati teh analiz so se odražali v načrtovanju omrežja, načrtovanju zaščite, optimiranju obratovanja, stabilnostnih analizah. Dosedanji razvoj je temeljil na (čedalje močnejših) koncentriranih virih električne energije in pretokih od teh virov proti porabnikom. Na tem načelu je vse do nedavnega temeljilo načrtovanje in oblikovanje omrežja. O upravljanju porabniške strani tudi ni bilo veliko govora.

Zahteve glede zanesljive in varne dobave električne energije po sprejemljivi ceni vsem porabnikom postavljajo pred sistemske načrtovalce vrsto popolnoma novih nalog. Inštitut je pred podobno nalogo, kot je bil Vidmar ob zahtevi »Električna energija v vsak dom«. Omeniti pa je pri tem potrebno popolnoma novo raziskovalno panogo, ki je inženirji ne obvladujemo, pa tudi naš učitelj bi bil pred njo najbrž v zadregi. Ta panoga je sociologija. Omenjene velike spremembe v procesu zagotavljanja energetske oskrbe in dogajanja zadnjih nekaj let kažejo, da elektroenergetiki sami preoblikovanja sistema, v katerega sedaj sodi tudi porabniška stran, ne bomo zmogli. Z dialogom v jeziku, ki ga nismo vajeni, pa se



*Milan Vidmar – glavni sodnik tekmovanja za svetovnega šahovskega prvaka v Moskvi 1952*

ga moramo naučiti, moramo aktivirati vse odločilne dejavnike, da se bo ta proces odvijal z dinamiko, ki bo zagotavljala doseganje postavljenih ciljev. Vidmarjeva intuitivnost in širina duha ter morebiti tudi njegova šahovska zvitost bi bile gotovo dobrodošle.

Vidmar svoje Spomine zaključí s šahom. Pri tem bralec zanimivega teksta nikoli ne odkrije, kaj je imel Vidmar raje: šah ali elektrotehniko. Enako tudi ob prejemu zlate doktorske diplome na Dunajski tehniški visoki šoli v razgovoru z gospodom rektorjem pravzaprav nista ugotovila, ali je zares diplomiral, vendar prav gotovo ne iz elektrotehniko.

Gotovo pa je imel rad svoj inštitut in njegovi nasledniki smo na to pogosto pomislili ob tem, ko smo spoznavali in občudovali veličino tega izjemnega moža. Pogled na šahovnico nas vodi k misli, da najbrž v vsaki situaciji obstaja najboljša poteza, toda nikoli ni gotovo, če jo bo igralec zares našel. Pogled na našo elektroenergetsko šahovnico kaže hudo zapleteno situacijo. In še nekaj je, na kar je treba pomisliti: šahovska ura, velik sovražnik šahistov, neusmiljeno tiktaka.

## Vplivi Vidmarja pri nastajanju JUKO CIGRÉ

---

Milan Vidmar je leta 1921 objavil pri založbi Julius Springer v Berlinu svojo najznamenitejšo knjigo *Die Transformatoren*. To je bila druga Vidmarjeva knjiga za to znano založbo, ki je bila specializirana za knjige in revije s področja znanosti, tehnologije in informatike. Obdobje na prelomu devetnajstega v dvajseto stoletje je bilo obdobje nastajanja električnih sistemov, avtomobilske industrije in telekomunikacij. Svet se je začel vse hitreje spreminjati. Potrebe po novih znanjih in tehničnih učbenikih so bile čedalje večje. Založba družine Springer je v tem obdobju postala vodilna svetovna založba za knjige s področij novih tehnologij: imela je več kot 300 zaposlenih in več kot 100 knjižnih izdaj letno. Vidmarjeva knjiga je bila zelo kakovostna in je bila hitro razprodana, pa čeprav je to bila že druga knjiga te založbe na temo transformatorjev (prvo knjigo je založba izdala že leta 1904, z naslovom »*Die Transformatoren: Ihre Theorie, Konstruktion, Berechnung und Arbeitsweise*«, avtorja Engelberta Arnolda). Štiri leta po prvi izdaji, leta 1925, je bila izdana druga dopolnjena izdaja Vidmarjeve knjige. Ta je bila leta 1931 prevedena tudi v ruščino, kasneje (leta 1956) pa je kot tretja dopolnjena izdaja za Švico doživela ponoven uspeh. Večina nemško govorečih inženirjev elektrotehnike tega časa se je učila prav iz te knjige.

Zanimivo je, da je leta 1921 nastala tudi mednarodna organizacija **CIGRÉ** (prvotno je ta kratica pomenila *Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques* in po letu 2000 *Conseil International des Grands Réseaux Électriques* oz. v slovenščini *Mednarodni svet za velike električne sisteme*) – kot posledica potreb po mednarodni organizaciji strokovnjakov, ki bi reševali skupne probleme pri nastajanju povezanih velikih električnih sistemov.

Prve ideje o ustanovitvi stalne elektrotehnične mednarodne konference segajo že v obdobje pred prvo svetovno vojno oz. prva leta dvajsetega stoletja. Ob koncu devetnajstega stoletja so se znanja o elektrotehničnih novostih prenašala predvsem na svetovnih razstavah ali posebnih elektrotehničnih razstavah. Tako je bila leta 1881 prva elektrotehniška razstava v Parizu, naslednja leta 1882 v Münchenu, tretja leta 1883 na Dunaju, četrta v Torinu 1884 itn. Dunajska elektrotehniška razstava (leta 1883) je imela določene vplive tudi na Slovenijo, saj je v tem času zasvetila prva električna luč na Slovenskem. Takrat so nastale tudi prve zasnove, kako naj se razvija električni sistem. Električna energija je definitivno dobila pomembno vlogo v nadaljnjem razvoju človeštva. Ni več bilo dilem, ali je to primeren vir in prenosnik energije. V tehnološkem spopadu med enosmernim in izmeničnim tokom (1888–1895) je zmagala oblika izmeničnega

večfaznega toka, ki se je izkazal za najprimernejšega za široko uporabo. Elementi, kot so generatorji, transformatorji, vodniki, izolatorji in sistemska vprašanja delovanja električnega toka, so postali središče zanimanja novonastale stroke. Začele so se ustanavljati tudi fakultete za elektrotehniko, zlasti po prvi svetovni vojni. Prva fakulteta za elektrotehniko na svetu je bila sicer ustanovljena že leta 1882 na Tehnični univerzi v Darmstadtu v Nemčiji, ampak do prve svetovne vojne jih je bilo v svetu le nekaj. Marsikje so se ustanovile šele po drugi svetovni vojni, kot npr. v Ljubljani.

IEC (International Electrotechnical Commission) kot mednarodna elektrotehniška komisija za izdelavo standardov (ustanovljena je bila leta 1906 in njen prvi predsednik je bil slavni lord Kelvin oz. s pravim imenom William Thomson) je bila zadolžena za standardizacijo opreme, poimenovanje električnih veličin in enot ter definicije izrazov. Pri svojem delu je potrebovala raziskovalno podporo mednarodnih strokovnjakov. Zato je IEC predlagal ustanovitev neke oblike mednarodne konference, na kateri bi dopolnjevali znanja o določenih dognanjih, elementih in na splošno električnih sistemih. Ob pomoči še ene organizacije, *Union des Syndicats de l'Electricité* (USE) iz Pariza, ki je ponujala svoje kadre in prostore, je ideja o ustanovitvi takšne mednarodne konference bila že blizu realizacije. Tukaj je potrebno poudariti, da združenje sindikatov električne stroke nima nikakršne zveze z delavskimi gibanji in našim današnjim pojmovanjem besede sindikat. Beseda sindikat pomeni predstavnik neke stroke, javni zastopnik oz. v tem primeru in z današnjim besediščem »elektrotehniško zvezo« ali zvezo strokovnjakov elektrotehnikov. V USE so bili združeni francoski strokovnjaki električne stroke.

V času po prvi svetovni vojni je bila Evropa precej razrušena in potrebna hitre obnove. Leta 1920 je bila velika suša, ki je dodatno prizadela Evropo. Velike investicije v novo infrastrukturo so bile povezane z začetki elektrifikacije. Nastala so razmišljanja o povezovanju takratnih majhnih izoliranih električnih sistemov in medsebojni podpori hidro- in termosistemov, zlasti med Švico in Francijo oz. Italijo. Začelo se govoriti o povezanih električnih omrežjih. Potrebni so bili novi standardi za opremo. Istočasno se je odpiral mednarodni trg opreme. To je bila priložnost, da se skliče mednarodna konferenca. Generalni sekretar francoskega združenja elektrostroke USE, Jean Tribot Laspierre, je 21. marca 1921 v Parizu sklenil dogovor s predsednikom IEC, Američanom C. Maillouxom, in generalnim tajnikom IEC, Angležem C. Le Maistreom, da se skliče mednarodna konferenca za velika električna omrežja. Na priporočilo IEC naj bi se konferenca ukvarjala s problematiko prenosa z visokimi napetostmi in bi imela znanstveno-tehnični in uporabni značaj. Takrat je bila najvišja napetost na svetu 120 kV. Po šestmesečnih pripravah je bila sklicana prva konferenca, ki se je odvijala v Parizu **od 21. do 26. novembra 1921**, in sicer na sedežu USE. IEC je poskrbel za udeležbo več držav, ki so bile članice te organizacije, saj je bila to pomembna

konferenca za IEC. Konference se je udeležilo 231 delegatov iz 12 držav. Države poraženke v prvi svetovni vojni niso bile povabljene oz. niso smele sodelovati na konferenci, čeprav je bila Nemčija elektrotehnično zelo razvita za ta čas. Zato so nekateri zgodovinarji imeli CIGRÉ za »otroka« antante, zmagovalne alianse prve svetovne vojne. Za prvega predsednika CIGRÉ je bil izvoljen Francoz R. Legouez (na tem položaju je bil do leta 1928), do takrat predsednik USE, za častnega predsednika pa g. Mailloux, predsednik IEC. Na konferenco je prispelo 64 referatov, ki so bili obravnavani v treh sekcijah. Na sami konferenci še ni bila sprejeta trajna organizacijska oblika.



*Udeleženci prve konference CIGRÉ v Parizu leta 1921  
(Na desni strani prvi sedi Jean Tribot Laspierre – ustanovitelj organizacije CIGRÉ.)*

Ustanavljanje CIGRÉ je potrebno gledati v kontekstu iskanja novih gospodarskih in tehnoloških usmeritev na širši mednarodni osnovi. Razlika med CIGRÉ in IEC je bila in je še vedno v tem, da CIGRÉ predstavlja individualna mnenja o nekem tehničnem problemu in ne (kot IEC) nacionalno dogovorjenih stališč. To daje udeležencem srečanj CIGRÉ pri strokovnih razpravah potrebno svobodo razmišljanja, rezultatom obravnav določenih tem pa dodano vrednost.

Drugo zasedanje CIGRÉ je bilo leta 1923 in na njem so bili sprejeti trije pomembni sklepi:

- da se konference sklicujejo na dve leti,
- da se ustanovijo nacionalni komiteji za zbiranje referatov v posamezni državi (prvi nacionalni komiteji so bili britanski, nizozemski in italijanski) in
- da se ustanovi študijski komite za proučevanje **racionalne rabe energije**.

Iz študijskega komiteja za racionalno rabo energije se je porodila ideja za ustanovitev širše energetske mednarodne organizacije. Tako je dejansko iz tega študijskega komiteja CIGRÉ že leta 1924 nastala Svetovna energetska konferenca, danes poznana kot Svetovni energetske svet (*World Energy Council* – WEC). Prvotno se je imenovala *World Power Conference* in je bila leta 1924 sklicana v Londonu. Sklicatelj je bil Daniel Nicol Dunlop, ki je bil kasneje razglašen za ustanovitelja. Leta 1968, na konferenci v Moskvi, je spremenila ime v *World Energy Conference* in leta 1992, ko je bil kongres v Madridu, v sedanje ime: *World Energy Council* (WEC). Ta organizacija je imela v tridesetih letih prejšnjega stoletja pomembno vlogo pri usmeritvah razvoja svetovne energetike.

Za pomemben mejnik velikih svetovnih dogodkov s področja energetike tega časa vsekakor sodi **druga svetovna energetska konferenca**, ki je bila leta 1930 v Berlinu. Slovenski časopis *Jutro* je 21. junija 1930 poročal o tej konferenci, kot o velikem zboru svetovnih znanstvenikov, gospodarstvenikov, tehnikov in diplomatov, ki razpravljajo o izkoriščanju svetovne energije. Otvoritveni govor je imel Albert Einstein, ki je govoril o vprašanju fizikalnega prostora in vprašanju etra. Tehnični »čudež« za ta čas in za nekatere pa je predstavljal brezžični prenos pozdravnega govora predsednika konference ter brezžični pogovor z znanstveniki v Ameriki. Predsedujoči konference je bil slavni Oscar von Miller. On je, skupaj z Michaelom Dolivom-Dobrovolskim, avtor prvega prenosa trifaznega izmeničnega toka v zgodovini. Prenos je bil leta 1891 med nemškima mestoma Lauffen in Frankfurt na Majni, na razdalji 175 km, kar se šteje za začetek uveljavitve izmeničnega trifaznega toka. Uspešnost tega evropskega projekta je bistveno vplivala na ameriško odločitev za izbor Westinghausovega predloga projekta za hidroelektrarno na Niagari leta 1895. Ta je bila sicer dvofazna različica s frekvenco 25 Hz. Projekt za to elektrarno je naredil prof. George Forbes iz Londona. S tem projektom se je začela komercialna era izmeničnega večfaznega toka, ki je zmagal nad enosmernim električnim tokom. V ameriški literaturi to večkrat imenujejo prva tehnološka vojna oz. vojna med enosmernim in izmeničnim tokom ali tudi borba med velikima izumiteljema Edisonom in Teslo. Samo dve leti za tem projektom je v Ljubljani ob fužinskem gradu na Ljubljani zgrajena prva slovenska trifazna elektrarno, ki je obratovala s frekvenco 42 Hz.

Zato se šteje Oscar von Miller za pionirja elektrotehnične stroke in tudi zato je bil imenovan za predsednika druge svetovne energetske konference v Berlinu. Sicer je bil Miller tudi soavtor prvega prenosa z enosmernim tokom na razdaljo 40 km, in sicer skupaj s Francozom Marcelom Deprezom (leta 1882). Kasneje je Miller ustanovil svetovno znan Tehnični muzej v Münchnu.

Ni zanesljivih virov, ali se je te konference v Berlinu udeležil Milan Vidmar. (Znano pa je, da se je udeležil prof. dr. Vladimir Šlebinger, znameniti slovenski elektrotehnik, ki je to povedal avtorju tega teksta.)





### K otvoritvi odlične znanstvene konference

▼ Berlinu se je otvorila konferenca za izkoriščanje svetovne energije, ki se je udeležuje mnogo najbolj znanih znanstvenikov, gospodarstvenikov, tehnikov in diplomatov. Zgoraj levo: Zunanji minister dr. Curtius sporoča pozdravo državno vlade konferenci. Sreda: Pogled na prostor za poslušalce. Desno: Slavn profesor Einstein med svojim senzacionalnim predavanjem o »vprašanju fizikalnega prostora in vprašanju etra«. Spodaj: Predsednik Oscar v. Miller odvarja konferenco.

Polikola plačana v celoti.

Leto XI., št. 142

Ljubljana, sobota 21. junija 1930

Cena 2 Din

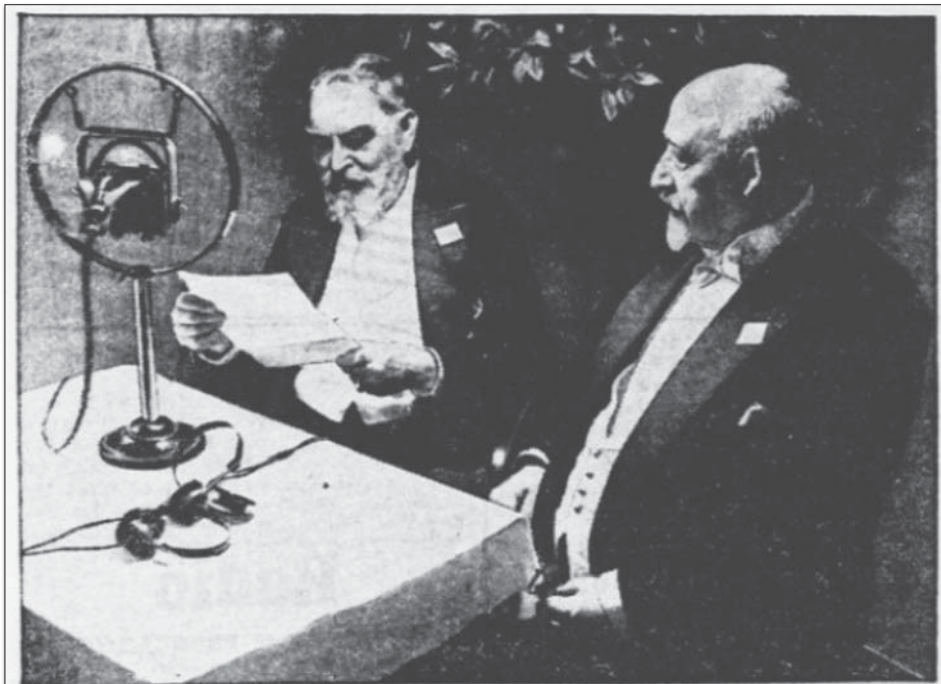
Naslojna mala stranica 20.— Din.  
za letošnje leto 60.— Din.

Uredništvo  
Ljubljana: Koflerova ulica 4. Telefon  
R. 3122, 3123, 3124, 3125 in 3126.  
Maribor: Albinzardova cesta 13. Te-  
lefon R. 2440 (dnevno) 2525.  
Celje: Koroška ul. 3. Telefon R. 190.  
Kopirajo se na vrščico. — Oglasi po  
tažbi.

# JUTRO

Ljupčevičeva: Ljubljana, Koflerova  
ulica 4. — Telefon R. 3122, 3123,  
3124, 3125, 3126.  
Senzacionalni oddelki: Ljubljana, Puhar-  
jeva ulica 4. — Telefon R. 2452.  
Podružnice: Maribor: Albinzardova  
cesta R. 13 — Telefon R. 2455.  
Podružnica: Celje: Koroška ulica  
R. 3 — Telefon R. 190.  
Kabineti pri post. odd. tiskarstva: Ljub-  
ljana R. 31240; Praha čisto 73.130;  
Vilna R. 105.34.

Poročilo iz Jutra, 21. 6. 1930



### Tehnični čudeži na svetovni konferenci za izkoriščanje sile

Tehničen čudež velike svetovne konference za izkoriščanje prirodnih sil, ki se vrši ob udeležbi najznamenitejših učenjakov in tehnikov v Berlinu, kakor smo te dni poročali, so predstavljali brezžični pozdravni nagovori med konferenčnim vodstvom in najbolj oddaljenimi mesti sveta. Slika predočuje predsednika konference Oskarja v. Millerja in generalnega ravnatelja Koettgena, ki odzdravljata pred mikrofonom Owena D. Youngu, Sloanu, Edisonu, Marconiju, lordu Derbyju in drugim uglednim osebnostim v oddaljenih deželah.

Ljubljana, sredi 25. junija 1930

# JUTRO

Poročilo iz Jutra, sredi 25. 6. 1930

Na tej konferenci v Berlinu je bil objavljen prvi članek o panevropskem električnem omrežju 400 kV, katerega avtor je bil nemški inženir Oskar Oliven. To je bila predhodnica kasnejše UCPTA evropske interkonekcije, ki je bila ustanovljena več kot dvajset let kasneje (leta 1951). Zanimivo je, da so že takrat razmišljali o najvišji napetosti 400 kV. Tako so Nemci leta 1929 zgradili prvi 220 kV daljnovod Brauweiler-Hoheneck, ki je bil pravzaprav projektiran za 400 kV.

Na priloženi sliki je razviden koncept predloženega evropskega povezovalnega omrežja iz leta 1930. Predlog je obsegal 9.750 kilometrov omrežja. Če to primerjamo z današnjim obsegom panevropskega omrežja najvišjih napetosti (ca. 310.000 km), lahko ugotovimo, da je bil razvoj tehnoloških rešitev znatno hitrejši od predvidevanj. Podobno se je kasneje zgodilo tudi z razvojem računalništva in mobilne telefonije.

*Shema prvotnega predloga panevropskega prenosnega omrežja (Oskar Oliven, »Europas Großkraftnetzes«, in Weltkraftkonferenz 1930 Berlin)*



Novejše raziskave zgodovine elektrifikacije Evrope (Vincent Legendijk, *Electrifying Europe*, 2008) so pokazale, da sta v istem času še dva avtorje načrtovala panevropsko prenosno omrežje. To sta bila Francoz Georges Viel, ki je objavil svoje zamisli v francoski reviji *Revue generale de l'electricité*, no. 28, (1930), in Švicar Ernst Schonholzer, ki je objavil svoje predloge evropskega omrežja v švicarski reviji *Schweizerische Technische Zeitschrift* 23 (1930). Švicar si je prizadeval za evropsko 660 kV omrežje obsega 3800 km, ki bi predvsem izkoristilo evropske hidropotenciale, in sicer na račun premoga. Vseeno je bil več pozornosti deležen Oliven, ki je prvi objavil tak članek na mednarodni ravni.

Milan Vidmar se je udeležil naslednje, tj. tretje svetovne energetske konference, ki je bila leta 1936 v Washingtonu, v Združenih državah Amerike, kot delegat jugoslovanskega odbora svetovne energetske konference, o čemer je tudi objavil članek v reviji *Sodobnost* (1936, št. 11/12). Tudi ta tretja energetska konferenca je dala nekaj novih pobud za pospeševanje elektrifikacije, pa čeprav je veliko časa posvetila razpravam in dilemam zasebnega ali/in javnega razvoja elektrifikacije. Zgodila se je namreč po veliki ekonomski krizi in prav na tej konferenci je Franklin Roosevelt naznanil velike javne projekte gradnje omrežij in elektrarn. Na sami konferenci je s pritiskom na gumb pustil v obratovanje HE Hoover (prvotno Boulders) Dam na reki Kolorado, takrat največjo javno elektrarno na svetu. S tega potovanja v ZDA, piše Milan Vidmar, sta se mu najbolj vtisnili v spomin srečanja

z Nikolo Teslo, ki je omogočil s svojimi izumi razcvet elektrifikacije in napredek naše civilizacije, ter s Franklinom Rooseveltom, ki je imel slavnostni govor. Glede konference pa Vidmar pravi, da mu je bilo jasno, da ta konferenca ne bo dala ključnih odločitev za najsodobnejša vprašanja človeštva, ki da potrebuje energijo kot vsakdanji kruh. Vprašanja gospodarskih sistemov in energetskega gospodarstva se vedno rešujejo politično, pravi Vidmar. Zato je bil vesel, ko je Franklin Roosevelt z odra zarohnel *»Električni tok je predrag in bankirji imajo za moje opomine gluha ušesa. Zato sem se odločil graditi državne velike elektrarne. Zato jih bom še gradil, če dosedanje ne bodo zlomile cen.«* Z zniževanjem cen elektrike se je odprla pot pospešene elektrifikacije. Po Vidmarjevem mnenju je volilni program Roosevelta odigral ključno vlogo. V nadaljevanju opisuje zaključek govora: *»Vsi prevzeti nismo niti prav opazili, da je govornik zapustil tribuno, da je šel preko odra in izginil. Apostol je vžgal novo vero, svojo vero, v zastopnikih svetovnega gospodarstva.«* Dejstvo je, da se z javno-zasebnim partnerstvom, kot ga je uvajal Roosevelt, pospešil razvoj, kar je Milan Vidmar zagovarjal v svojih javnih nastopih pri elektrifikaciji takratne Slovenije v tridesetih letih prejšnjega stoletja.

Že prvi dan po prihodu z ladjo »Bremen« v New York (5. septembra 1936) se je Milan Vidmar srečal z Nikolo Teslo oz. »velikim genijem«, kot ga je poimenoval v svojem članku. Organizator obiska je bil jugoslovanski konzul v New Yorku Radoje Janković, ki je v pristanišču pričakal oba delegata Jugoslavije na tretjem zasedanju Svetovne energetske konference: prof. Vidmarja in energetskega inšpektorja inž. Jokšiča. Nikola Tesla je povabil na kosilo in razgovor oba jugoslovanska delegata v hotel New Yorker, kjer je prebival zadnja leta svojega življenja. Tesla je bil star že 80 let, ampak je še vedno aktivno raziskoval in pripravljaval nove izume.

Na Vidmarjevo vprašanje, kaj pa je z njegovimi najnovejšimi idejami, je Nikola Tesla odvrnil: *»Prenos energije brez žice je gotova stvar.«* In nadaljeval: *»Ali se zavedate, da je energijski prenos brez žice hkrati nova vrstna artilerija! Vsaka krogla, izstreljena iz topa, prenaša uničujočo energijo. Zato me moje najnovejše ideje skrbje. Kaj bo človeštvo naredilo iz njih? To bi moralo dobiti v roke Društvo narodov«* (predhodnica današnjih Združenih narodov). Potem se je Tesla razsrdil nad Društvom narodov, ki *»da je dovolilo italijanski pohod v Abesinijo.«* Pripovedoval je o svojih člankih, napisanih Abesincem v zaščito, in zatrjeval, da se bo vedno boril za pravice šibkejših in teptanih. Iz Vidmarjevih besed izvemo, da je bil Nikola Tesla ne samo velik znanstvenik, ampak tudi velik humanist, torej Človek. Milan Vidmar v svojem članku v *Sodobnosti* (1937, št. 3) piše tudi o tem, kako se mu je Nikola Tesla potožil, ker so mu nepridipravi uničili laboratorij in kako mu je njegov asistent Marconi ukradel izume za brezžično telegrafijo in telefonijo. Na koncu zapisa o tem srečanju Milan Vidmar piše s hvaležnostjo, kako mu je bilo omogočeno srečanje s tem velikanom električne stroke, za katerega je

nekoč (leta 1894) tudi slavni Lord Kelvin povedal, kako je Nikola Tesla najboljši elektroinženir, s katerim se je srečal. Vidmar zaključuje članek v *Sodobnosti* z opisom Nikole Tesle, kot si ga je zamišljal, »kot umetnika, pesnika, ki trpi, ko ustvarja, ki se odmika svetu, ki mu je denar zoprn, ki ne mara abotnih naslovov in odlikovanj, ki živi za svoje ideje in ki ne potrebuje udobnosti in razkošja,« ter ga primerja s takšnim, kot je v realnosti. »Je točno tak,« zaključi Milan Vidmar.

Zanimivo je, da se je v tem obdobju v ZDA začela tudi unifikacija frekvence. ZDA so se odločile za frekvenco 60 Hz. Tako je npr. Los Angeles leta 1936 zamenjal do takrat najbolj razširjeno frekvenco 50 Hz za 60 Hz, ki je postala osnova za povezovanje električnih sistemov med ameriškimi zveznimi državami. Z ameriškimi projekti povezovanja zveznih držav po letu 1936 so dejansko začeli nastajati povezani elektroenergetski sistemi in velike sinhronne interkonekcije. Te so bistveno pospešile elektrifikacijo. Milan Vidmar se je zavedal velikega pomena povezanih sistemov in nastajanja nove panoge v elektrotehniko – elektroenergetskih sistemov. To je bil verjetno tudi razlog, da se je v tem obdobju začel intenzivno ukvarjati z vodniki, električnimi vodi in omrežji.

In prav CIGRÉ je bila svetovna organizacija s poslanstvom pospeševanja elektrifikacije in razvoja visokonapetostnih omrežij. Zato se je povečal Vidmarjev interes za CIGRÉ.

V obdobju od 1921 do 1939 je CIGRÉ v Parizu organiziral deset bienalnih zasedanj, na katerih so reševali ključne probleme elektrifikacije sveta v tem času. Število udeležencev je z leti naraščalo iz 231 na 870 oz. število držav udeleženk iz 12 na 46. Organizacija se je utrdila kot vodilna svetovna tehnična organizacija za področje elektroenergetike. Ustanovljenih je bilo več študijskih komitejev za podrobno študiranje določenih elementov elektroenergetskega sistema (ŠK1 – izolacijski materiali in olja, ŠK2 – kabli, ŠK3 – odklopniki, ŠK5 – izolatorji, ŠK6 – nadzemni vodi, ŠK8 – prenapetosti; in tudi sistemski pogledi, kot so vzporedno obratovanje, kompenzacija jalove moči in drugi). V študijskih komitejih so začele delovati ekspertne skupine, ki so objavljale posebna poročila o aktualnih temah razvoja tehnologij v tem času. V tem obdobju se že gradijo kabli in daljnovodi napetosti 220 kV. Elektrifikacija je postala potreba človeštva. Leta 1931 je začel izhajati strokovni časopis *Electra*, ki še danes predstavlja pomemben vir novosti in dosežkov s področja elektroenergetskih sistemov. Odločeno je tudi, da bo stalni sedež organizacije v Parizu.

Predsednik pariške CIGRÉ je leta 1933 postal Francoz E. Mercier, ki je bil izjemno sposoben inženir, graditelj številnih energetskega objektov, inovator in vodilna oseba v Svetovni energetske konferenci (WEC) in Svetovni trgovinski zbornici (WTO). On je dal organizaciji dodatni zagon v pravem času. Bil je predsednik z najdaljšim mandatom do sedaj, celih 15 let. Znan je bil tudi po znamenitem izreku CIGRÉ kot duhu razvoja elektrenergetskih sistemov, ki se drži še danes. Njegovi nasledniki – predsedniki CIGRÉ, so bili venomer zelo ugledni in znani strokovnjaki v svetovni energetiki. Tako je še danes.

Generalni sekretar in »*spiritus agens*« organizacije od ustanovitve do leta 1963 je bil Jean Tribot Laspiere. Po smrti je bil razglašen za ustanovitelja CIGRÉ. Polnih 40 let je bil **Jean Tribot Laspiere** organizator vseh CIGRÉ dogodkov.

*Thus, CIGRÉ is not only a state of mind. It also represents a type of spirit, a spirit which has often been called the CIGRÉ spirit.*

*E. Mercier, predsednik CIGRÉ (1933-1948)*

V podatkih o zgodovini pariške CIGRÉ zasledimo, da so se trije predstavniki prve Jugoslavije v obdobju 1935–1939 udeležili na zasedanjih v Parizu. Eden od njih je bil tudi Vidmar, ki se je spoprijateljil z generalnim sekretarjem J. T. Laspiere. To poznanstvo je pozneje igralo pomembno vlogo pri dogodkih okrog ustanavljanja jugoslovanske veje CIGRÉ od 1948 do 1952. Kako je bil v tem času Vidmar že svetovno znan elektrotehnik, govori tudi njegov večkrat citiran članek o gospodarnosti gradnje transformatorjev, ki ga je objavil na neki drugi svetovni elektrotehnični konferenci v Parizu leta 1932 (*»Le problème économique dans la construction des transformateurs«*, rapp. 17, Comptes rendus du Congrès international d'électricité, Paris).

Po drugi svetovni vojni je CIGRÉ že junija 1946 organiziral enajsto konferenco v Parizu. To je bila prva tehnična organizacija v svetu, ki je aktivirala svoje članstvo po drugi svetovni vojni. Evropa je bila v ruševinah in je bilo potrebno hitro zagnati vse vzvode stroke za graditev nove dobe elektrifikacije. Kljub velikim težavam s transportom po Evropi se je prve povojne konference CIGRÉ udeležilo 877 delegatov iz 30 držav. Takrat je bil prvič v zgodovini predstavljen 400 kV kabel, ki je kasneje skupaj z novim 400 kV omrežjem začel delovati na Švedskem (leta 1952). Takrat so organizirali tudi nekaj novih študijskih komitejev, kot so ŠK6 – za vodnike in mehanske izračune nadzemnih vodov, ŠK7 – za stebre, temelje in projektiranje nadzemnih vodov, ŠK9 – za izmenične prenose zelo visokih napetosti, ŠK10 – za enosmerne prenose zelo visokih napetosti, ŠK11 – za telefonske in radijske interference in ŠK12 – za stabilnost in frekvenčno regulacijo. Že iz naslovov novih študijskih komitejev je razvidno, da je elektroenergetski sistem začel hitro rasti in so se začeli kopičiti novi problemi, ki jih je bilo treba reševati. Zaradi velikega interesa strokovnjakov za sodelovanje v mednarodnih študijskih komitejih so takrat prvič začeli omejevati število rednih članov posameznega komiteja na 12 članov. Danes je to število omejeno na 25 rednih članov in do 10 opazovalcev. Izbor za članstvo je izključno na osnovi referenc kandidata in referenc okolja, iz katerega izhaja strokovnjak. Strokovnjaki iz večjih in razvitejših sistemov so imeli več možnosti za izbor rednega člana v študijske komiteje. Nekatere zelo razvite države, kot so ZDA, Francija, Italija, Nizozemska, Japonska, Velika Britanija in Nemčija, pa imajo stalne redne člane v vseh šestnajstih študijskih

komitejih. Zanimiva je zgodba nemškega sodelovanja s CIGRÉ, še posebej ker je bil Vidmar zelo povezan z nemško elektrotehnično stroko, kjer je tudi stalno objavljaj znanstvene članke. CIGRÉ je kljub elektrotehniški razvitosti sprejel Nemčijo v svoje vrste šele leta 1933 in v polnopravno članstvo leta 1935. Vendar je bilo članstvo spet prekinjeno med letoma 1939 in 1952. Od leta 1952 do 1980 je prostor nacionalnega komiteja Nemčije predstavljala samo Zahodna Nemčija, ki je občasno predstavljala tudi referate vzhodnega dela oz. GDR. Po letu 1980 je tudi Vzhodna Nemčija dobila svoj nacionalni komite. Od leta 1991 pa je Nemčija zopet enotna članica CIGRÉ. V zgodovini razvoja električnih sistemov so Nemci prispevali kar nekaj pomembnih iznajdb, ki so pospešile razvoj elektrifikacije, kot so npr. leta 1911 Roebelova transpozicija, ki je omogočila graditev velikih turbo generatorjev, ali leta 1929 Jansenov patent za transformatorje z regulacijskim navitjem pod obremenitvijo. Iz zgornjega je razvidno, da je bilo v teh burnih medvojnih časih pomembno imeti nacionalni komite in sodelovati s CIGRÉ. Elektrifikacija je bila namreč pomembno razvojno gonilo gospodarstva vsake države. Zato se je Vidmar od začetka sodelovanja v mednarodnem združenju CIGRÉ v ozadju prizadeval za močnejše sodelovanje nove države Jugoslavije z mednarodno elektroenergetsko stroko.

Leta 1948 je bilo 12. zasedanje CIGRÉ v Parizu, ki se ga je udeležil Milan Vidmar kot prvi strokovnjak iz nove Jugoslavije, ki je tudi bil svetovno priznan elektrotehnik. Tega zasedanja se je prvič udeležilo več kot 1000 udeležencev. Vidmarjev interes je bil študijski komite za vodnike in mehanske izračune nadzemnih vodov. V tem času intenzivne elektrifikacije je bila zelo pereča problematika gradnje novih daljnovodov, ki naj bi bili tehnično in ekonomsko optimalni. Aluminij se je bistveno pocenil in so začeli prevladovati kombinirani vodniki iz aluminija in jekla, namesto bakrenih vodnikov. Vidmar je bil prepričan in je te trditve teoretično dokazoval, da je trdo vlečeni aluminij sposoben opravljati obe funkciji pri daljnovodih: električno prevodnost in mehansko trdnost brez mehanske ojačitve z jeklom.

To je bila tudi tema prvega referata Vidmarja na naslednjem zasedanju CIGRÉ v Parizu leta 1950 («Aluminium Transmission Conductors without mechanical reinforcements»), ki je tudi priložen kot faksimile na koncu knjige. To je bil tudi prvi slovenski referat za pariški CIGRÉ.

Na zasedanju leta 1948 je generalni sekretar J. T. Laspier predlagal Vidmarju, da se organizira jugoslovanski komite CIGRÉ kot nacionalni komite. V tem času je bilo v Parizu 28 držav, ki so imele nacionalne komiteje CIGRÉ. Vidmar je predlog sprejel in prosil generalnega sekretarja Tribota Laspiera, da pošlje uradni dopis na njegov naslov v Ljubljani. V teh zelo turbulentnih in občutljivih časih v novi Jugoslaviji (obdobje resolucije Infobiroja) ni bilo primerno, da neka oseba, pa čeprav svetovno znan strokovnjak, začne samodejno s postopkom ustanavljanja nacionalnega komiteja in sodelovanja s tujino. To bi bilo preveč nevarno, zato je

bilo mnogo bolj sprejemljivo, da visok uradnik mednarodne tehnične organizacije iz Pariza pošlje dopis s predlogom, da se Jugoslavija včlani v to nevladno strokovno-tehnično organizacijo in predlaga ustanovitev nacionalnega komiteja. Četudi to ni bila praksa pariške CIGRÉ, je generalni sekretar Tribot Laspier to storil. Vidmar je dobil to pismo ob koncu leta 1948 in v januarju 1949 o tem obvestil takratnega ministra za elektrogospodarstvo Nikolo Petroviča. V svojem dopisu ga Vidmar prosi, da resno razmisli o ustanavljanju nacionalnega komiteja CIGRÉ in k dopisu prilaga kratko pojasnitev vloge in delovanja CIGRÉ ter statut CIGRÉ-Pariz. Zaključni z modro mislijo, naj vlada in minister sprejmejo odločitev skladno s svojimi načrti in spoznanji. Za mlajše generacije je potrebno povedati, da se v tistih časih brez dovoljenja vladajoče oblasti ni dalo prosto ustanavljati društva, zlasti ne tista z inozemsko povezavo.

Takratna FLRJ (Federativna ljudska republika Jugoslavija) je imela poseben zaupen svet, imenovan Akademski svet FLRJ, ki je bil s strani vlade pooblaščen za predstavljanje znanosti v tujini. Vidmar, svetovno znan elektrotehnik, je bil eden stebrov znanosti države in mu je bilo v tem času dovoljeno verjetno več, kot so dovolili drugim. Želel je, da se preko CIGRÉ razširi mednarodno sodelovanje jugoslovanskih strokovnjakov in na ta način dvigne nivo znanj o novih tehnologijah za elektrifikacijo, ki je bila zelo pomemben element graditve gospodarstva mlade razrušene države. Takrat so bile popularne parole: »Industrializacija plus elektrifikacija je socializem!« ali »Elektrifikacija = socializem!« ipd.

Tako je vlada odločila, da se postopek ustanavljanja CIGRÉ prepusti Zveznemu združenju inženirjev in tehnikov Jugoslavije (SITJ), ki je bila centralizirana ustanova s kadri iz vseh republik. Omenjenemu združenju je v Beogradu predsedoval ing. Herman Mattes iz Zagreba, ki je dobil zadolžitev, da izvede administrativne postopke ustanavljanja začasnega Jugoslovanskega komiteja CIGRÉ. Po usklajevanju o pristojnostih z Akademskim svetom FLRJ je Herman Mattes pripravil dokumentacijo za formiranje iniciativnega odbora za včlanitev v to mednarodno organizacijo. V iniciativnem odboru so bili poleg akademika Milana Vidmarja (kot pobudnika) in Hermana Mattesa (kot predstavnika Zveze inženirjev in tehnikov Jugoslavije (SITJ)) še Pavle Miljanić in Ilija Obradović, profesorja iz Beograda, ter profesor iz Zagreba, Vladimir Žepić. Že na prvi seji v oktobru 1949 so ustanovili začasno vodstvo Jugoslovanske sekcije CIGRÉ v sestavi:

- Predsednik: Milan Vidmar,
- Podpredsednika: Pavle Miljanić (Beograd) in Vladimir Žepić (Zagreb)
- Sekretar: Herman Mattes v funkciji predsednika SITJ
- Člani: Milivoje Rakić (Beograd), Anton Dolenc (Zagreb), Henrik Čopić (Ljubljana) in Ilija Obradović (Beograd) v funkciji člana Akademskega sveta FLRJ.



Naloga začasnega vodstva je bila, da pripravi vse potrebno za ustanovitev jugoslovanskega komiteja (JUKO) CIGRÉ skladno s pravili pariške CIGRÉ in tudi, da predloži referate ter pripravi prvi organizirani obisk v Pariz, in sicer na 13. zasedanje CIGRÉ, ki je bilo od 29. junija do 8. julija 1950. Prvi sestanek začasnega vodstva je bil konec decembra 1949 v Zagrebu. Za prva dva referata sta bila določena referat Milana Vidmarja (»Aluminium Transmission Conductors without mechanical reinforcements«) v skupino 23 – Nadzemne linije in referat Ilija Obradoviča (»Automatic control of time and load division among generating stations in interconnected systems«) v skupino 32 – Stabilnost sistema, regulacija moči in frekvence. Prvega organiziranega obiska jugoslovanskih strokovnjakov na pariškem zasedanju CIGRÉ leta 1950 se je udeležilo 7 strokovnjakov. Od takrat se je s to svetovno organizacijo začelo organizirano sodelovanje slovenskih in jugoslovanskih strokovnjakov s področja elektrogospodarstva in elektroindustrije.

Zanimivo je, da je bila članarina po drugi svetovni vojni za pariški CIGRÉ vezana na število prebivalcev določene države in količino proizvedene električne energije. Tako je CIGRÉ Pariz, leta 1951, določil članarino v višini 150 takratnih ameriških dolarjev za Jugoslavijo glede na število prebivalcev (16 milijonov) in količino proizvedene električne energije (1.500 GWh). Po tem ključu je za leto 1950 najvišjo članarino morala plačati Sovjetska Zveza (6.330 dolarjev) za ocenjenih 193 milijona prebivalcev in 80 TWh proizvedene električne energije.

Ta metoda je kasneje spremenjena in je trenutno veljavna metoda plačevanja za prijavljene individualne oz. kolektivne člane. Pri vrednotenju države kot članice CIGRÉ se upošteva za kolektivne člane (podjetja) 5 ekvivalentnih točk in za individualne člane 1 točka. Seštevek ekvivalentnih točk na državo oz. nacionalni komite pa mora preseči 40, v kolikor želi nacionalni komite sodelovati v organih upravljanja mednarodne organizacije CIGRÉ. Tiste države, ki imajo več ekvivalentnih točk, pa imajo tudi več glasovalnih pravic in pravic do rednih članov v študijskih komitejih. Članica CIGRÉ v letu 2011 z najvišjim številom ekvivalentnih točk (1048) je Brazilija. Sledijo Kitajska, Japonska, Velika Britanija, ZDA, Nemčija, Francija, Rusija in druge. Slovenija ima v zadnjih letih standardno med 90 in 98 točk. Upoštevaajoč število prebivalcev ima Slovenija takoj za Islandijo največji količnik ekvivalentnih točk na prebivalca. Brazilija in Kitajska z velikim deležem članstva kažejo tudi velik interes za nadgradnjo znanj s področja elektroenergetike in za željo po obvladovanju svetovne energetike.

Postopek ustanavljanja Jugoslovanskega komiteja (JUKO) CIGRÉ pa se je zavlekel skoraj dve leti. Razlog so bili različni interesi, politični in drugačni ter birokratski postopki. Zvezno društvo inženirjev in tehnikov Jugoslavije (SDITJ) je želelo v celoti podrediti elektroenergetsko stroko in s tem CIGRÉ. Na drugi strani pa

Vidmar in nekateri drugi strokovnjaki elektrotehniki tega niso želeli. Želeli so organizacijo elektroenergetikov po vzgledu na pariško, ki je nepolitična in omogoča vsem vključenim strokovnjakom svobodo razmišljanja in strokovnega nadgrajevanja. Nekateri pa so menili, da ne potrebujejo kapitalističnih organizacij za pot v elektrifikacijo in socializem ter da zadošča delavski razred. Vidmarjeva borba za stroko v teh časih ni bila lahka, ampak je bila na koncu zmagovita.

Ustanovna skupščina JUKO CIGRÉ je vseeno bila sklicana 3. decembra 1951 v Zagrebu. Prisostvovalo je okrog 30 podjetij iz elektrogospodarstva in elektroindustrije. Od slovenskih podjetij so na ustanovni skupščini sodelovali:

- TE Trbovlje,
- HE Mariborski otok (sedaj DEM),
- HE Fala (sedaj DEM),
- Inštitut elektrogospodarstva Ljubljana (sedaj EIMV),
- Soške elektrarne Doblar,
- Elektro projekt Ljubljana,
- Elektro projekt Maribor,
- Elektro Ljubljana,
- Tovarna električnih aparatov Ljubljana (TELA)

Na skupščini so ustanovili Jugoslovanski nacionalni komite CIGRÉ, sprejeli statut in delovni program ter izbrali upravni in nadzorni odbor. Po nekaterih objavljenih dokumentih je bilo tudi veliko razprave ali naj se imenuje jugoslovanska sekcija CIGRÉ ali jugoslovanski nacionalni komite CIGRÉ.

Na predlog predsednika skupščine Milana Vidmarja je tudi sprejeta odločitev, da se redno sklicujejo konference po vzoru na pariške. Za mesto prve konference pa je določena Ljubljana v letu 1952.

S tajnim glasovanjem so izbrali prvi upravni odbor v sestavi:

- Prof. dr. Milan Vidmar, Ljubljana,
- Ing. Bogomil Berdajs, Ljubljana,
- Prof. dr. Milivoje Rakić, Beograd,
- Dr. ing. Ilija Obradović, Beograd,
- Ing. Vladimir Žepić, Zagreb,
- Ing. Herman Mattes, Zagreb in
- Ing. Čedomil Miličević, Sarajevo.

Upravni odbor je izbral vodstvo v sestavi:

- Predsednik: prof. dr. Milan Vidmar,
- Podpredsednik: prof. dr. Milivoje Rakić in
- Sekretar: Herman Mattes.

Tako je Vidmar uradno prevzel vodstvo nove tehnične organizacije elektroenergetikov Jugoslavije.

Program dela novo ustanovljene organizacije je med ostalim vseboval naslednje točke:

- sodelovanje na zasedanjih pariške CIGRÉ,
- študij problemov projektiranja, gradnje in obratovanja elektrarn, razdelilnih postaj, transformatorskih postaj, daljnovodov in električnih omrežij,
- povezovanje strokovnih združenj, elektrogospodarskih organizacij, elektroindustrije in znanstvenih organizacij pri napredku elektrotehnike,
- organizacija strokovnih posvetovanj, konferenc, seminarjev, ki so vezani na aktualne probleme razvoja, gradnje in obratovanja elektrarn in drugih delov elektrogospodarstva,
- objavljane gradiv s konferenc in strokovna pomoč ter svetovanje svojim članom v povezavi s svetovno organizacijo.

Ta program se je v celoti izpolnil. Danes lahko s časovnim odklikom ter iz številnih dokumentov ugotovimo zelo pozitivne rezultate delovanja CIGRÉ v podpori gradnje elektroenergetskega sistema.

Širši opis nastajanja mednarodne organizacije CIGRÉ in nastajanja električnih sistemov se zdi avtorju tega teksta pomembno v razumevanju splošnega stanja v teh zgodovinskih časih in vloge, ki jo je imel Vidmar kot udeleženec ali spremljevalec tega poteka.

### **Potek razvoja električnih sistemov v Sloveniji 1882–1941**

Ob koncu 19. stoletja so se tudi v Sloveniji dogajale velike tehnološke in družbene spremembe. Električna je kmalu našla pot v slovenske dežele. Začela je s plahimi koraki v obrtniških delavnicah. Prva električna luč naj bi zagorela leta 1883 v Mariboru (obrtnik Karl Scherbaum je v mlinu na parnem stroju dogradil 5 kW dinamo za električno razsvetlavo; 4. aprila 1883 je svetilo 36 žarnic). To isto leto je bila znamenita svetovna elektrotehniška razstava na Dunaju. Po novejših raziskavah pa naj bi prva električna luč na Slovenskem zagorela že leta 1882, in sicer v termah Laško (takratni lastnik term Dunajčan Teodor Gunkel je zgradil vodno kolo na potoku Rečica ob Savinji za poganjanje črpalk za dvig vode v višje ležeče bazene in ob vodnem kolesu dogradil dva dinama skupne moči 5 kW za električno razsvetlavo). Leta 1888 se začne tudi uporaba elektrike za pogon motorja v Litiji. Do leta 1890 je bilo na Slovenskem že 7 električnih central enosmernega toka, instalirane moči 300 kW, od tega 2 na vodni pogon.

Do leta 1900 je bilo zgrajenih 35 elektrarn z instalirano močjo 2 960 kW, od tega 30 na enosmerni tok in 5 na izmenični tok. Prva elektrarna na trifazni tok je začela

obratovati 14. 4. 1897 v gradu Fužine pri Ljubljani na reki Ljubljanici. V industrijski hidroelektrarni sta dve vodni turbini znamke Jonval-Girardi poganjali dva trifazna generatorja moči 650 kVA, s hitrostjo 170 vrtljajev na minuto, napetosti 3 kV in frekvence 42 Hz. Od elektrarne Fužine do papirnice Vevče je bil zgrajen daljnovod napetosti 3 kV, kar je prvi trifazni nadzemni vod na Slovenskem. Tudi ostale štiri elektrarne na izmenični tok (1899 – TE Pivovarna Ljubljana, 1899 – HE Rudnik svinca Mežica, 1900 – TE Pivovarna Maribor in 1900 – HE Jesenice KID) so bile industrijske elektrarne, ki so uporabljale frekvenco 42 Hz. S temi elektrarnami se je začelo obdobje uvajanja izmeničnega toka na Slovenskem. Od 1901 do 1910 je bilo zgrajenih še 90 elektrarn z instalirano močjo 12 MW in tokrat že s prevladujočimi izmeničnimi elektrarnami. Od leta 1910 se začne uporabljati na Slovenskem 50 Hz sistem, in sicer v Ljubljani (HE Sava Brod, Ignacij Česen, 150 kVA generator) in na Koroškem (Franc Lahovnik, 85 kVA generator). Do leta 1918 pa je bilo zgrajenih še 66 elektrarn z instalirano močjo 43 MW. Tako je bilo na območju današnje Slovenije ob koncu leta 1918 pred nastankom prve Jugoslavije skupaj 52 MW inštaliranih moči v 191 elektrarnah, od tega 90 % moči v elektrarnah na izmenični tok.

Največja elektrarna je bila HE Fala: z močjo 34,5 MW. Zgrajena je bila leta 1918 z zasebnim švicarskim kapitalom. V tem času je to bila v evropskih razmerah velika elektrarna. V obdobju prve Jugoslavije, od leta 1919 do leta 1941, se na Slovenskem poleg elektrarn začne organizirana gradnja električnega omrežja. Zgrajeno je bilo še 642 elektrarn oz. v letu 1941, skupaj 833 elektrarn s skupno instalirano močjo ca. 160 MW. Omrežje je obsegalo skoraj 2000 km različnih napetostnih nivojev od 132 kV, 80 kV, 35 kV, 10 kV in 5 kV. Nizkonapetostnega omrežja je bilo tudi okrog 2000 km. Paralelno obratovanje se je začelo leta 1925 po zgraditvi 80 kV daljnovoda Fala–Laško in povezave 35 kV do Trbovelj ter Celja.

Značilnost začetka elektrifikacije je bilo pomanjkanje javnega interesa in med regijskega usklajevanja. Razlog za pomanjkanje interesa javnega sektorja so bile visoke cene električne opreme in pomanjkanje dolgoročne vizije razvoja elektroenergetskega sektorja. Prevladovala so industrijske in obrtniške elektrarne v otočnem obratovanju. Le redke so oddajale viške elektrike za javno porabo (npr. Škofja Loka na ta način prva dobi leta 1894 javno razsvetljavo). Za začetnika organizirane elektrifikacije na Slovenskem več virov navaja dr. Evgena Lampeta, duhovnika, pisatelja, urednika revije Dom in svet in politika v obdobju pred in do konca prve svetovne vojne. Bil je pobudnik gradnje HE Završnica leta 1914, prve javne deželne elektrarne in ustanovitve Kranjskih deželnih elektrarn (KDE). Te so ustanovljene 8. novembra 1913 z namenom, da se gradijo vodne elektrarne in za elektrifikacijo dežele. Njegov svetovalec in kasneje prvi ravnatelj KDE je bil inženir Dušan Serbec, ki je nadaljeval njegovo delo v gospodarskem osamosvajanju Slovencev in zlasti na področju elektrifikacije. Med prvo svetovno vojno se zgradi

prvi daljnovod 10 kV od HE Završnice do Bleda in naprej do Brezij. Dušan Serbec je bil tudi docent in od leta 1925 profesor na ljubljanski univerzi. Leta 1926 se je vključil v politiko in postal poslanec ljudske stranke in leta 1929 tudi prvi ban takrat ustanovljene Dravske banovine (območje današnje Slovenije v prvi Jugoslaviji). Omenjajo ga kot prvega univerzitetnega profesorja za prenos električne energije. S profesorjem Milanom Vidmarjem nista imela enakih pogledov na proces elektrifikacije v Sloveniji. Vidmar je zagovarjal za današnji čas sodobne trende javno-zasebnega partnerstva in dokazoval konkurenčno prednost takšnega razvoja. Zato sta se občasno prepričevala preko časopisov. Dušan Serbec, politik in prvi ravnatelj KDE, je zagovarjal širitev dejavnosti KDE in državno elektrifikacijo. Njen hud konkurent je bil zasebni sektor z veliko HE Fala, in Trboveljska premo-govniška družba (TPD) s TE Trbovlje.

Milan Vidmar je bil v tem času ob 10. obletnici ljubljanske univerze (leto 1929) njen rektor. V časopisu *Slovenski narod* (11. marca 1932) je na prvi strani objavljeno celotno predavanje rektorja Milana Vidmarja o problematiki elektrifikacije Dravske banovine (Slovenije), ki ga je imel v ljubljanski Kazini za trgovsko društvo »Mercur«. Predavanja se je udeležila vsa takratna slovenska »smetana« iz gospodarstva in elektrotehnike. Milan Vidmar se je na začetku predavanja ozrl na zgodovino slovenske elektrifikacije in problematično delovanje takratne politike ter strankarskih bojev, ki so zasenčili razumne in s tehnično-gospodarskimi pogledi podprte rešitve. Bistvena so bila nasprotovanja drug drugemu ne glede na rezultate. »Narod naj bi vse napake plačeval,« je povedal Vidmar. V nadaljevanju je Vidmar poudaril, da »elektrika ne more biti objekt trgovskih špekulacij« in da je za razvoj elektrifikacije odgovorna predvsem politika. Strokovnjaki so pa tisti, ki morajo svetovati in voditi projekte. Navedel je značilne primere nesmotnega načrtovanja v času svetovne krize in predlagal, kaj je treba storiti, da se banovina učinkovito elektrificira. Ta Vidmarjev govor je bil zelo odmeven. Lahko bi rekli, da je tudi vplival na kasnejši dogovor javnega in zasebnega sektorja pri razvoju elektrifikacije. Značilen je bil tudi zaključek predavanja, ko se poslušalci s splošnim odobravanjem zahvalijo predavatelju, in na koncu, ko dr. Windischer, predsednik društva »Mercur«, poudari, da samo strokovnjak svetovnega slovesa, kot je Milan Vidmar, lahko na tako enostaven in vsem razumljiv način predstavi tako kompleksno snov.

Vsekakor je elektrifikacija v obdobju od 1918 do 1941 potekala drugače, kot je to bilo pred tem. Vpliv nove države in nestabilnih splošnih svetovnih razmerij sta bila značilna tudi za elektrifikacijo. Vse se je odvijalo v znaku konkurenčnega boja dveh dejavnikov: Kranjskih deželnih elektrarn (KDE), ki so imele vpliv na območju do osrednje Slovenije, in HE Fala (zasebni kapital), ki je imela vpliv na elektrifikacijo v severovzhodnem delu Slovenije. Na območju Primorske, ki je bila pod italijansko okupacijo, pa je bil razvoj elektrifikacije spet drugačen. KDE so

razširile svojo dejavnost iz Gorenjske na celotno Dolenjsko s prevzemom elektrarn v Bohinju, Žireh, Zagradcu in Kočevju. Ko so sklenile pogodbo z državnim rudnikom Velenje in velenjskimi termoelektrarnami, da dobavljajo vso elektriko distribucijam, se je njihova dejavnost razširila na celotno banovino. Z izgradnjo transformatorske in razdelilne postaje v Črnučah ter 60 kV daljnovoda med Velenjem in Črnučami je elektroenergetski sistem dobil prvič podobo povezanega sistema. Na drugi strani je HE Fala elektrificirala Maribor, Ptuj, Laško, Prekmurje. Z daljnovodom 80 kV Fala – Laško, transformacijo 80/35 kV v Laškem ter povezavo 35 kV do trboveljske elektrarne je nastal drugi povezani sistem (zasebnega kapitala) v Sloveniji. S povezavo med obema sistemoma z daljnovodom 60 kV, Trbovlje – Podlog, je končno nastal skupen povezani slovenski elektroenergetski sistem. Tako je podloška razdelilna in transformatorska postaja odigrala pomembno vlogo povezovalca med državnim in privatnim sektorjem nastajajočega elektroenergetskega sistema Slovenije.

V tem obdobju je imel Milan Vidmar, kot svetovno znan elektrotehnik, pomemben vpliv na ta dogajanja in združitev slovenskega elektroenergetskega sistema.

## **O razvoju slovenskega elektroenergetskega sistema po letu 1945**

Med II. svetovno vojno so Nemci na okupiranem teritoriju Slovenije zgradili nekaj elektroenergetskih objektov: prvi 110 kV daljnovod, razširitev TE Trbovlje, TE Senovo in HE Dravograd, ki je bila bombardirana in v celoti obnovljena po letu 1946. Na od Italijanov okupiranem območju pa sta bili zgrajeni HE Doblar in HE Plave ter 132 kV daljnovod. Na Dravi se nadaljuje gradnja verig hidroelektrarn, ki so povzročile tudi nastanek elektro-industrije. Zanimivo je, da se je v tem času načrtovala tudi gradnja dveh sezonskih akumulacijskih elektrarn na pohorskem delu, in sicer na Lobnici 80 MW in Lehnu 50 MW, ki naj bi pokrivali zimske primanjkljaje Drave.

Leta 1945 so bile ustanovljene Državne elektrarne Slovenije (DES).

Leta 1950 je bila instalirana moč javnih elektrarn v Sloveniji 214 MW in proizvodnja 937 GWh, kar je bilo skoraj 40 % vse proizvodnje električne energije v takratni skupni državi Jugoslaviji. Okrog leta 1950 je bila specifična poraba električne energije na leto na prebivalca po Evropi naslednja:

Jugoslavija 126 kWh (Slovenija 402 kWh, Hrvatska 183 kWh, Srbija 7 kWh), Italija 535 kWh, Avstrija 799 kWh, Nemčija 908 kWh, Švica 2126 kWh in Norveška 5356 kWh.

Do leta 1953 je bilo v Sloveniji 35 javnih elektrarn instalirane moči 250 MW in 104 industrijskih instalirane moči 43 MW. Proizvodnja električne energije je v

letu 1952 znašala 917,6 GWh iz javnih elektrarn in 128,6 iz industrijskih elektrarn. Skupaj **1046 GWh**, kar je znašalo na prebivalca okrog 515 kWh/leto. V tem času se v svetu intenzivno razvija elektroenergetsko omrežje.

Porast porabe električne energije je bila 7,2 % ali podvojitev odjema v desetih letih. Poraba električne energije je rasla v Sloveniji zelo hitro:

Leta 1939	350 GWh,
Leta 1946	440 GWh
Leta 1952	745 GWh.

Intenzivni razvoj slovenskega elektrogospodarstva po drugi svetovni vojni je bil skladen s splošnim razvojem elektroenergetskih sistemov pri drugih evropskih narodih.

Maja 1951 se na osnovi prostovoljnega sodelovanja ustanovi UCPTE (*Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Électricité*), zveza za koordinacijo proizvodnje in prenosa električne energije. Ustanoviteljice (8) so bile: Belgija, Nemčija, Francija, Italija, Luksemburg, Nizozemska, Avstrija in Švica.

Leta 1954 se ustanovi Elektrogospodarska skupnost Slovenije. Ne glede na zelo centralizirano politično-gospodarsko skupnost bivše SFRJ so bila republiška elektrogospodarstva nosilci razvoja in odgovorni za oskrbo z električno energijo na svojem teritoriju. Elektrifikacija Slovenije do leta 1960 je hitro napredovala in je bila instalirana moč elektrarn 614 MW oz. 3,8-krat instalirane moči v letu 1960, kot je to bilo leta 1945.

To je bilo stanje slovenskega elektrogospodarstva, ki ga je doživel Milan Vidmar. Milan Vidmar je umrl oktobra 1962.

Kasnejši razvoj slovenskega elektrogospodarstva je postal še bolj intenziven. Električna energija kot osnova razvoja gospodarstva se hitro razvija po vsem svetu. Leta 1963 je Izvršni svet Skupščine Slovenije ustanovil regionalna distribucijska podjetja, ki še danes delujejo v enakih mejah. V letu 1965 pa je ustanovil tri regionalna podjetja za proizvodnjo in prenos električne energije: Dravske elektrarne, Savske elektrarne in Soške elektrarne.

V teh letih se v Evropi intenzivno povezujejo električna omrežja držav in nastaja velika makro-evropska sinhrona interkonenkcija UCPTE, ki kot nek velikanski električni stroj omogoča vključenim državam koristi v obratovanju, razvoju in kakovosti oskrbe z električno energijo.

V Sloveniji se v tem času zbuja ideja o nujnosti električnega povezovanja z zahodno Evropo. V letu 1964 se seveda ob podpori politike, ustanovi SUDEL (iniciativa za povezovanje elektroenergetskih omrežij Avstrije, Jugoslavije (Slovenije) in Italije). Tako je prvič po drugi svetovni vojni in v času najostrejše hladne vojne med blokoma v glavah elektroinženirjev nastala ideja, da se povežeta

dva politično različna sistema v enoten tehnični sistem. Nosilci študijskega dela ideje in projekta so Vidmarjevi učenci na Elektroinštitutu na čelu s profesorjem Plaperjem, zadnjim asistentom prof. Vidmarja. Tako je leta 1974 (16. septembra) začela s poskusnim obratovanjem 220 kV SUDEL zanka Obersielach (Avstrija)–Podlog–Kleče–Divača–Padriče (Italija) in s tem vključitev Jugoslavije oz. Slovenije v zahodno-evropsko elektroenergetsko integracijo UCPTÉ.

Še nekaj pomembnih mejnikov v post-vidmarjevem obdobju se je zgodilo v slovenskem elektroenergetskem sistemu, ki si jih je pomembno zapomniti.

Leta 1972 so se vsa tri proizvodno-prenosna podjetja združila v Združeno podjetje elektrogospodarstva Slovenije (ZEPS) in tri leta kasneje 1975 se ustanovi Sestavljena organizacija združenega dela elektrogospodarstva Slovenije (SOZD EGS) s sedežem v Mariboru.

Zanimivo je, da je bilo v obdobju delovanja združenega slovenskega elektrogospodarstva EGS od leta 1975 do njegove razdružitve leta 1990, torej v 15-letnem obdobju, v Sloveniji zgrajenih največ elektrarn in električnega omrežja v zgodovini. V tem obdobju je dokončana gradnja 220 kV omrežje, 400 kV omrežje, TE Šoštanj 5, NE Krško in številni objekti v slovenski distribuciji. Rezultate dela iz tega obdobja uživamo še danes v slovenskem elektrogospodarstvu in gospodarstvu. Po razdružitvi EGS-a v naslednjih 20 let ni bilo zgrajenih kar prida elektroenergetskih objektov. Poduk iz tega obdobja je, da združeni lahko naredimo veliko več kot razdruženi.

V letu 1999 Državni zbor sprejme Energetski zakon skladen z usmeritvami Evropske unije, ki odpre novo poglavje razvoja elektrogospodarstva. S sprostitvijo trga z električno energijo, vključitvijo v evropsko interno tržišče in novo tržno orientirano organizacijo električnega sistema se bistveno spremenijo pogoji načrtovanja, razvoja in delovanja slovenskega elektroenergetskega sistema.



## Razvoj JUKO CIGRÉ od 1953 do 1991

---

Po »porodnih« težavah je v letu 1953 zaživel Jugoslovanski nacionalni komite CIGRÉ, skrajšano JUKO CIGRÉ. Organizacija je bila tudi uradno registrirana kot nevladno strokovno društvo jugoslovanskih elektroenergetikov, s sedežem v Zagrebu, kjer je bilo tudi mesto generalnega sekretarja, in sicer vse do razpustitve te organizacije. Kot je bilo že povedano, je bil prvi predsednik – in v tem času vsekakor s strokovne plati prvo ime jugoslovanskega elektrogospodarstva – prof. dr. Milan Vidmar. Predsednik je bil od ustanovitve leta 1951 do leta 1960. Predsednik JUKO CIGRÉ je bil v obdobju njenega delovanja med leti 1951 do 1991 še en Slovenec. To je bil Vekoslav Korošec (starejši), dolgoletni direktor Elektroinštituta, ki je bil predsednik te organizacije od leta 1964 do leta 1968. Ravno on je kasneje predlagal poimenovanje Elektroinštituta po ustanovitelju Milanu Vidmarju.

Na predlog Milana Vidmarja, prvega predsednika JUKO CIGRÉ, je bilo na ustanovni skupščini leta 1951 sprejeto, da se prvo strokovno zasedanje skliče v Ljubljani. Tako je bilo **od 25. do 27. maja 1953 v Ljubljani** prvo posvetovanje jugoslovanskih elektroenergetikov. Udeležba za tiste čase je bila kar velika, in sicer okrog 100 udeležencev. Posvetovanje je bilo v ljubljanskem domu JLA (hotel Miklič) pred železniško postajo. Organizirano je bilo v pet sekcij (voditelji sekcij so v oklepajih):

1. *Gradnja elektroenergetskih postrojev* (ing. Salom Šuica),
2. *Konstrukcije in obratovalne značilnosti električnih strojev* (prof. ing. Anton Dolenc),
3. *Električna omrežja in interkonekcije* (prof. ing. Milivoj Rakić),
4. *Tipizacija, standardizacija in tehnični predpisi* (ing. Božidar Ribič),
5. *Tehnično-ekonomska vprašanja elektroenergetike* (prof. dr. Milan Vidmar).

Skupaj je bilo predstavljenih 21 referatov, od tega dva iz Slovenije:

- E. Höfler: *Problematika standardizacije napetosti 35 ali 30 kV*,
- K. Kranjc: *Obratovanje TE z znižanim tehničnim minimumom*.

Oba sta bila vodji oddelkov na Elektroinštitutu, kjer je bil direktor Milan Vidmar. Kasneje sta postala vodilna ustvarjalca nastajajočega elektroenergetskega sistema, in sicer Edvard Höfler na področju visokonapetostne tehnike in omrežij ter Karel Kranjc na področju elektrarn.

Iz naslovov referatov je razvidno, da so potekale glavne razprave okrog standardizacije napetosti 30 kV ali 35 kV, načina ozemljitev zvezdišča transformatorjev 110 kV, gradnja razklopišč in omrežja.



*Milan Vidmar predseduje na 4. zasedanju JUKO CIGRÉ v Opatiji leta 1958  
(vir slike: arhiv HO CIGRÉ, objavljeno v L. /7/)*

Po prvi uspešni ljubljanski konferenci so nato sledile konference v Sarajevu, Niški Banji, Opatiji in tako so krožile po vseh republikah bivše države. Uspeh Vidmarjeve ideje o posvetovanjih je bil očiten.

Razvoj elektroenergetskega sistema je bil zelo hiter in enako se v tem času dogaja tudi v drugih državah. Od 1950 do 1970 se je npr. slovenski elektroenergetski sistem povečal nekako za petkrat, jugoslovanski pa za desetkrat (tabela spodaj).

### Razvoj instaliranih moči in proizvodnje električne energije od 1950 do 1990

	1950	1970	1990
<b>Instalirana moč elektrarn</b>	<b>MW</b>	<b>MW</b>	<b>MW</b>
Slovenija	214	996	2.354
Jugoslavija	673	6.881	20.794

	1950	1970	1990
<b>Proizvodnja el. energije</b>	<b>GWh</b>	<b>GWh</b>	<b>GWh</b>
Slovenija	937	4.366	11.199
Jugoslavija	2.408	26.023	83.493

Delovanje JUKO CIGRÉ je bilo na prvih posvetovanjih osredotočeno na takratne probleme elektrogospodarstva in zato je bilo organizirano delovanje v sekcijah – prednostnih temah. Tako je npr. sekcijo o vodih (nadzemni in kabli) vodil Milan Vidmar, sekcijo za električno opremo pa Anton Dolenc, ki je bil profesor na zagrebški in ljubljanski elektro fakulteti. Mnogi njegovi študenti se ga spominjamo kot izvrstnega pedagoga.

## Seznam posvetovanj JUKO CIGRÉ od 1951 do 1991

Posvetovanje	Mesto	Leto	Število udeležencev	Število referatov	Število referatov iz Slovenije
1.	Ljubljana	1953	100	19	2
2.	Sarajevo	1954	135	23	2
3.	Niška Banja	1956	205	35	4
4.	Opatija	1958	253	30	3
5.	Ohrid	1960	291	46	4
6.	Budva	1962	350	77	18
7.	Bled	1964	550	93	23
8.	Mostar	1966	650	102	11
9.	Vrnjačka Banja	1968	713	99	11
10.	Dubrovnik	1970	830	163	20
11.	Ohrid	1972	860	152	31
12.	Budva	1975	1091	193	34
13.	Bled	1977	1170	180	25
14.	Sarajevo	1979	1058	185	24
15.	Beograd	1981	1016	215	32
16.	Opatija	1983	1023	255	21
17.	Struga	1985	1110	262	29
18.	Bečiči	1987	1330	271	21
19.	Bled	1989	1210	283	36
20.	Neum	1991	ni podatka	216	23
<b>Skupaj referatov</b>				<b>2899</b>	<b>374</b>

Posebno sekcijo o sinhronih generatorjih in njihovih vzbujačnikih je vodil Ožbolt Gros, strokovnjak iz Elektroinstituta Milan Vidmar, ki je bil prav tako eden od vodij oddelkov. Druge sekcije (ozemljevanje, elektrifikacija podeželja, tehnični predpisi ...) so vodili drugi zelo priznani elektrotehnik z jugoslovanskih univerz in elektrogospodarstva.

Šele leta 1957 so v JUKO CIGRÉ začeli ustanavljati študijske komiteje (ŠK). Prvi študijski komite je bil za »Zaščito in releje«, ki mu je predsedoval prof. dr.

Vratislav Bedjanič z ljubljanske univerze in eden od ustanoviteljev slovenske elektroindustrije. Sekretar tega ŠK je bil že omenjeni Edvard Höfler iz Elektroinštituta. Po izjavah profesorja Antona Ogorelca, naslednika profesorja Bedjaniča, je bil to prvi nacionalni študijski komite CIGRÉ za zaščito in releje na svetu. V organizaciji pariške CIGRÉ je sicer obstajal mednarodni študijski komite (MŠK) številka 4 za zaščito in releje, ki je deloval od leta 1947 do leta 1966, ni pa bilo nacionalnih študijskih komitejev za zaščito. Tako so v tem času tudi s pomočjo CIGRÉ in tesnega sodelovanja strokovnjakov z elektroindustrijo in elektrogospodarstvom začeli ustanavljati nove tovarne. Te so pripomogle k hitrejšemu razvoju elektrifikacije in so omogočile prve tehnološko zahtevne izvozne produkte. Dokaz, koliko je bila v tem času napredna slovenska elektrotehnična stroka, pa pove podatek, ki ga je navedel nek japonski strokovnjak za zaščito na konferenci o zaščiti na Bledu leta 2003, ko je dejal, da je »slovenski rele nastal nekaj let pred japonskim.«

Kasneje, v letu 1959, je bil ustanovljen posebni ŠK za 220 kV omrežje Jugoslavije, ki ga je vodil priznani profesor Stefanini iz Zagreba. Ta študijski komite je pripravil osnutek tehničnih parametrov za 220 kV prenosno omrežje, ki je bil del razprav na posvetovanjih tega časa.

Na Bledu so bili leta 1964 ustanovljeni novi študijski komiteji: za generatorje, za ekonomsko-tehnične temelje projektiranja in za standardizacijo distribucijskih transformatorskih postaj.

Le nekaj let po uvedbi 220 kV napetosti se leta 1968 na devetem posvetovanju JUKO CIGRÉ v Vrnjački Banji prvič začenja razprava o uvedbi 400 kV napetosti. Na znamenitem 10. posvetovanju JUKO CIGRÉ v Dubrovniku je bil prvič predstavljen načrt izgradnje 400 kV omrežja Jugoslavije, ki ga je predstavil Lazar Ljubiša, kasnejši direktor JUGEL-a. Naslov referata, ki je bil v kategoriji posebej povabljenih referatov, je bil »Koncept razvoja 380 kV omrežja Jugoslavije«. Od takrat je razvoj visokonapetostnega omrežja dobil nov zagon in vizije povezovanja v zahodno-evropsko sinhrono interkonekcijo UCPTÉ. Začele so se bolj poglobljene študije in razprave o povezovanju omrežja s sosedi. To je bila predhodnica začetka poskusnega obratovanja 220 kV omrežja SUDEL (leta 1974) in kasneje začetka obratovanja omrežja z Italijo na 400 kV, leta 1981. Na to temo so bile številne razprave na srečanjih CIGRÉ in študijskih komitejih JUKO CIGRÉ.

Na dubrovniškem posvetovanju CIGRÉ so tudi prvič postavili novo strukturo študijskih komitejev, ki so postali podobni pariški organizaciji CIGRÉ.

Na dvajsetih posvetovanjih, od leta 1953 do zadnjega posvetovanja leta 1991 v Neumu, je bilo skupaj 2899 referatov, od tega 374 slovenskih avtorjev, kar predstavlja 13 % vseh referatov. Slovenci, ki so objavili več kot deset referatov na dvajsetih zasedanjih JUKO CIGRÉ, so bili: dr. Franc Jakl (19), Anton Rupnik (18), dr. Marijan Plaper (17), dr. Anton Ogorelec (15), dr. Ferdinand Gubina (14), dr. Dušan Sajovic (14), dr. Albert Čebulj (12), Branko Fatur (12), Franc Curk (11) in dr. Andrej Pehani (11). Vsi so bili učenci Milana Vidmarja.

Še 220 Slovencev pa je objavilo od enega do deset referatov na posvetovanjih JUKO CIGRÉ.

Zanimivo je, da je bila Vidmarjeva ideja sklicevanja konferenc elektroenergetikov pod okriljem CIGRÉ znotraj ene od članic te mednarodne organizacije posebnost, kakršne v drugih državah niso poznali. Še danes so le redke države (razen držav na območju bivše Jugoslavije), ki redno bienalno sklicujejo nacionalne konference CIGRÉ in razpravljajo, kako izboljšati lastni elektroenergetski sistem in izboljšati nivo elektrotehničnih znanj. Zagotovo je ta Vidmarjeva ideja rodila uspešne sadove in se še danes uspešno nadaljuje.

V drugih državah, članicah mednarodne CIGRÉ, se večinoma odvijajo sestanki in delavnice pod okriljem nacionalnega komiteja CIGRÉ, z namenom izbora referatov in strokovne predstavitve države na mednarodnih bienalnih zasedanjih v Parizu ali mednarodnih simpozijih CIGRÉ ali regionalnih CIGRÉ konferencah. Nacionalne elektroenergetske konference, kot jih poznamo v Sloveniji, se večinoma odvijajo enkrat letno pod okriljem elektrotehniških zvez (npr. v Italiji AEI – Associazione Elettrotecnica Italiana, v Avstriji OVE – Österreichischer Verband für Elektrotechnik, v Nemčiji VDE – Verband der Elektrotechnik, itn).

Jugoslovanska JUKO CIGRÉ posvetovanja so imela dokaj visok strokovni nivo, na njih so se zbirali najboljši jugoslovanski strokovnjaki elektroenergetike. Rezultati teh konferenc so usmerjali nadaljnje razvojne rešitve v takrat hitro rastočem elektrogospodarstvu.

Kasneje so se pod okriljem JUKO CIGRÉ razvile tudi druge konference, kot so konferenca o kabliah, telekomunikacijah, vodenju in obratovanju sistema ter konference o distribucijskih omrežjih. JUKO CIGRÉ je imel pod svojim okriljem tudi distribucijo, čeprav je bila ta dejavnost v mednarodni areni po letu 1974 organizirana v drugi mednarodni organizaciji CIREN (mednarodni kongres distributerjev električne energije).

## **Kako in zakaj je prišel Vidmar do ideje za jugoslovanska zasedanja CIGRÉ?**

Milan Vidmar, strokovnjak svetovnega slovesa že pred drugo svetovno vojno in pedagog velike širine ter izjemnega občutka za elektroenergetski sistem, je hitro ugotovil veliko zaprtost nove Jugoslavije in nezmožnost svobode tehničnega razmišljanja ter reševanja problemov razvoja elektrifikacije na učinkovit način. Mlado državo je pri elektrifikaciji čakalo veliko zahtevnih nalog. Potrebno je bilo uveljaviti stroko. Rešitev tega je videl v boljšem povezovanju, izmenjavi informacij in stikov z naprednimi sistemi, s katerimi je pred vojno redno sodeloval. Vedel je, da je CIGRÉ nevladna mednarodna organizacija, ki obravnava razvoj tehnologij za električne sisteme, spodbuja svobodo tehničnega razmišljanja, izmenjave informacij in ima številne eksperte različnih strokovnih in kulturnih ozadij, zato je bila primerna za vzorec Jugoslavije. Vzorec za jugoslovanska zasedanja CIGRÉ so bila vsekakor bienalna zasedanja pariške CIGRÉ.

Izvedba posvetovanj v Jugoslaviji po vzoru pariške CIGRÉ naj bi dvignila nivo znanj strokovnjakov v različnih jugoslovanskih republikah in omogočila boljšo povezanost stroke. Na ta način bi lahko tudi zmanjšali centralistične vplive oblasti na stroko. Verjetno je bilo to Vidmarjevo vodilo.

Izražanje in realizacija te ideje sta morali potekati implicitno in ne udarno. Tako je postala JUKO CIGRÉ prva nevladna strokovna organizacija, ki ni imela sedeža v Beogradu. Vidmar je sicer želel sedež v Ljubljani, vendar mu to ni uspelo. Kasneje je bil zadovoljen, da je uspel premakniti miselnost in decentralizirati CIGRÉ.

Razvoj hitro rastočega sistema in vsakodnevne tehnološke inovacije za potrebe elektroenergetskega sistema so zahtevali veliko novih znanj. Samo z novimi znanji je bilo mogoče uspešno in ekonomsko ugodno razvijati sistem, ki je postal osnova gospodarstva države. Na posvetovanjih JUKO CIGRÉ je bila udeležba strokovnjakov zelo visoka. Po letu 1975 je bilo več kot 1000 registriranih udeležencev. Obe blejski zasedanji, leta 1977 in 1989, sta bili tako množični, da so organizatorji le stežka zagotovili prenočišča za vse udeležence.

V obdobju od leta 1954 (drugo posvetovanje v Sarajevu) do leta 1972 (enajsto posvetovanje na Ohridu) so se posvetovanja odvijala v jesenskih mesecih. V tem času so se zasedanja pariške CIGRÉ odvijala v istih letih, sodih letih, vendar v pomladnih mesecih (april, maj). Ko so v Parizu leta 1968 premaknili čas odvijanja konferenc na zadnji teden v avgustu, kot so še danes, so se v JUKO CIGRÉ odločili, da bodo zasedanja premaknili na pomladanske mesece, začevši z letom 1975. Tako so bila od leta 1975 zasedanja JUKO CIGRÉ v lihih letih, medtem ko so pariška zasedanja v sodih letih vse od leta 1946.

Slovenski strokovnjaki in znanstveniki, ki so imeli na posameznih posvetovanjih vodilno vlogo v sekcijah oz. študijskih komitejih JUKO CIGRÉ, so bili:

Slovinci, predsedniki sekcij ali ŠK	Zasedanje JUKO CIGRE	Sekcija ali študijski komite
1. Prof. dr. Milan Vidmar	1. – Ljubljana, 1953 3. – Niška Banja, 1956 4. – Opatija, 1958 5. – Ohrid, 1960	<i>Sekcija:</i> Tehniško-ekonomska vprašanja elektroenergetike – dispečerski sistem <i>Sekcija:</i> Vodi (nadzemni in kabli)
2. Prof. h. c. dr. Anton Dolenc	1. – Ljubljana, 1953 3. – Niška Banja, 1956 4. – Opatija, 1958 5. – Ohrid, 1960 6. – Budva, 1962 7. – Bled, 1964 8. – Mostar, 1966 9. – Vrnjačka Banja, 1968 10. – Dubrovnik, 1970	<i>Sekcija:</i> Konstrukcije in obratovalne lastnosti električnih strojev <i>Sekcija:</i> Električna oprema

Slovenski, predsedniki sekcij ali ŠK	Zasedanje JUKO CIGRE	Sekcija ali študijski komite
3. Prof. dr. Vratislav Bedjanič	2. – Sarajevo, 1954	<i>Sekcija:</i> Konstrukcije in obratovalne lastnosti ter uporaba električnih strojev
4. Henrik Sebaher	6. – Budva, 1962 7. – Bled, 1964 8. – Mostar, 1966 9. – Vrnjačka Banja, 1968	<i>Sekcija:</i> Vodi (nadzemni in kabli)
5. Vekoslav Korošec	10. – Dubrovnik, 1970	<i>Sekcija:</i> Vodi (nadzemni in kabli)
6. Prof. dr. Marjan Plaper	11. – Ohrid, 1972 12. – Budva, 1975 13. – Bled, 1977 14. – Sarajevo, 1979	ŠK: Načrtovanje in obratovanje električnih omrežij ŠK: Prenosna omrežja
7. Prof. dr. Anton Ogorelec	11. – Ohrid, 1972 12. – Budva, 1975 13. – Bled, 1977 14. – Sarajevo, 1979	ŠK: Zaščita in avtomatika
8. Prof. dr. Peter Jereb	15. – Beograd, 1981 16. – Opatija, 1983 17. – Struga, 1985	ŠK: Transformatorji
9. Albin Kurnik	15. – Beograd, 1981	ŠK: Zaščita in avtomatika
10. Silvo Štruc	16. – Opatija, 1983 17. – Struga, 1985 18. – Budva, 1987 19. – Bled, 1989	ŠK: Zaščita in avtomatika
11. Prof. dr. Ferdinand Gubina	18. – Budva, 1987 19. – Bled, 1989 20. – Neum, 1991	ŠK: Obratovanje, vodenje in regulacija prenosnih omrežij
12. Janez Zakonjšek	20. – Neum, 1991	ŠK: Zaščita in avtomatika

Slovenski strokovnjaki in znanstveniki, strokovni poročevalci in/ali recenzenti referatov po sekcijah oz. študijskih komitejih JUKO CIGRÉ na posameznih posvetovanjih, so bili:

	Zasedanje JUKO CIGRE	Strokovni poročevalec za sekcijo/ŠK
1. Edvard Höfler	1. – Ljubljana, 1953	Tipizacija, standardizacija, predpisi
2. Joško Rosina	3. – Niška Banja, 1956	Nadzemni vodi
3. Rudolf Janko	4. – Opatija, 1958 5. – Ohrid, 1960	Nadzemni vodi

	<b>Zasedanje JUKO CIGRE</b>	<b>Strokovni poročevalec za sekcijo/ŠK</b>
4. Anton Škulj	5. – Ohrid, 1960	Kabli
5. Prof. dr. Marjan Plaper	6. – Budva, 1962 7. – Bled, 1964 8. – Mostar, 1966 9. – Vrnjačka Banja, 1968 10. – Dubrovnik, 1970	Nadzemni vodi in kabli
6. Prof.dr. Peter Jereb	11. – Ohrid, 1972 12. – Budva, 1975 13. – Bled, 1977 14. – Sarajevo, 1979	ŠK: Transformatorji
7. Albin Kurnik	11. – Ohrid, 1972 13. – Bled, 1977 14. – Sarajevo, 1979	ŠK: Zaščita in avtomatika
8. Prof.dr. Ferdinand Gubina	12. – Budva, 1975 13. – Bled, 1977	ŠK: Zaščita in avtomatika
9. Karl Hribšek	12. – Budva, 1975	ŠK: Zaščita in avtomatika
10. Dr. Jure Mrzel	14. - Sarajevo, 1979 15. - Beograd, 1981 16. – Opatija, 1983 17. – Struga, 1985 18. – Budva, 1987	ŠK: Energetski kabli
11. Prof. dr. Ivan Novak	14. – Sarajevo, 1979 15. – Beograd, 1981	ŠK: Zaščita in avtomatika
12. Prof. dr. Konrad Lenasi	15. – Beograd, 1981 16. – Opatija, 1983 17. – Struga, 1985 18. – Budva, 1987 20. – Neum, 1991	ŠK: Transformatorji
13. Ivan Leban	15. – Beograd, 1981 16. – Opatija, 1983 17. – Struga, 1985 18. – Budva, 1987 19. – Bled, 1989 20. – Neum, 1991	ŠK: Razdelilne postaje
14. Branko Fatur	15. – Beograd, 1981 16. – Opatija, 1983 17. – Struga, 1985 18. – Budva, 1987 19. – Bled, 1989	ŠK: Načrtovanje prenosnih omrežij
15. Dušan Kosec	16. – Opatija, 1983 17. – Struga, 1985	ŠK: Zaščita in avtomatika



	Zasedanje JUKO CIGRE	Strokovni poročevalec za sekcijo/ŠK
16. Prof. dr. Franc Jakl	18. – Budva, 1987	ŠK: Razdelilne postaje
17. Janez Zakonjšek	18. – Budva, 1987 19. – Bled, 1989	ŠK: Zaščita in avtomatika
18. Prof. dr. Maks Babuder	19. – Bled, 1989	ŠK: Transformatorji
19. Ludvik Letonja	19. – Bled, 1989	ŠK: Nadzemni vodi
20. Franc Kalan	19. – Bled, 1989	ŠK: Razdelilne postaje
21. Janez Kern	20. – Neum, 1991	ŠK: Nadzemni vodi

Iz zgornjih tabel je razvidno, da je 15 Slovencev predsedovalo sekcijam oz. študijskim komitejem in da je bilo 21 Slovencev strokovnih poročevalcev pri določenih študijskih komitejih. Vsi ti vodilni udeleženci posvetovanj JUKO CIGRE so bili zelo ugledni slovenski strokovnjaki in profesorji slovenskih univerz.

Zanimivo je, da je Milan Vidmar na jugoslovanskih zasedanjih CIGRE objavil le en referat, in sicer leta 1956 v Niški Banji na temo nadzemnih vodov pod polemичnim naslovom »Dokmanićevo pogrešno oblikovanje dalekovoda«, v katerem polemizira s profesorjem na zagrebški univerzi o izboru vodnika oz. vlogi trdo vlečenega aluminija za vodnike.

### ANEKDOTA

*Znano je bilo, da je bil Milan Vidmar velik zagovornik ozemljevanja zvezdišč 110 kV transformatorjev preko dušilke t. i. Petersenke (ime je dobila po prof. Waldemarju Petersenu, ki je bil vodja katedre za visokonapetostno tehniko na Tehnični univerzi v Darmstadtu v Nemčiji). V drugih delih Jugoslavije so zagovarjali t. i. direktno ozemljitev, kar je bila praksa v ZDA in Veliki Britaniji.*

*Tako je na enem od prvih CIGRE posvetovanj v 50 letih potekala razprava med Vidmarjem in beograjskim profesorjem elektrotehnike.*

*Vidmar: Petersenka ima mnoge tehnične in ekonomske prednosti pred direktno ozemljitvijo, zato ne razumem, zakaj silite v to rešitev za Jugoslavijo?*

*Beograjčan: Mi mislimo, da je boljša direktna ozemljitev, saj so tudi Američani sprejeli to rešitev.*

*Vidmar: Potem pa predlagam, da sprejmemo od Američanov tudi njihovo družbeno-politično rešitev!*

*Vsi v dvorani (smeh): Ne, ne, to pa ne.*

*Tako je Jugoslavija sprejela direktno ozemljitev zvezdišč visokonapetostnih transformatorjev.*

## Mednarodno sodelovanje v obdobju JUKO CIGRÉ

Čeprav je bila prvotna želja, da se naši strokovnjaki bolj povežejo s stroko v razvitih in hitro razvijajočih elektroenergetskih sistemih, se to ni zgodilo. Stalno pomanjkanje deviz in težave pri kritju stroškov za potovanja sta zelo omejila sodelovanje s tujino. Po prvi objavi referatov iz Jugoslavije na zasedanju v Parizu leta 1950 (M. Vidmar in I. Obradović), še pred ustanovitvijo JUKO CIGRÉ, je bilo v kasnejših letih relativno malo objavljenih referatov. V celotni 40 letni zgodovini JUKO CIGRÉ so objavili 25 referatov, od tega 4 iz Slovenije. Jugoslovanska kvota za objavljanje referatov je bila dva referata na zasedanje, ampak je bilo veliko zasedanj v Parizu brez referatov iz jugoslovanskega komiteja CIGRÉ (npr. od leta 1964 do 1978).

### Slovenski referati na mednarodnih zasedanjih CIGRÉ v Parizu od 1950 do 1990

	Leto	Skupina	Avtor/-ji	Originalen naslov referata
1	1950	23- Overhead lines Ref. 233	Milan Vidmar	Aluminium Transmission Conductors Without Mechanical Reinforcements
2	1954	11-Rotation Machines Ref. 138	Milan Vidmar, ml.	Comparison of four main types of rotary exciters employed in modern practice, with regard to the exciting effectiveness
3	1954	23- Overhead lines Ref. 222	Janko Rudolf	Homogeneous Conductors having the same factors safety with respect to permanent set
4	1980	32 – Power system Operation and Management Ref. 32.08	Anton Ogorelec Marjan Plaper Ferdinand Gubina Janez Hrovatin	A concept of electric power system emergency control by means of multipurpose automata

Sodelovanje v mednarodnih študijskih komitejih (MŠK) CIGRÉ je bilo prav tako slabo, razen študijskega komiteja za zaščito, ki je bil v celotnem obdobju JUKO CIGRÉ najaktivnejši pri mednarodnem sodelovanju. Tukaj gre zahvala profesorju Antonu Ogorelcu, ki je bil dolga leta zelo aktiven v MŠK 34 (Power system protection and local control).

Do leta 1966, ko je pariški CIGRÉ izvedel temeljito reorganizacijo študijskih komitejev, je bil aktiven le en član iz JUKO CIGRÉ. Po razpoložljivih podatkih je to bil dr. I. Obradović iz Beograda, in sicer v mednarodnem študijskem komiteju 13 (Power System Stability). Ta študijski komite je deloval od 1947 do 1966.

Od leta 1966 je sodelovala v mednarodnem študijskem komiteju za izolacijske materiale in olja Stana Muren, iz Elektroinštituta Milan Vidmar, ki je bila tudi vodja oddelka za elektrokemijo. Od leta 1981 do leta 1991 je v mednarodnih študijskih komitejih sodelovalo samo 7 strokovnjakov iz Jugoslavije.

Tudi pri mednarodnih strokovnih srečanjih je imel vodilno vlogo profesor Ogorelec. Prvi organizirani mednarodni sestanek je bil Kolokvij mednarodnega študijskega komiteja 34 v Ljubljani (16.–18. septembra 1985). Na tem sestanku je sodelovalo 64 strokovnjakov iz 21 držav. Naslednji tak mednarodni sestanek študijskega komiteja za zaščito je bil sklican v Dubrovniku leta 1988.

Za konec lahko rečemo, da je Vidmarjeva ideja o posvetovanjih CIGRÉ v Jugoslaviji odigrala pomembno vlogo v strokovnem, znanstvenem in pedagoškem smislu ter da je prispevala k učinkovitejšemu razvoju elektroenergetskih sistemov.



*JUKO CIGRÉ je gostil drugi sestanek CIGRÉ MŠK 34 Zaščita EES, v Dubrovniku, leta 1988.*

## CIGRÉ v Sloveniji po letu 1991

---

To poglavje je posvečeno delovanju CIGRÉ v Sloveniji po osamosvojitvi. Cilj je predstaviti aktivnosti slovenskih strokovnjakov, ki nadaljujejo Vidmarjevo idejo o konferencah elektroenergetikov pod okriljem CIGRÉ. Predstavljene bodo dejavnosti CIGRÉ v Sloveniji in sodelovanje s strokovnjaki mednarodnih študijskih komitejev po letu 1991. Zdi se, da je mednarodno sodelovanje šele z osamosvojitvijo doseglo cilje, ki jih je imel v mislih Vidmar ob začetku sodelovanja s pariško centralo CIGRÉ. Slovenske nacionalne konference elektroenergetikov in sodelovanje na zasedanjih ter simpozijih mednarodne CIGRÉ so odličen primer učinkovite nadgradnje znanj in dobrih praks po svetu.

Osamosvojitve Slovenije, leta 1991, je prinesla velike spremembe tudi v organizaciji slovenske CIGRÉ. Iz bivšega jugoslovanskega komiteja (JUKO CIGRÉ) so nastali novi nacionalni komiteji CIGRÉ novonastalih držav. Vsi so nadaljevali staro prakso bienalnih nacionalnih zasedanj in povezav s pariško centralo CIGRÉ.

Na zadnjem posvetovanju JUKO CIGRÉ v Neumu, 21.–26. aprila 1991, je bilo že čutiti nervozo in bližajoči se razpad države. Že v drugi polovici leta 1991 je pobudo za ustanovitev slovenskega nacionalnega komiteja CIGRÉ prevzel prof. dr. Ferdinand Gubina, ki je v tem času odhajal iz Elektroinštituta Milan Vidmar na Fakulteto za elektrotehniko, kjer je prevzel profesorsko mesto po upokojitvi profesorja Antona Ogorelca. V januarju 1992 je pripravljali odbor v sestavi Gubina, Bakič, Babuder in Ogorelec pripravil vse potrebno za ustanovitev Slovenskega nacionalnega komiteja CIGRÉ.

Na ustanovni skupščini, ki je bila 17. marca 1992, je prisostvovalo 105 predstavnikov iz 21 slovenskih podjetij. Odziv slovenskih strokovnjakov na ustanovitev nacionalnega komiteja CIGRÉ je bil izjemen. Za prvega predsednika je bil izvoljen Ferdinand Gubina in za podpredsednika pa Maks Babuder in Krešimir Bakič. Maks Babuder je dobil zadolžitev za organizacijo povezav s tujino in Krešimir Bakič za vzpostavitev delovanja društva v Sloveniji. Imenovanih je bilo 14 predsednikov študijskih komitejev:

1. Prof. dr. Konrad Lenasi (ŠK 12 – Transformatorji)
2. Prof. dr. Peter Žunko (ŠK 13 – Stikalne naprave)
3. Mag. Maja Končan - Gradnik (ŠK 15 – Izolacijski materiali)
4. Mag. Janez Hostnik (ŠK 21 – Energetski kabli)
5. Dr. Franc Jakl (ŠK 22 – Nadzemni vodi)
6. Ivan Leban (ŠK 23 – Razdelilne postaje)

7. Tomaž Jamnik (ŠK 31 – Distribucijska omrežja)
8. Prof. Maks Babuder (ŠK 33 – Prenapetosti in koordinacija izolacije)
9. Mag. Janez Gorišek (ŠK 34 – Zaščita)
10. Tatjana Muha (ŠK 35 – Komunikacije in daljinsko vodenje)
11. Prof. dr. Jože Voršič (ŠK 36 – Motnje v EES)
12. Mag. Krešimir Bakič (ŠK 37 – Načrtovanje in razvoj EES)
13. Dr. Pavel Omahen (ŠK 38 – Analize EES)
14. Dr. Janez Hrovatin (ŠK 39 – Obratovanje in vodenje EES)

Organizacijska struktura slovenskega komiteja CIGRÉ je bila zrcalna podoba organizacijske strukture pariške CIGRÉ.

V nadzorni odbor so bili imenovani prof. dr. Albert Čebulj, mag. Matija Nadižar in mag. Andrej Tiršek.

Za individualne člane nacionalnega komiteja CIGRÉ se je prijavilo 205 slovenskih strokovnjakov.

Dogovorili so se, da se pripravi dokumentacija za sprejem v mednarodno združenje CIGRÉ v Parizu, da se spodbudijo podjetja in individualni člani za včlanitev v pariški CIGRÉ in da se v enem letu skliče prva slovenska nacionalna konferenca elektroenergetikov.

Skladno s slovensko zakonodajo je bilo društvo s skrajšanim imenom SLOKO CIGRÉ registrirano pri Temelnjem sodišču v Ljubljani, 15. 5. 1992. Ustanovitelji društva so bili: Ferdinand Gubina, Maks Babuder, Krešimir Bakič, Marija Vehovec, Jože Perme, Georgi Zlatarjev, Andrej Otrin, Pavel Omahen, Leon Valenčič, Tomaž Mohar, Anton Ogorelec in Ivan Leban. Sedež organizacije je bil na Hajdrihovi 2 v Ljubljani, in sicer v prostorih Laboratorija za visoke napetosti. Prvo leto je bila za sekretarko društva imenovana Marija Vehovec.

Aktivnosti Slovenskega komiteja CIGRÉ so stekle z neverjetno hitrostjo in prizadevnostjo mnogih članov.

Ob 34. zasedanju mednarodne CIGRÉ v Parizu je bil 30. avgusta 1992 slovenski nacionalni komite sprejet v mednarodno organizacijo CIGRÉ. Slovenija je imela v prvem letu mednarodnega članstva 44 individualnih in tri kolektivne člane (ELES, TE Šoštanj in Elektro Ljubljana), s čimer je izpolnjevala pogoje za polnopravno članstvo v tej mednarodni tehnični organizaciji.

V prelomnem letu 1991 sta bila člana mednarodnih študijskih komitejev CIGRÉ v Parizu Ferdinand Gubina v študijskem komiteju 39 (*Obratovanje in vodenje elektroenergetskih sistemov*) in Krešimir Bakič v študijskem komiteju 37 (*Načrtovanje in razvoj elektroenergetskih sistemov*), oba kot člana JUKO CIGRÉ.

Vseeno sta oba že v drugi polovici leta 1991 v tej mednarodni organizaciji začela predstavljati Slovenijo, pa čeprav uradno še ni bila članica. Na spodnji sliki so

udeleženci sestanka CIGRÉ mednarodnega študijskega komiteja 37 – »Načrtovanje in razvoj elektroenergetskih sistemov«, ki je bil oktobra 1991 v Avstraliji in kjer se prvič pojavlja ime Slovenije kot države članice svetovne družine CIGRÉ.



Prva slovenska konferenca elektroenergetikov v organizaciji nacionalnega komiteja CIGRÉ je bila od 25. do 27. maja 1993 v Cankarjevem domu v Ljubljani. (Zanimivo je, da je bila natančno štirideset let pred tem na iste majske dni organizirana prva jugoslovanska konferenca CIGRÉ v Ljubljani).

Na prvi slovenski konferenci CIGRÉ je bilo predstavljenih 83 referatov, udeležilo pa se je je okrog 200 slovenskih strokovnjakov. Pred začetkom konference je bil za predsednika študijskega komiteja 11 – »Rotacijski stroji in problematika elektrarn« imenovan Franc Potočnik. Obravnavan je bil referat o obnovi dravskih elektrarn. To je bil prvi obravnavani referat na slovenskih konferencah CIGRÉ. Napisala sta ga Zdravko Močnik in Adolf Gostenčnik iz Dravskih elektrarn. Naslov referata je bil »*Revitalizacija dravskih elektrarn*«.

Predsednik slovenskega komiteja CIGRÉ, profesor Ferdinand Gubina, je v svojem uvodnem govoru dejal, da se prva konferenca posveča reševanju problemov slovenskega elektrogospodarstva in elektroindustrije v novih razmerah po osamosvojitvi. »*Vojna na jugoslovanskih tleh je odrezala del elektroenergetskega*

sistema evropske interkonekcije UCPTE in onemogoča izmenjave električne energije z jugovzhodno Evropo. Pojavljajo se tudi vprašanja večje kritičnosti družbe do proizvodnje električne energije in uporabe prostora za energetske namene ter potrebe po bolj smotrni uporabi električne energije. Vse te probleme je potrebno reševati in zato je primerna ta konferenca,« je povedal prvi predsednik SLOKO CIGRÉ Ferdinand Gubina.

Ob odprtju konference je bilo omizje na temo »**Elektroenergetika Slovenije v novih razmerah**«. Štirje vabljeni predavatelji so predstavili naslednje referate:

1. Maks Tajnikar (minister v Vladi Slovenije): *Vloga elektroenergetike v razvoju državnega gospodarstva;*
2. Ostož Kristan (direktor ELES-a): *Strategija razvoja slovenske elektroenergetike;*
3. Janez Hrovatin (direktor sektorja za obratovanje sistema, ELES): *Stanje slovenske elektroenergetike;*
4. Stane Zagoričnik (predstavnik ministrstva): *Varstvo okolja in elektroenergetika pri nas.*



Prva konferenca  
Slovenskega komiteja  
CIGRÉ v Ljubljani,  
25. maja 1993

V razpravi je enega od devetih koreferatov predstavil Milan Kenda, ki je izpostavil problematiko vzdrževanja prenosnega omrežja. Eden od sklepov prve konference je bil vezan na ta referat, in sicer da se povečajo vlaganja v vzdrževanje prenosnega omrežja in v izboljšanje kakovosti električne energije. To so je kasneje tudi realiziralo.

Mnogi referati prve konference so bili praktično usmerjeni in so bili prispevek k izboljšanju stanja v elektrogospodarstvu Slovenije, ki je v tem času doživljalo velike strese po reorganizaciji in ločevanju na posamezna podjetja prej enotnega slovenskega elektrogospodarstva.

Ob prvi konferenci je društvo dobilo nov logotip organizacije: barve slovenske zastave z napisom SLOKO CIGRÉ. Kasneje so ta logotip ukinili zaradi oblikovne usklajenosti z matično organizacijo CIGRÉ v Parizu. Tudi drugi nacionalni komiteji CIGRÉ uporabljajo samo logotip matične organizacije.

V dvoletnih ciklih so nato sledile konference, ki so prikazane v spodnji tabeli.

*Seznam konferenc Slovenskega komiteja CIGRÉ od 1993 do 2011*

Konferenca	Mesto	Leto	Okvirno število udeležencev	Število referatov
1.	Ljubljana	1993	200	83
2.	Maribor	1995	250	90
3.	N. Gorica	1997	300	122
4.	R. Slatina	1999	350	120
5.	Bled	2001	400	133
6.	Portorož	2003	450	184
7.	Velenje	2005	500	193
8.	Čatež	2007	510	184
9.	Kranjska Gora	2009	550	165
10.	Ljubljana	2011	580	193
<b>Skupaj</b>				<b>1467</b>

Na desetih nacionalnih konferencah CIGRÉ so slovenski strokovnjaki predstavili 1467 znanstvenih in strokovnih referatov. Če primerjamo, da so v obdobju JUKO CIGRÉ na dvajsetih konferencah Slovenci predstavili 374 referatov in sedaj pod okriljem Slovenskega komiteja CIGRÉ 1467 referatov na desetih konferencah, to pomeni skoraj 8-kratno povečanje objav na konferenco v obdobju samostojne Slovenije.



Še bolj izrazito izboljšanje aktivnosti slovenske elektroenergetske stroke je razvidno, ko primerjamo mednarodno sodelovanje in objave na zasedanjih CIGRÉ v Parizu. Od leta 1950, ko je Milan Vidmar objavil prvi referat na pariškem kongresu CIGRÉ, do leta 1990 je bilo 21 zasedanj v Parizu, na katerih so Slovenci objavili vsega 4 referate. V obdobju 1992–2010 so pa Slovenci objavili 33 referatov (kot glavni avtorji ali soavtorji). V tem obdobju je bilo 11 zasedanj CIGRÉ v Parizu. To pomeni, da je po osamosvojitvi Slovenije za 20-krat več objavljenih referatov na pariških zasedanjih CIGRÉ, kot je to bilo pred osamosvojitvijo. Tukaj je potrebno pojasniti, da se je v obdobju po letu 2000 povečalo tudi število sprejetih referatov na zasedanjih pariške CIGRÉ skoraj za dvakrat. Kvota za mednarodne referate za Jugoslavijo (1950–1990) sta bila dva referata, enaka kot je danes kvota za Slovenijo.

V obdobju po letu 2000 je udeležba Slovencev na bienalnih pariških zasedanjih CIGRÉ (okrog 30), udeležba v mednarodnih študijskih komitejih (okrog 10) in prispevki z referati ter v strokovnih brošurah pariške CIGRÉ rekordna, če jo primerjamo s številom prebivalstva ali s številom zaposlenih v elektroenergetskem sektorju.

2. konferenca slovenskih elektroenergetikov v Mariboru je bila osredotočena na razvoj in ponovno rast porabe električne energije ter na organizacijske probleme elektrogospodarstva. Naslednja, 3. konferenca, v Novi Gorici, je izpostavila uvajanje novih tehnologij in izboljšanje kakovosti električne energije. Na tej konferenci leta 1997 je bila izpeljana multi videokonferenca med N. Gorico, Kranjem in Stockholmom, kar se je zgodilo prvič v zgodovini CIGRÉ. Konferenci



*Odprtje 2. konference CIGRÉ slovenskih elektroenergetikov v Mariboru, l. 1995*

v Rogaški in na Bledu sta obravnavali odprtje evropskega trga z električno energijo in organizacijske strukture z upoštevanjem odprtega trga z električno energijo v Sloveniji. Na Bledu leta 2001 je bilo izpeljano reorganiziranje delovanje SLOKO CIGRÉ, in sicer z uvajanjem dejavnosti CIRED, s spremembami študijskih komitejev v obliko, kot je v pariškem CIGRÉ, in s spremembo imena nacionalne organizacije. Od takrat je Slovensko društvo elektroenergetikov CIGRÉ-CIRED. Uvedena sta bila nacionalna Tehnična komiteja CIGRÉ in CIRED.

Aktivnosti študijskih komitejev se stalno izboljšujejo. Število referatov na konferencah raste in na 7. konferenci, v Velenju l. 2005, je bilo predstavljenih 193 referatov in konference se je udeležilo okrog 500 udeležencev.

Na uvodnih problemskih omizjih so bile obravnavane naslednje teme:

- Kako uspešno organizirati slovensko elektrogospodarstvo? (Maribor, 1995),
- Kakovost električne energije za Slovenijo (Nova Gorica, 1997),
- Odpiranje trga električne energije (Rogaška Slatina, 1999),
- Nacionalni energetske program (Bled, 2001),
- Privatizacija slovenskega elektrogospodarstva (Portorož, 2003),
- Razvojne možnosti slovenskega elektrogospodarstva po vstopu v EU (Velenje, 2005),
- Vpliv klimatskih sprememb na delovanje slovenskega EES (Čatež, 2007),
- Vpliv ekonomske krize na slovensko elektrogospodarstvo (Kranjska Gora, 2009),
- Tehnološki izzivi za prihodnost elektroenergetike in kje so priložnosti za Slovenijo (Ljubljana, 2011).

## **Podelitve priznanj slovenskim strokovnjakom**

Od leta 1999 se na konferencah podeljujejo priznanja slovenskim strokovnjakom s področja elektrogospodarstva za njihovo delo in prizadevanja za boljši slovenski elektroenergetski sistem ter odmevno mednarodno sodelovanje. Podeljujejo se naslednja priznanja:

1. priznanje za ŽIVLJENJSKO DELO na področju energetike,
2. PLAKETO CIGRÉ za dolgoletno delo in sodelovanje pri razvoju stroke,
3. PRIZNANJE ZA DOLGOLETNO USPEŠNO DELO v slovenski elektroenergetiki,
4. POHVALO za uspešno izveden projekt, izjemen študijski prispevek, več odmevnih referatov, vodenje ŠK,
5. PRIZNANJE NOVINARJEM za kakovostno poročanje o energetiki,
6. DIPLOMO za posebno odmeven referat na konferenci,
7. posebno priznanje AMBASADOR CIGRÉ.

Najvišje **priznanje za življenjsko delo** na področju energetike so do sedaj dobili:

Leto	Priznanje za življenjsko delo	Mesto podelitve
1999	Prof. dr. Dušan Povh	Rogaška Slatina
2001	Prof. dr. Marjan Plaper	Bled
2003	Prof. dr. Anton Ogorelec	Portorož
2007	Prof. dr. Ferdinand Gubina	Čatež
2009	Dr. Janez Hrovatin	Kranjska Gora
2011	Prof. dr. Franc Jakl	Ljubljana

**Priznanja za dolgoletno uspešno delo v slovenski elektroenergetiki so dobili:** Milan Kenda, Valentin Golob, mag. Drago Štefe, Štefan Marjetič, Jure Brguljan, Janez Sterniša, Kristijan Mravljak, Darij Stabej, Viktor Leskovec, Franc Leskovec, Janez Nučič in Ivan Kralj.

**Plakete CIGRÉ** za dolgoletno delo in sodelovanje pri razvoju elektrotehnične stroke v obdobju 1999 do 2011 je dobilo 27 slovenskih strokovnjakov, in sicer J. Hrovatin, T. Jamnik, F. Jakl, P. Žunko, F. Curk, J. Kern, Š. Lutar, Z. Močnik, M. Babuder, K. Bakič, J. Hostnik, I. Leban, M. Žumer, J. Voršič, F. Žlahtič, P. Omahen, F. Potočnik, R. Mihalič, Z. Toroš, M. Končan - Gradnik, S. Štruc, K. Lenasi, R. Golob, M. Novak, zakonca Majda in Franc Ilar in V. Lovrenčič.



*Prof. dr. Marjan Plaper je prejel priznanje za življenjsko delo v letu 2001.*

»Priznanje, ki ga dobiš od kolegov v stroki in stanovske organizacije, je vsekakor najvrednejše priznanje, ki ga lahko dobiš,« je povedal eden od nagrajencev ob prevzemu priznanja.

V počastitev svojega ustanovitelja Milana Vidmarja se za najvišja priznanja dodeljuje kipec Milana Vidmarja.

V letu 2010 je Slovensko združenje CIGRÉ in CIRED začelo podeljevati ob izjemnih dogodkih priznanje **AMBASADOR CIGRÉ**, za zasluge za izjemen prispevek elektrotehniški stroki in za širitve aktivnosti CIGRÉ v svetu. Priznanje sta dobila zaslužni profesor Anton Ogorelec in generalni sekretar pariške CIGRÉ Jean Kowal, in sicer ob sestanku Tehniškega komiteja pariške CIGRÉ na Bledu.



*Generalni sekretar CIGRÉ Pariz Jean Kowal in prof. Anton Ogorelec pri sprejemu priznanja AMBASADOR CIGRÉ.*

## Mednarodno sodelovanje po letu 1991

Mednarodno sodelovanje v pariškem CIGRÉ lahko opišemo z naslednjimi področji aktivnosti:

- sodelovanje v mednarodnih študijskih komitejih (MŠK) in delovnih skupinah (Working groups – WG),
- objavljeni prispevki na bienalnih zasedanjih CIGRÉ v Parizu in na simpozijih CIGRÉ,
- sodelovanje pri vodenju mednarodnih sestankov CIGRÉ, strokovnem poročanju in recenzijah ter aktivnosti v Administrativnem svetu in Tehničnem komiteju pariške CIGRÉ.

V obdobju od leta 1992, ko je Slovenija postala član mednarodne CIGRÉ, do leta 2002, ko je izvedena reorganizacija mednarodnih študijskih komitejev, so člani SLOKO CIGRÉ sodelovali v MŠK:

Obdobje	Član	Status	Mednarodni študijski komite
1992–1996	F. Gubina	redni član	39 – Vodenje in obratovanje EES
1992–1996	K. Bakič	opazovalec	37 – Razvoj in načrtovanje EES
1996–2000	F. Gubina	redni član	39 – Vodenje in obratovanje EES
1996–2000	M. Babuder	opazovalec	33 – Koordinacija izolacije
1996–2000	K. Bakič	opazovalec	37 – Razvoj in načrtovanje EES
1996–2000	F. Jakl	opazovalec	22 – Nadzemni vodi
2000–2002	K. Bakič	redni član	37 – Razvoj in načrtovanje EES
2000–2002	R. Golob	redni član	39 – Vodenje in obratovanje EES
2000–2002	M. Babuder	opazovalec	33 – Koordinacija izolacije
2000–2002	F. Gubina	opazovalec	38 – Analiza in tehnike EES
2000–2002	F. Jakl	opazovalec	22 – Nadzemni vodi
2000–2002	T. Muha	opazovalec	35 – TK sistemi v EES

V obdobju po reorganizaciji mednarodnih študijskih komitejev v letu 2002 in podeljevanju dvoletnih mandatov z možnostjo podaljšanja do 6 let se je udeležba Slovencev bistveno povečala. Tako smo imeli sedem predstavnikov v MŠK v obdobju 2002–2004 (Babuder, Bakič, Cestnik, Golob, Gubina, Jakl, Marčenko) in v obdobju 2004–2006 (Bakič, Gubina, Babuder, Cestnik, Koprivnikar, Jakl, Skubin). V naslednjem obdobju, od 2006 do 2008, je namesto G. Skubina postal član MŠK C2 – Vodenje in obratovanje sistema dr. Omahen in v ŠK B2 – Nadzemni vodi namesto dr. F. Jakla mag. Lesjak. Nova člana sta postala še S. Vižintin in Maja Končan - Gradnik. V obdobju 2008–2010 se je povečalo število Slovencev v MŠK na 10. Aktivnosti določenih članov v MŠK in tudi drugih v delovnih skupinah so prispevale pri odločitvi tehničnega komiteja pariške CIGRÉ, da v letu 2010 omogoči Slovcem predstavnike v vseh šestnajstih mednarodnih študijskih komitejih. To so postali: MŠK A1 – L. Tomšič, MŠK A2 – T. Gradnik, MŠK A3 – S. Vižintin, MŠK B1 – M. Keršnik, MŠK B2 – K. Bakič, MŠK B3 – M. Testen, MŠK B4 – R. Mihalič, MŠK B5 – J. Zakonjšek, MŠK C1 – M. Žunec, MŠK C2 – M. Pantoš, MŠK C3 – A. Kregar, MŠK C4 – I. Papič, MŠK C5 – D. Paravan, MŠK C6 – Z. Toroš, MŠK D1 – M. Končan-Gradnik in MŠK D2 – G. Vrabič. S tem je majhna Slovenija po številu zaposlenih v elektroenergetskem sistemu postala aktivna v vseh mednarodnih študijskih komitejih, kar je bilo do sedaj možno samo za velike sisteme.

Študijski komiteji imajo namreč omejeno število članov: 25 rednih in 10 opazovalcev. Mnoge države kandidirajo svoje člane, ampak ne dobijo prostih mest v MŠK. Nekateri naši člani so postali tudi vodje delovnih skupin (npr. Bakič v MŠK C1, Zakonjšek v MŠK B5 in Vrabič v MŠK D2).

Za svoje delo v mednarodnih študijskih komitejih in delovnih skupinah je mednarodna CIGRÉ podelila pohvale naslednjim članom Slovenskega nacionalnega komiteja CIGRÉ:

A. Zaslužni član mednarodne CIGRÉ:

- 1998 – prof. dr. Anton Ogorelec,
- 2000 – prof. dr. Ferdinand Gubina,
- 2002 – mag. Krešimir Bakič,
- 2004 – prof. dr. Maks Babuder in prof. dr. Franc Jakl,
- 2008 – mag. Maja Končan - Gradnik in Ivan Leban,
- 2012 – prof. dr. Jože Voršič.

B. CIGRÉ Technical Committee Award (priznanje CIGRÉ Pariz za izjemne prispevke v delu študijskega komiteja):

- 2004 – Krešimir Bakič za delo v študijskem komiteju za razvoj in ekonomijo sistemov.

Poleg sodelovanja v mednarodnih študijskih komitejih, ki predstavljajo osnovo delovanja CIGRÉ, je več Slovencev aktivno sodelovalo v mednarodnih delovnih skupinah. Na Simpoziju CIGRÉ 1997 v Neptunu (Romunija) in 2004 v Atenah (Grčija) je bil naš član tudi strokovni poročevalec (K. Bakič). Na generalnem zasedanju CIGRÉ 2002 je prof. dr. Ferdinand Gubina vodil panel o izobraževanju elektroenergetikov.

Na simpoziju CIGRÉ 2004 v Ljubljani je naš član prof. dr. Rafael Mihalič vodil eno od sej simpozija.

Objave Slovencev na mednarodnih zasedanjih CIGRÉ v Parizu po letu 1992, torej po ustanovitvi Slovenskega nacionalnega komiteja CIGRÉ, so večkratno presegle objave pred letom 1990. Objavljenih je več kot 30 referatov, v katerih so bili Slovenci prvi avtorji ali soavtorji.

Vse opisane aktivnosti v Sloveniji in na mednarodni sceni pod okriljem Mednarodnega sveta za velike elektroenergetske sisteme CIGRÉ so dejansko nadaljevanje začetnih idej Milana Vidmarja.

## Pomembne letnice in dogodki

- 1921: Ustanovitev CIGRÉ v Parizu in prva mednarodna konferenca.
- 1921: Milan Vidmar objavi knjigo *Die Transformatoren* pri založbi Springer v Berlinu.
- 1936: Milan Vidmar je delegat na 3. svetovni energetske konferenci v Washingtonu.
- 1950: Milan Vidmar objavi prvi referat na zasedanju CIGRÉ v Parizu.
- 1951: Ustanovitev jugoslovanskega komiteja CIGRÉ (JUKO CIGRÉ); Vidmar postane predsednik.
- 1953: Prvo posvetovanje JUKO CIGRÉ v Ljubljani pod vodstvom Milana Vidmarja.
- 1966: Reorganizacija študijskih komitejev pariške CIGRÉ in delitev na tri skupine: elementi (11-12-13), podsistemi (21-22-23) in sistemi (31 do 39).
- 1970: Reorganizacija JUKO CIGRÉ in ustanovitev študijskih komitejev po vzgledu pariške CIGRÉ.
- 1981: V Stockholmu organiziran prvi mednarodni simpozij pariške CIGRÉ na temo *Vpliva daljnovoda na okolje*.
- 1991: (V aprilu) zadnje (dvajseto) posvetovanje JUKO CIGRÉ v Neumu (BiH).
- 1992:** Ustanovitev Slovenskega nacionalnega komiteja CIGRÉ (SLOKO CIGRÉ) v Ljubljani.
- 1993: Prva konferenca SLOKO CIGRÉ v Ljubljani.
- 2001: Na Bledu na peti konferenci nacionalne CIGRÉ se prvič organizirata ločeni sekciji CIGRÉ in CIREĐ.
- 2002: Pariški CIGRÉ reorganizira študijske komiteje v štiri skupine A, B, C in D. Istočasno organizacija spremeni ime iz Mednarodna konferenca za velike električne sisteme v Mednarodni svet za velike električne sisteme.
- 2003: Preimenovanje SLOKO CIGRÉ v Slovensko društvo elektroenergetikov CIGRÉ in CIREĐ.
- 2004: V Ljubljani je prvič organiziran mednarodni simpozij CIGRÉ.
- 2010: Sprejet nov statut in ime organizacije v Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRÉ-CIREĐ.

**Viri za poglavja 6, 7, 8:**

- /1./ J. Hrovatin in drugi: Zgodovina slovenskega elektrogospodarstva, Elektrotehniška zveza Slovenije, 2007.
- /2./ S. Fras, B. Valenčič: Razvoj elektrifikacije Slovenije do leta 1945, Tehnična založba Slovenije, 1976.
- /3./ F. Štajnar: Razvoj elektrogospodarstva v LRS, časopis za slovensko krajevno zgodovino, 1954.
- /4./ Slovenski časopisi v obdobju 1880–1941.
- /5./ K. Bakič: Zbornik koledarjev Slovenskega združenja elektroenergetikov CIGRÉ-CIRED, 2012.
- /6./ JUKO CIGRÉ: 40 godina rada JUKO CIGRÉ 1951–1991, Neum, 1991.
- /7./ HR odbor CIGRÉ: Petdeset godina djelovanja CIGRÉ u Hrvatskoj, 1951–2001, Zagreb, 2001.
- /8./ CIGRÉ Srbije: Antologija tekstova iz priloga, monografija i dokumenata, Beograd, 2011.
- /9./ V. Lagendijk: Electrifying Europe. The power of Europe in the construction of electricity networks. Aksant Academic Publishers, 2008.



## Učenci Milana Vidmarja o njem

---

### **Marjan Plaper: Lik profesorja Milana Vidmarja**

iz slavnostnega govora dne 20. junija 1985 na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani

#### *»Govorjenje o delu še ni delo« (Milan Vidmar)*

Leto 1885 velja za rojstno leto trifaznega transformatorja, kakršen je danes v svetu najbolj razširjen. Lahko smo še bolj natančni. Prvi tak transformator so v drugi polovici junija 1885. leta skonstruirali trije madžarski inženirji Blathy, Deri, Zipernowsky in to v tovarni Ganz pri Budimpešti, kjer prav te dni z velikim mednarodnim simpozijem proslavljajo 100. obletnico transformatorja. Ali ne zveni kar nekam skrivnostno, da se je v drugi polovici junija, natančneje 22. junija 1885. rodil tudi naš profesor Milan Vidmar, ki ga ves elektrotehniški svet pozna predvsem kot velikega specialista za transformatorje?

V svoji rani mladosti je Vidmar veliko sanjal o vrhunskih šahovskih podvigih in bil zato pri svojem formalnem izobraževanju močno neučakan. Na ljubljansko realko se je prepisal zgolj zato, ker je le-ta imela samo 7 razredov, ki so bili zadostni za študij tehniške visoke šole na Dunaju. Ta šola takrat še ni poznala samostojnega študija elektrotehnikе. Tako je bila Vidmarjeva formalna izobrazba pravzaprav strojniška, pa tudi njegova doktorska disertacija je bila elektrotehniku tuja.

Skozi visokošolski študij na Dunaju se je Vidmar prebijal tako, kot marsikateri slovenski intelektualec tistega časa: več lačen kot sit je bil prisiljen preživljati se, kot je vedel in znal. Precej si je pomagal z igranjem šaha, s katerimi je zgodaj pričel dosegati vedno vidnejše uspehe. Njegovi starši so pa dvomili, ali se bo lahko s svojo strojniško izobrazbo v Sloveniji sploh zaposlil. Zato je naknadno kot eksternist opravil srednješolsko maturo še na novomeški gimnaziji, da bi si s tem odprl možnost predsedanja na kako humanistično fakulteto, čeprav ni potem do tega nikoli prišlo.

Z elektrotehniko je 22-letni Milan Vidmar prišel v stik šele v tovarni Elin v avstrijskem mestecu Weiz pri Gradcu, kjer je delal nekaj let. Ko je opravil še doktorat na Dunaju, je po šahovski zvezi prišel v stik z budimpeštansko tovarno Ganz in tam postal osebni asistent enega od izumiteljev trifaznega transformatorja, dvornega svetnika O. T. Blathyja, do katerega je vse življenje gojil veliko spoštovanje.

Vidmar se je ob svojem genialnem učitelju navdušil za transformatorsko panogo in se z vso vnemo zagrizel v njeno teorijo. To pomeni, da se je elektrotehniko izučil pravzaprav ob delu, kar se mu je poznalo vse življenje. Saj je v elektrotehniške

probleme od vsega začetka organsko vgrajeval tudi ekonomske komponente, kar takrat še ni bil običaj in kar še celo danes ni običaj, ker se eksaktnejša tehnika rada ločuje od manj eksaktne ekonomike.

Leta 1918 je na dunajski tehniški visoki šoli opravil docentski izpit in že istega leta v svetu vzbudil veliko pozornost s knjigo »*Der wirtschaftliche Aufbau der elektrischen Maschine*«, ki je hitro doživela francoski, ruski in romunski prevod. Prav težke ekonomske razmere, ki jih je sprožila prva svetovna vojna, so ga vzpodbudile k raziskavam ekonomskih zakonitosti električnih strojev.

V drugi polovici julija 1919. je bila ustanovljena slovenska univerza v Ljubljani, davni sen Slovencev, in Vidmar je bil takoj imenovan za njenega rednega profesorja. Slovenski univerzi in sploh slovenski zemlji je potem ostal zvest vse do svoje smrti 9. oktobra 1962. leta v Ljubljani in to kljub vsem kasnejšim laskavim vabilom v tujino. Ostal pa je še nekaj let konzulent nekaterih vodilnih inozemskih elektrotehniških firm.

Nekaj časa po prvi svetovni vojni je poleg pedagoškega dela na tehniški fakulteti v Ljubljani vodil še za današnje pojme majhno Strojno tovarno in livarno, kasneje tovarnico z imenom Transformator, pa še elektrifikacijsko družbo Elektra. Pravi čudež je, kako je ob takratnem pomanjkanju kadra zmožgel premagovati vse hude začetniške težave pedagoškega dela in dela v operativi, pri čemer tudi šaha ni nikoli zanemarjal, saj se je s šahom vzpenjal že v sam svetovni vrh.

Vidmarjeve psiho-fizične sposobnosti za premagovanje naporov so bile prav legendarne in nič ni pretiraval, ko je sebe primerjal s »hitrim ledolomilcem«. V kratkih dveh poletnih mesecih 1927. leta je npr. ob Bohinjskem jezeru napisal kar dve knjigi: »Vorlesungen über die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik« in »Wirkungsweise elektrischer Maschinen«. Prva ima okoli 400, druga pa okoli 200 strani. To pomeni, da je vsak dan napisal teksta za povprečno 10 tiskanih strani. Pri tem pa ne gre spregledati, da sta med obema vojnama ta dva učbenika veljala za tako kvalitetna, da so ju uporabljali na zahtevnih nemških tehniških visokih šolah. Obe ti dve knjigi sta v velikih nakladah izšli tudi v ruščini.

V Sovjetski Zvezi so sploh skrbno zasledovali Vidmarjevo elektrotehniško filozofijo in na osnovi njegovih znanih zakonov rasti transformatorjev in električnih strojev, v bistvu slonečih na geometriji, so sovjetski znanstveniki veliko kasneje razvili t.i. teorijo kriterijskega modeliranja v energetiki, pri čemer niso pozabljali omenjati Vidmarja kot pionirja te teorije.

Toda v splošnem je o prispevkih Vidmarja k znanstveni misli sila težko govoriti, ker je vedno vsak problem, tudi tistega, ki je bil že kje rešen, zagrabil na svoj, originalni način. V zvezi s transformatorji lahko rečemo le to, da je obdelal ogromno pomembnih problemov, ki so se pojavljali pri razvoju transformatorjev. Ni bilo s tem v zvezi problema, ki se ga ne bi lotil in rešil. Tako so se Vidmarjeva načela in spoznanja o transformatorjih ohranila do današnjih dni kljub uporabljenim novim materialom.

Seveda pa je najbolj vžgala njegova velika knjiga »**Die Transformatoren**«, ki je doživela tri nemške izdaje in bila prevedena tudi v francoščino, ruščino in romunščino. Zlasti med obema vojnama so se po tej knjigi učili konstruktorji transformatorjev skoraj vsega sveta. Zato ni nič čudnega, da so v 50-ih letih Angleži dali Vidmarju vzdevek »*the great old man in transformers*«.

Vidmar je bil tako močna osebnost, da je bil v vseh kritičnih trenutkih ljubljanske tehniške fakultete ali pa slovenske univerze in celo akademije znanosti in umetnosti najpriporočljivejši zastopnik ogrožene institucije in zato tudi takoj izvoljen za voditelja. Toda do svojih študentov in sodelavcev je vedno kazal očetovski odnos. Zato ni nič čudnega, da so se pod njegovim vodstvom zlasti predvojni študentje in njegovi sodelavci počutili kot ena sama družina. Sicer je bil v svojih pedagoških prijemih oz. v navajanju k samostojnemu in kreativnemu delu večkrat strog in včasih celo dozvedno trd, a je hkrati znal biti tudi očetovsko prizanesljiv. Čeprav je prav dobro vedel za vse, tudi najhujše očitke svoje bližnje okolice, ki so padali na njegov račun, je npr. v svojih spominih, ki so izšli že po njegovi smrti, zapisal, da se preprosto ne spominja niti ene »garjeve ovce« v vseh štirih desetletjih svojega »očetovanja«.

Vidmarjev znanstveni uspeh na področju transformatorjev bi lahko pripisali predvsem njegovemu sistemskemu gledanju na te elemente elektroenergetskega sistema. Vedno je namreč poudarjal, da je treba pri oblikovanju bistvenih elementov elektroenergetskega sistema poleg nabavnih stroškov povsem enakovredno upoštevati tudi stroške v toku obratovanja teh elementov, pri čemer se še danes rado greši.

Med drugo svetovno vojno je Vidmar svoja sistemska gledanja znatno razširil tudi na prenos električne energije. Prvi rezultat je bila njegova najobsežnejša znanstvena knjiga »Transformation und Energieübertragung«, ki šteje skoraj 1000 strani.

Vidmarjeva obsežna povojna knjiga o problemih prenosa električne energije iz 1947. leta vsebuje toliko temeljnih in originalnih dognanj iz te specialnosti, da bi prav gotovo vzbudila večjo pozornost, če bi bila namesto v slovenščini napisana v kakem svetovnem jeziku. Npr. osnovne ideje o danes močno aktualnih kompenzacijskih sredstvih v prenosu električne energije so opisane že v tej knjigi, čeprav so se takrat zdele še močno teoretske. Pa ne samo to. Leto dni pred svojo smrtjo, ko je delal nekakšen obračun svoje bogate povojne znanstvene in strokovne dejavnosti, je Vidmar v knjigi s simboličnim naslovom »Električno ožilje Jugoslavije« objavil svojo vizijo o optimalni obliki omrežja najvišje napetosti v Jugoslaviji, ki naj bi povezovalo vse republike naše države, in hkrati podvomil o optimalnosti takrat v Jugoslaviji sprejete sistemske napetosti 220 kV. Zanimivo je, da je mnogo let kasneje zgrajeno omrežje 400 kV, poimenovano po našem velikanu Nikoli Tesli, dokaj podobno takratni Vidmarjevi viziji.

Po drugi svetovni vojni se je prof. Vidmar z njemu lastno ihto zagnal tudi v temeljne raziskave drugega osnovnega elementa elektroenergetskih sistemov, daljnovoda,

in v svojih številnih knjigah, člankih in študijah, napisanih v slovenskem in nemškem jeziku, odkrival vrsto zakonitosti, začevši z znanstveno utemeljenimi razpetinami tj. razdaljami med stebri daljnovodov, katerim do takrat v svetu ni še nihče posvečal večje pozornosti, do tehnološko originalnega oblikovanja daljnovodnih vodnikov. Zanimivo je, da je Vidmar v svoji karieri kazal neko posebno nagnjenje do aluminija kot materiala za vodnike. Že med svojim služenjem v tovarni Ganz je namreč prvi na svetu uresničil idejo o transformatorjih z aluminijскими navitji.

Po drugi svetovni vojni se je močno zavzemal za daljnovodne vodnike iz čistega aluminija, to pomeni iz mehansko neojačenega aluminija. Vendar se njegove zamisli v zvezi z aluminijскими vodniki niso splošno uveljavile. Večina transformatorjev v svetu ima namreč danes bakrene vodnike in večina daljnovodov v svetu nosi na en ali drug način mehansko ojačene aluminijske vodnike.

Veliki eksperiment v naravi, ki se je pri nas po Vidmarjevi zamisli pričel opravljati 1954. leta na t.i. Vidmarjevem daljnovodu 110 kV Pekre - Kidričevo, je sicer pokazal, da je bila Vidmarjeva ideja o neojačenih aluminijских vodnikih dolgoročno gledano v redu. Saj ta daljnovod že 30 let nemoteno obratuje. Pač pa so bile prvi dve leti po izgradnji z njim velike težave, ker so se vodniki neelastično raztezali in so se zaradi tega povesti nedopustno povečevali. Tehnološko se je namreč Vidmarjeva zamisel izkazala kot nekoliko preveč radikalna. V vseh novejših standardih za gole daljnovodne vodnike pa zasledimo Vidmarjevo osnovno idejo v tem smislu, da čim večji je v daljnovodnih vodnikih delež aluminija, tem manjši je delež jekla.

Po drugi svetovni vojni se Vidmarjev nemirni duh kajpak ni ustavljal samo pri problemih prenosa električne energije, pač pa ga je kmalu po vojni zagrabila tudi stara ljubezen transformator. Nekaj let je namreč sodeloval z zagrebško tovarno Rade Končar in to z osnutki večjih transformatorjev. To sodelovanje mu je sploh dalo pobudo, da si je v Švici poiskal založnika za tretjo, povsem prenovljeno izdajo knjige »Die Transformatoren«. Slišalo se bo kot anekdota: Toda dejstvo je, da je iniciativa za Vidmarjevo sodelovanje s tovarno Rade Končar prišla pravzaprav iz Anglije, ko se je takratno ministrstvo za industrijo v Beogradu obrnilo na jugoslovansko ambasado v Londonu, da poišče angleškega eksperta za transformatorje. Angleži pa poznajo »fair-play« in so svetovali, naj se jugoslovansko ministrstvo raje obrne na prof. Milana Vidmarja v Ljubljani ...

Takoj po drugi svetovni vojni je prof. Vidmar tudi spoznal, da bo nova Jugoslavija potrebovala sorazmerno hitre, toda strokovno dovolj utemeljene odgovore na številna, zlasti sistemska vprašanja elektroenergetike, za kar fakultete nikjer na svetu niso dovolj usposobljene. Seveda ne s strokovno-znanstvenega, pač pa z organizacijsko-operativnega gledišča. Videl je potrebo po nastanku neposredno v energetiko usmerjenega inštituta, nekako takega tipa, kot ga ima za študije in raziskave vsedržavna ustanova *Electricité de France* v Franciji. Saj se je le

predobro zavedal, da raziskave po fakultetah kaj rade zaidejo na stranpoti, ki za operativno niso dovolj zanimive. Tako si je Vidmar svoj inštitut zamišljal kot nekakšen »generalni štab jugoslovenskega elektrogospodarstva«, kot se je sam izražal, torej kot inštitut zveznega karakterja, kar pa se ni moglo uresničiti.

Ker se zgodovina mučnega rojevanja tega inštituta in poleg nje stoječe elektrofakultete po navadi opisuje necelovito in s fakultetne strani z užaljenimi podtoni nekakšne prevaranosti, naj bo na tem mestu opozorjeno le to, da je bil v času bolečih krčev rojevanja stavb tako inštituta kot fakultete tu ob Tržaški cesti Vidmar star že okrog 65 let, da so mu zaradi hudih intrig, ki jih je moral premagovati, pričenjali resno odpovedovati živci in srce in da mu ne gre zameriti, če je takrat svoje nekoliko »razvajene mucke«, kot je šaljivo dejal, na nekoliko grob način postavljal na trda življenjska tla. Saj še sebi ni priznal, kaj šele da bi to razlagal svojim duhovnim sinovom, da stari »ledolomilec« fizično peša in da preprosto ne zmore več vsega.

Ta takratna Vidmarjeva pokončna in s človeške strani kaj lahko razumljiva drža, pa bi ne smela ostati kot nekakšen izvirni greh, ki preprečuje poglobljeno sodelovanje med obema ustanovama. Ko se je v za samo Slovenijo takrat preširoko zastavljena stavba inštituta vselilo operativno vodstvo slovenskega elektrogospodarstva, ko je v prizidku visokonapetostnega laboratorija inštituta dobila svoj dom projektantska organizacija Elektroprojekt in ko je pričela vstajati tudi glavna stavba Fakultete za elektrotehniko, je namreč Vidmar pogosto sanjal o »elektrotehniški simfoniji«, ki se bo na tem prostoru prej ali slej oglasila. Žal je treba pribiti, da so se namesto simfonije oglasile separatistično zvoneče, večkrat na kruhoborbo spominjajoče disonance ...

13. decembra 1984. leta je v Parizu umrl Vidmarjev prijatelj prof. Francois Cahen, ki sem ga tudi jaz dobro poznal. Oba moža, ki sta drug do drugega gojila veliko spoštovanje, je najbrž zblíževala njuna do neke mere podobna akademska kariera. Po svoji formalni izobrazbi namreč tudi Cahen ni bil elektrotehnik, temveč montanist. Usoda ga je podobno kot Vidmarja že zelo zgodaj pahnila v praktično elektrotehniko in to kar v oblikovanje francoskega elektroenergetskega sistema. Bil je dolga leta duša inštituta za študije in raziskave pri Electricité de France ter hkrati vodilni profesor na strogi pariški École Supérieure d'Electricité, kjer so poučevali tudi drugi slavni možje, kot sta fizik in član francoske akademije Louis de Broglie in med energetiki vsega sveta znani Pierre Ailleret. Slednji je prek dveh mednarodnih energetskih organizacij pred nedavnim tudi nas vznemiril z opozorilom na težko zablodo, če ne delamo razlik med elektriko in gorivi v smislu degradacijskega in substitucijskega gledanja. Na to razliko je pa kmalu po drugi svetovni vojni opozarjal tudi že naš po krivici preveč pozabljeni pok. prof. strojništva Zoran Rant s svojo mednarodno priznana filozofijo o eksergiji in anergiji.

Zanimivo pa je, da je na potrebno razlikovanje med degradacijskim in substitucijskim gledanjem pravzaprav meril že Vidmar s svojo temeljito razvito teorijo o mehanski in električni ekvivalenci daljnovodnih vodnikov.

Samodisciplina, izredna delavnost, odkritosrčnost in osebna skromnost so odlike, ki jih lahko zasledimo tako pri prof. Cahenu kot tudi pri prof. Vidmarju. To so pa lastnosti velikih znanstvenikov, ki seveda v različnih okoljih in v različnih razmerah prihajajo do izraza na različne načine. Znani aforizem pribija, da je prava, to se pravi nepotvorjena znanost trda šola skromnosti in odkritosrčnosti. Zanimivo je, da je bil Cahen v splošnem sicer francosko ljubezniv in vljuđen, v svojem delovnem okolju pa podobno kot Vidmar večkrat trd, a hkrati očetovski. Cahen je podobno kot Vidmar nosil vrsto častnih naslovov, vendar je rad poudarjal, da je še najbolj ponosen na to, da je inženir. Zato so ga njegovi duhovni sinovi v Franciji krstili za »velikega inženirja«.

Prof. Cahen je bil v 50-ih letih večkrat v Jugoslaviji kot ekspert OZN za razna, zlasti regulacijska vprašanja elektroenergetskih sistemov. Saj je znano, da je prav on postavljaj tehnške temelje za sodelovanje med elektroenergetskimi sistemi vse Zahodne Evrope.

Cahen je zlasti s svojimi štirimi briljantnimi knjigami o osnovah elektrotehnike tako fasciniral našega pok. prof. Koželja, ki je, kot znano, bil Vidmarjev duhovni prvorojenec in ki je kot tak zelo globoko vdrl v skrivnosti elektrotehnike, da je ob izidu teh knjig rekel: »Nemudoma bi bilo treba ta Cahenova odlična dela prevesti v slovenščino,« kar se pa žal ni zgodilo.

Vidmar se je o svojih strokovno-znanstvenih problemih večkrat posvetoval s Cahenom, tako tudi o svojih novovrstnih vodnikih daljnovodov. Zanimivo je, da je Cahen Vidmarja že v 50-ih letih opozoril, da bo njegova ideja težko prodrla v daljnovodno prakso, ker se opira na primerjavo aluminija z bakrom. Kajti substitucije bakra z aluminijem v daljnovodni tehniki že takrat niso bile več aktualne.

Cahen je bil med drugo svetovno vojno komandant francoske težke artilerije in za svojo hrabrost prejel najvišje vojaško odlikovanje. Vidmar ni bil nikoli uniformirani vojak, pač pa je bil med drugo svetovno vojno svojevrstni vojak v civilu, o čemer govori že nalepka »partizanski konzul«, ki mu ga je nadela soldateska v okupirani Ljubljani. Tudi Vidmar bi za svojo hrabrost namesto kvizlinško obarvanih sumničenj zaslužil visoko odlikovanje! Če za drugega ne, vsaj za svoj velemojstrski nastop pred vojaškim tribunalom, ko je svojih 30 študentov potegnil iz krempljev italijanskega okupatorja, študentov tiste fakultete, na kateri se je rodil sloviti radijski oddajnik »kričač«.

Dotaknem naj se še Vidmarjevega odnosa do eksperimentiranja. Eksperimenta Vidmar kajpak ni nikoli podcenjeval, saj je v svojem inštitutu takoj dal zgraditi visokonapetostni laboratorij in analogni model za študij elektroenergetskih omrežij. Sam se je pa v vsej svoji bogati znanstveni karieri v bistvu ukvarjal le s temeljnimi

raziskavami in iskal pomoč laboratorijev le za potrditev pravilnosti svojih razmišljanj. Zatekal se je po navadi v postopke, ki jih je poznal iz reševanja nalog t. i. položajne geometrije (latinsko: geometria situs) in - dejansko eksperimentalno v glavi. Vidmar si je pridobil skoraj mistični opazovalni organ, ki običajnemu človeku manjka. Vedno mi je trdil, da dejansko vidi elektromagnetni svet in pojave v njem.

Ko stopamo v obdobje tretje industrijske revolucije, v obdobje informatike, se zlasti z gledišča pedagoškega procesa soočamo z neke vrste krizo. Saj se večkrat zdi, da sploh ne vemo, kakšna bo v prihodnje vloga inženirja in kakšna bo vloga računalnika.

Tudi Vidmar je že razmišljal o računalnikih, ko jih še nikjer ni bilo. Dejal je, da je že transformator sam čudovit računar, dejal je: »Kakršno koli napetost mu vsiliš na primarni strani, vslej jo bo preračunal v svojem razmerju števila ovojev v napetost, ki se pojavi med sponkami sekundarnega navitja.«

Učenci Cahenove šole so 1981. leta v okviru že omenjenega inštituta pri Elctricité de France v Parizu ustanovili edinstveno mednarodno šolo za planiranje elektroenergetskih sistemov. Predavatelji na tej šoli pa že uvodoma opozorijo, da čeprav je informatika v zadnjih letih odprla nova poglavja v planiranju elektroenergetskih sistemov, se planiranje teh sistemov ne bo moglo nikdar zreducirati na izključno uporabo velikih računalniških programov. Hkrati opozarjajo tudi, da so sodobni računalniki nič več in nič manj kot le merilni instrument, ki primerjajo rešitve in omogočajo, da poiščemo najboljšo. Pravijo, da računalništvo sicer moramo uvrščati v kategorijo znanosti, toda v kategorijo eksperimentalnih znanosti, kjer se eksperiment nadomesti s simulacijo. Povsem jasno je, da eksperiment kot tak ni nikoli zadosten in ga nujno morajo spremljati temeljna razmišljanja. Le-te namreč dopuščajo izdelavo vodilnih principov. Kasnejše delo na računalniku šele dà pravo vrednost tem principom. Simulacija pa ne bo nikdar nadomestila temeljnih razmišljanj. Simulacija po svoji naravi le potrjuje, da so razmišljanja pravilna, kar je na drugih področjih vloga eksperimenta oz. simulacija daje možnost uporabe splošnih razmišljanj, ki so nujno shematična, na realnih primerih, ki so mnogo manj shematična.

Ko bi bil Vidmar še živel, bi prav gotovo tudi on razvil podobne misli.

Vidmar je bil izjemna slovenska osebnost, ki je združevala dvoje, zlasti za Slovence redkih darov: dar govorništvaja, saj je bil pedagog s sugestivno predavateljsko močjo, in dar pisateljavanja, kajti njegov bibliografski opus je izjemno bogat.

Vidmar pa ni bil samo globokega, pač pa tudi nenavadno širokega duha. Poleg tehniških zelo številnih bibliografskih enot imamo v njegovi zapuščini tudi veliko šahovske literature. Njegove poljudnoznanstvene knjige »Moj pogled na svet« iz 1935. leta, »Oslovski most« iz 1936. leta, »Med Evropo in Ameriko« iz 1937. leta so po krivici pozabljene. Zlasti v zadnji je namreč izpričal svojo socialistično naravnano »politično veroizpoved«, kot se je sam izražal. Njegova poljudnoznanstvena

knjiga »Das Ende des Goldzeitalters« je doživela dve izdaji, ki sta bili v trenutku razprodani. Ta knjiga bi celo lahko postala svetovna uspešnica, saj je založnik računal s tem, da bo tretja izdaja dosegla kar 180 000 izvodov, kar pa mu je preprečila druga svetovna vojna.

V zasnovi je posebna listina o vsej Vidmarjevi bibliografski zapuščini. Skrbništvo za to bodo prevzeli: Fakulteta za elektrotehniko Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani, Tehniška fakulteta Univerze v Mariboru, Elektroinštitut »Milan Vidmar« v Ljubljani, Tehniški muzej Slovenije, Elektrotehniška zveza Slovenije in Šahovska zveza Slovenije.

Toda - ali so od Vidmarja ostale res samo številne knjige in nešteti članki ter strokovni referati? - Ne. Zapustil je številne duhovne sinove in že vnuke, ki jim je bil predvsem svetel zgled zagnanega dela. Ni tu mesto, da bi delali obračun tega dela. Toda pribiti je le treba nekaj izstopajočih dejstev.

Priznajmo si kar odkrito. Družbena klima skoraj vsa povojna leta naši elektroenergetiki ni bila posebno naklonjena. Kljub vsem političnim deklaracijam o dejavnosti posebnega družbenega pomena, so na dejavnost elektroenergetike le prevečkrat padale strele in le prevečkrat je prevladovalo prepričanje, da je ta branža v naši družbi nekakšno nujno zlo. To je tudi eden od odločilnih momentov za zaskrbljujoče upadanje zanimanja mladih za visokošolski študij energetike. Morda smo pa elektroenergetiki le preveč zaverovani v svojo stroko, da smo se doslej znali samo spretno izmikati občasnim udarom visokih napetosti, namesto da bi kreativno skušali pomagati, da bi do takih udarov sploh ne prihajalo? Če drugače ne vsaj s primernejšo predstavitvijo svojega dela naši družbi.

Najbrž smo vse preveč skromni, da bi obešali na veliki zvon svoje nemajhne povojne dosežke v graditvi našega socializma.

Bežno se dotaknimo le največjih. Nihče doslej v Jugoslaviji ni še jasno in glasno povedal, kaj smo v zadnjih letih z vztrajnimi in združenimi napori dosegli s povezovanjem vseh naših republik in pokrajin z daljnovodi 400 kV v tehniško-tehnološko enoto. Ali je že kdo pribil, da je napetost 400 kV skoraj zanesljivo do konca tisočletja najvišja napetost držav vse Zahodne Evrope? Ali je že kdo v Jugoslaviji jasno in glasno povedal, kaj smo dosegli s tehniško-tehnološko integracijo jugoslovanskega elektroenergetskega sistema v zahodnoevropski makrosistem? Saj menda res niso potrebni kaki posebni strokovni napori za ugotovitev, da imamo danes v Jugoslaviji opravka s tako kvaliteto električne energije, kot da bi dodatno zgradili okrog 1300 MW dragih elektrarn reverzibilnega tipa! Najbrž tudi nihče v Jugoslaviji še ni opozoril, da je elektroenergetikom v krvi skrb za enotnost vseh narodov in narodnosti Jugoslavije. Saj morajo naši dispečerji zaradi tehnološke nuje dobesedno noč in dan bdeti nad to enotnostjo. Ali smo nosilcem oblasti v vseh republikah in pokrajinah Jugoslavije dovolj jasno razložili, kakšne so lahko posledice za vso Jugoslavijo, če se na tem nevidnem področju



prekrši vojaška disciplina, ki se je zlasti zaostрила pred 10 leti po tehniško-tehnološki integraciji jugoslovanskega elektroenergetskega sistema v zahodnoevropski makrosistem? Ali se nosilci oblasti v vseh republikah in pokrajinah dovolj zavedajo, da je ta disciplina plod v trdem delu prekaljenega bratstva in enotnosti elektroenergetikov širom vse Jugoslavije?

Le ko se v okviru Elektrotehniške zveze Slovenije občasno srečamo elektrotehniki vseh usmeritev in ko med nami zaveje spet stari Vidmarjev duh familiarnosti, ki ignorira vse raz-like med strokovnimi in akademskimi nazivi, tisti duh, ki je ves prežet tudi z Vidmarjevim globokim smislom za kulturo, si drug drugemu skoraj nekako skrivaj pokažemo, da imamo elektrotehniki tudi velik delež zaslug za uspehe naše najbolj napredne, v izvoz usmerjene slovenske industrije.

Pravijo, da nihče ni prerok v svoji deželi. Tudi Vidmar ni bil. V času njegovega plodnega, borbenega življenja se je večkrat pokazalo, da je mož prerasel ozke slovenske razmere.

In kar simptomatično se zdi za nas, pohlevne Slovence, da nas je moral 12. oktobra 1962. leta profesor beograjske elektrofakultete, ki je prihitel na Vidmarjev pogreb, šele ob njegovem odprtem grobu spomniti, da sodi Vidmar v tisto slavno trojico jugoslovanskih elektrotehnikov Tesla – Pupin – Vidmar, na katero bi morali biti vsi Jugoslovani resnično ponosni. K sreči smo se tega dejstva le spet spomnili ob 100. obletnici Vidmarjevega rojstva.

---

**Marjan Plaper** (rojen 25. 8. 1918 v Novem mestu, umrl 19. 4. 2003, v Ljubljani) je elektrotehnik in profesor mnogim generacijam študentov na Fakulteti za elektrotehniko, Univerze v Ljubljani. V začetku kariere je bil asistent pri profesorju Milanu Vidmarju, pri kom je tudi leta 1953 doktoriral. Njegovi spomini na delo z Vidmarjem so bili tema mnogih razgovorov in predavanj o znamenitem profesorju. Od leta 1951 do upokojitve leta 1985 je bil na Fakulteti za elektrotehniko, in tudi strokovni sodelavec Elektroinštituta Milan Vidmar. Napisal je mnoge učbenike in študije, ki so bile temelj razvoja elektroenergetskih omrežij v Sloveniji. Zlasti je bilo pomembno njegovo delo pri povezovanju jugoslovanskega in zahodnoevropskega elektroenergetskega sistema, ki sta se povezala leta 1974 in na ta način omogočila bistveno boljšo kakovost električne energije v našem sistemu. Od leta 1989 je bil zaslužni profesor Univerze v Ljubljani. Njegova pomembnejša dela so: *Osnove razdeljevanja električne energije*, 1964; *Električni izračun razdelilnih omrežij*, 1967; *Elektroenergetska omrežja I–III*, 1974, 1975, 1977; *Principi optimalnosti u mrežama za prenos i distribuciju električne energije*, 1980.

## **Anton Ogorelec: Utrinki z mojih srečanj s profesorjem Milanom Vidmarjem**

Z imenom Milana Vidmarja sem se v rani mladosti srečeval predvsem v povezavi s šahom. Doma sem igral šah s svojim dedkom Antonom Žnideršičem, znanim čebelarjem in tovarnarjem, ki mi je dajal nasvete in venomer omenjal Vidmarja kot dobrega šahista.

Pozneje sem si nabavil knjigo Milana Vidmarja **Šah**, ki je izšla leta 1932. Ta mi je pomagala nadgraditi moje šahovsko znanje. V gimnaziji smo namreč pogosto igrali šah in tudi organizirali turnirje, na katerih sem bil kar uspešen šahist.

Maturiral sem leta 1943 in se nato vpisal na Univerzo, na Tehnično fakulteto, smer elektrotehnika. Poleg mene se je vpisal na isti študij še sošolec Herman Haus, ki je kasneje postal svetovno znan profesor optičnih komunikacij na slavnem inštitutu MIT v ZDA.

Novembra leta 1943 je zaradi sabotaže prišlo do vdora fašistov v naš seminar, kjer so našli Slovenskega poročevalca. Posledica je bila, da so vse študente, ki so bili v seminarju, zaprli. Intervencija takratnega rektorja Univerze Milana Vidmarja na sodišču je povzročila, da so vse obtožence izpustili, zaprli pa so Univerzo. Ukinjena so bila predavanja in vaje. Zato sem se zaposlil v tovarni Pekatete, ki je bila v dedkovi večinski lasti. Ker sem študiral elektrotehniko, so me v tovarni zaposlili za električarja. Kmalu je prišlo do prekinitve proizvodnje zaradi pomanjkanja pšenice.

Po nasvetu Ivana Mihelčiča, ki je vodil elektroinštalacijsko podjetje (op. ur. Ivan Mihelčič je sodil takrat v zelo napredne ljubljanske intelektualce in je bil leta 1931 pobudnik ustanovitve Elektrotehniškega vestnika, ki izhaja še danes), sem šel k prof. Milanu Vidmarju, ki je bil takrat predsednik Akademije znanosti in umetnosti. Predlagal mi je, da se zaposlim kot praktikant v Mestni elektrarni. Pri obisku pri ing. Soncu, takratnem direktorju elektrarne, me je ta najprej odklonil, saj da ni sprejel že 15 študentov, interesentov. Ob slovesu sem mu povedal, da mi je za to potezo svetoval prof. Milan Vidmar. S tem se je situacija spremenila in sem bil že naslednji dan sprejet kot praktikant.

Po vojni smo v okviru Študentske organizacije elektrotehnikov pričeli z organiziranjem posebnih predavanj in to v našem seminarju. Dogovorili smo se, da naj bi imeli prvo predavanje, prvi predavatelj pa naj bi bil prof. Vidmar. Ker sem prof. Vidmarja že poznal, sem bil za pogovor s profesorjem najbolj ustrezen jaz. Na pogovoru je prof. Vidmar predlagal tedaj aktualno temo: Nuklearna energija. Predavanje je bilo v našem seminarju. Čeprav je bil seminar precej velik, je bil nabito poln. Kot prvi se je za razpravo javil mlajši mož. O predavanju prof. Vidmarja je imel kar 10 pripomb, ki so bile zelo kritične. Seveda se z mnenjem kritičnega razpravljavca poslušalci v glavnem niso strinjali. Pozneje smo izvedeli,

da je kritik docent Tibor Škerlak, kemik s Fakultete za kemijo. Prof. Vidmar mu je odgovoril, da se z izvajanji prof. Škerlaka strinja, saj je imel Škerlak med vojno na potovanjih po Nemčiji možnosti, da je dobil več informacij o atomski energiji. Sledilo je bučno ploskanje prisotnih v podporo prof. Vidmarju.

Med prvimi izpiti sem imel izpit pri prof. Vidmarju. Izpitu v seminarju je prisostvoval le asistent prof. Vidmarja, Marjan Plaper. Zanimivo je bilo, da na izpitu, ki je bil najavljen, ni bilo niti enega študenta! Dobil sem kar visoko oceno 9. Zanimivo je bilo, da so se vsi izpiti in dobljene ocene zapisovali na steni v seminarju ...

Ko je bilo januarja 1950 odpravljeno odločanje o mestu zaposlitve, sem takoj pričel z diplomsko nalogo pri prof. Francetu Avčinu, kjer sem za diplomu dobil oceno odlično. Po diplomi sem dobil vabilo prof. Vidmarja, da postanem njegov asistent ali pa da se vključim v delo na njegovem Institutu. Raje sem se vključil v delo v tovarno TELA (Tovarna električnih aparatov), kjer je bil za direktorja z odlokom Borisa Kidriča imenovan prof. Bedjanič.

Ob podpori prof. Vimarja je bil leta 1957 ustanovljen tudi prvi študijski komite CIGRÉ v Jugoslaviji, »**Zaščita in releji**«, ki ga je vodil prof. Bedjanič, po njegovi smrti leta 1959 pa jaz.

---

***Anton Ogorelec** (rojen 23. 5. 1924 na Reki) je elektrotehnik in dolgoletni profesor avtomatizacije in zaščite elektroenergetskih sistemov na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani. Doktoriral je leta 1958 na Fakulteti za elektrotehniko in strojništvo v Ljubljani. Vodil je razvoj v Tovarni električnih aparatov Tela v Ljubljani in kasneje, po združitvi dela slovenske elektroindustrije v Iskro, postal eden od direktorjev Zavoda za avtomatizacijo. Bil je pionir uvajanja zaščite in kasneje tudi avtomatizacije v elektroenergetske sisteme. Veliko je prispeval pri ustvarjanju slovenskega elektrotehničnega izrazoslovja. Od leta 1960 do upokojitve 1992 je predaval na FE v Ljubljani in vzgojil veliko slovenskih elektroinženirjev. Leta 1992 postal zaslužni profesor Univerze v Ljubljani. Objavil je veliko knjig in člankov. Njegova pomembnejša dela so: **Relejni zaščitni sistemi**, 1977; **Osnove logičnih avtomatov za elektroenergetske postroje**, 1981; **Osnove informatike v elektroenergetskem sistemu**, 1981; **Nove smeri v zaščiti in lokalni avtomatizaciji**, 1983; **Elementi visokonapetostnih omrežij**, 1991.*

## Franc Jakl: Spomini na zadnja predavanja

Spomini na uglednega profesorja Milana Vidmarja so še iz študentskih let zelo živi. Profesorja Vidmarja smo kot zadnji študenti 8. in 9. semestra na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani v študijskem letu 1959/60 poslušali pri predmetu *Posebna poglavja iz prenosa električne energije*, ko je tudi zaključil s svojim dolgoletnim pedagoškim delom. To delo je nato v celoti predal prof. dr. Marjanu Plaperju, svojemu takratnemu asistentu.

Vsebine predavanj profesorja Vidmarja so mi kljub več kot petdeset let oddaljenemu časovnemu spominu ostale nadvse zanimive. Kljub njegovim takratnim častitljivim 75 letom so predavanja takla sproščeno, brez posebnih zapletenih matematičnih formul, ki smo jih bili sicer v izdatni meri deležni pri drugih predmetih, npr. pri profesorju Venčeslavu Koželju, pri predmetu Teoretska elektrotehnika, pri katerem sem kasneje tudi diplomiral z diplomsko nalogo *Raziskave izražanja induktivnosti daljnovodov s pomočjo zamenskih geometrijskih veličin* (1962).

Naša študentska generacija na Fakulteti za elektrotehniko, na Oddelku za jaki tok Univerze v Ljubljani (v študijskem letu 1959/60), je bila zadnja, ki je imela čast poslušati predavanja s področja prenosne tehnike karizmatičnega akademika Milana Vidmarja. V njegovem značilnem stilu tekočega pripovedovanja številnih znanstvenih raziskav s področja daljnovodne tehnike so mi ostala še v spominu, čeprav zaradi velike časovne distance nekoliko zamegljena, med drugim tudi teoretska spoznanja o vodnikih iz čistega aluminija. Gre za homogene vodnike brez dodatne ojačitve z jeklenim jedrom. Takšni homogeni vodnik iz čistega aluminija prereza 500 mm<sup>2</sup> je bil po zamisli Vidmarja prvič pri nas uporabljen na 110 kV daljnovodu Pekre – Kidričevo (zgrajen v letih 1953–1955). Res pa je, da je to tudi edini daljnovod v Sloveniji, kjer so bili montirani takšni vodniki iz čistega trdo vlečenega aluminija.



*Vidmar s študenti: Zadnja skupinska slika študentov 8. semestra elektrotehnike s prof. Vidmarjem na stopnišču Doma elektrogospodarstva v Ljubljani, posneto 13. maja 1959; vir: I. Kop.*

Prof. Vidmar je v svojih številnih strokovnih ekspertizah razmišljal o ekvivalencah v daljnovidni tehniki, kjer gre pri vsaki ekvivalenci oz. substituciji za neko razmerje. V mislih je imel vpeljavo aluminijevih homogenih vodnikov namesto bakrenih vodnikov, ki so v tem času največ v uporabi. Vpeljal je t. i. mehansko ekvivalenco, pri kateri 1 kg aluminija nadomesti 1 kg bakra, v nasprotju od električne ekvivalence, kjer 1 kg aluminija nadomesti okrog 2 kg bakra (za doseg enake ohmske upornosti je treba dati aluminijevemu vodniku 1,65-krat večji prerez, kot ga ima bakreni vodnik). Pri električno ekvivalentnih vodnikih iz aluminija in iz bakra je torej masa kovin v razmerju 1:2. V tem smislu je prof. Vidmar pri svojih razmišljanjih zahteval prerez aluminijskega vodnika, ki je očitno za 100 % večji od prereza električno ekvivalentnega bakrenega vodnika. Glede povosov pa velja pravilo, da je potrebno aluminijske vodnike napenjati v razmerju gostot, to je v razmerju  $8,9/2,7 \approx 3,3$ -krat manj kot pri bakrenih vodnikih.

Ideja uporabe in hkrati očitne prednosti aluminijskega vodnika z mehansko ekvivalentnim prerezom nad kritičnim premerom 10 mm ustreznega bakrenega vodnika je bila po Vidmarjevem prepričanju povsem dokazana in s tem tudi vabljava. Pri tem mehansko ekvivalentni prerez nedvomno vodi do polovičnih energijskih izgub in polovičnih ohmskih napetostnih padcev ustreznega bakrenega vodnika. Pri tem je potrebno posebej opozoriti, da Vidmarjeva ideja ne predvideva investicijskega prihranka zgrajenega daljnovoda z vodniki iz čistega aluminija, ampak daje nižje skupne stroške v njegovi življenjski dobi z upoštevanjem znižanih energijskih izgub.

Na ta način je prof. Vidmar prišel do svojevrstnega zaključka, da se lahko čisto dobro obratuje z aluminijevimi progami, ki imajo mehansko ekvivalentne prereze vodnikov brez mehanske ojačitve in istočasno napete z mehansko ekvivalentnim nategom, kar je tudi v praksi hotel dokazati s predlagano rešitvijo in kasnejšo postavitvijo že omenjenega 110 kV daljnovoda med Pekrami in Kidričevem (leta 1966 še vzkan v RTP 220/110 kV Cirkovce).

Ob načrtovanju tretje povezave med Cirkovcami in Kidričevem v letu 1971/72 je nastopila dilema, s kakšnimi vodniki in s kakšnim prerezom opremiti ta daljnovid. Poleg variante iz Vidmarjevih pobud z uporabo homogenih vodnikov težke izvedbe iz čistega aluminija se je študirala tudi varianta s homogenimi vodniki iz aluminijeve zlitine AlMg1 prereza  $500 \text{ mm}^2$ . Odsvetovana je bila varianta z zmanjšanim prerezom vodnikov, ki bi bila enaka izvedbi prvemu »betonskemu« vodu iz Al/Je  $240/40 \text{ mm}^2$ . Glede na kasnejše ugotovitve po Vidmarjevem obdobju v praksi in teoriji doma in v tujini, da so se ojačene aluminijske rešitve v daljnovidni tehniki z večjimi razpetinami izkazale kot tehnično-ekonomsko sprejemljive, ni bilo prav nobenih zares tehtnih razlogov, da bi takšne rešitve pričeli opuščati. Na osnovi teh argumentov je bil takrat po predlogu prof. Plaperja za ta nov daljnovid 110 kV Cirkovce – Kidričevo III izbran vodnik Al/Je 490/65, s čemer smo se približali Vidmarjevi ideji uporabe čistega aluminija za daljnovidne vodnike. Dejansko so to aluminijevski vodniki z manjšim deležem jeklene ojačitve, s prereznim razmerjem 7,7 : 1, ki so bili kasneje uporabljeni tudi na vseh 400 kV daljnovidnih prenosnega omrežja v Sloveniji in širše na teritoriju republik bivše Jugoslavije. To mejo

prereznega razmerja bi kazalo celo povečati navzgor, npr. na 8 : 1, kar ustreza vodnikom Al/Je 680/85. V smislu izsledkov iz teorije mehanike daljnovodnih vrvi prevzame aluminijški plašč pri vodniku tipa Al/Je 490/65 že 72 % natezne napetosti celotne vrvi, preostalih 28 % pa jekleni del vrvi. To velja v splošnem do meje, kjer je notranja strižna napetost med plastjo aluminjskega plašča in jeklenega jedra še v ravnovesju, kar v termičnem smislu ustreza območju dopustne obratovalne temperature takšnega vodnika (po veljavnih standardih do 80° C).

Za zaključek velja še opozoriti, da so bili takoj ob začetku zgrajenega »Vidmarjevega« daljnovoda ugotovljeni nenormalni neelastični raztezki aluminijških vodnikov, ki so se reflektirali v obliki povečanih povosov. Pojav torej, ki takrat še ni bil dodobra raziskan in s katerim prof. Vidmar še ni računal z opaznim vplivom. Sodil je, da kakovost domačega aluminija (vrv je izdelala tovarna IMPOL iz Slovenske Bistrice) ne ustreza povsem za daljnovode. Kasnejše raziskave pa so pokazale, da temu ni povsem tako in da je pod določenimi pogoji primeren za takšne namene. Čeprav so prve raziskave vzorcev aluminijških žic na Inštitutu za tehnično mehaniko in preizkušanje materiala Univerze v Ljubljani iz leta 1953 in 1954 kazale na to, da aluminij ni povsem stabilen material, pa je vendar že takrat prišlo do sklepa, da se vrvi iz čistega aluminija sicer lahko uporabljajo za visokonapetostne vode, da pa aluminij zaradi svojih specifičnih mehanskih lastnosti vsebuje le majhno deformacijsko rezervo pri izrednih mehanskih preobremenitvah.

Problem prevelikih povosov zaradi lezenja vodnikov je bil rešen s kasnejšim večkratnim ponapenjanjem vodnikov, s čemer se vrv v veliki meri že stabilizira. Raziskave več vrst daljnovodnih vodnikov in strelovodnih vrvi, kakršne so uporabljene na prenosnem omrežju Slovenije pod termičnimi obremenitvami (pri višjih temperaturah), so pokazale, da so homogene vrvi iz čistega aluminija bistveno občutljivejše od kombiniranih vrvi tipa Al/Je oz. AlMg1/Je (več F. Jakl: *Problematika golih vodnikov in zaščitnih vrvi pri daljnovodih*, doktorska disertacija, Tehniška fakulteta Univerze v Mariboru, 1992). Zaključimo lahko, da je Vidmarjeva ideja uporabe golih aluminijških vodnikov za nadzemne vode pred šestdesetimi leti pri nas padla na plodna tla in da prvi in edini daljnovod 110 kV Pekre – Kidričevo s homogenimi vodniki iz čistega aluminija prereza 500 mm<sup>2</sup> že skoraj šest desetletij koristno in varno služi svojemu namenu, kljub začetnim težavam zaradi lezenja vodnikov.

---

**Franc Jakl** (rojen 8. 7. 1936 v Ormožu) je elektrotehnik in je ves čas svojega delovnega obdobja deloval pri razvoju in izgradnji elektroenergetskih prenosnih objektih 220 kV in 400 kV na področju severovzhodne Slovenije, najprej pri Elektroprenosu Ljubljana (1962–1965), nato pri Dravskih elektrarnah Maribor in do upokojitve konec leta 2002 v ELES-Elektro Slovenija. Doktoriral je leta 1992 na Tehniški fakulteti Univerze v Mariboru, kjer je tudi profesor. Objavil je več strokovnih člankov v domačih in tujih strokovnih revijah in je soavtor več strokovnih knjižnih del: *Načrtovanje in krajinsko oblikovanje koridorjev daljnovodov in cevni vodov*, 1998; *Trideset let sinhronega obratovanja z Evropo*, 2004; *Zgodovina slovenskega elektrogospodarstva*, 2007.

## **Franc Potočnik: Spominski utrinek na profesorja**

Z delom profesorja Milan Vidmarja sem se seznanil že v gimnazijskih letih iz njegovih poljudnih in šahovskih knjig, v katerih je spregovoril tudi o svoji strokovni in znanstveni življenjski poti. Ta dela so me pritegnila z zanimivo tematiko, iskrihim pripovedništvom ter demonstracijo avtorjeve široke splošne razgledanosti in vrhunskega obvladovanja obravnavane problematike.

Kot študent sem se z njim prvič srečal na skupščini študentov elektrotehnike leta 1958, ki jo je najbolj zaznamoval prav on. Povod za to je bil predpis slovenske vlade, ki je predvidel obvezno upokožitev visokošolskih profesorjev pri starosti 70 let. To je profesorja močno prizadelo. S kritično oceno tega predpisa se je najprej dvakrat povzpel na govornico. Po drugem nastopu se je opravičil, da težko hodi na oder in se bo zato kar usedel v delovno predsedstvo. Od tam je suvereno usmerjal nadaljnjo razpravo in požel navdušeno pritrjevanje številnega občinstva. Občudovali smo zlasti svežino in prodornost njegovega duha, ki jo leta niso okrnili. Ta njegov boj z mlino na veter je obrodil vsaj delni uspeh: fakulteta ga je povabila, da predava fakultativni predmet Izbrana poglavja elektrotehnike z dvema temama: Prenos električne energije in Transformatorska tehnika, ki sta bili po njegovi oddaljitvi od strojništva, njegove študijske usmeritve, poglobitni področji njegovega delovanja.

Izbral sem usmeritev Izbrana poglavja iz transformatorske tehnike. Predavanja so bila zelo privlačna, poudarek je bil na razumevanju osnovnih fizikalnih zakonitosti in njihovih povezavah z ekonomiko gradnje in obratovanja električnih strojev. Popestrena so bila s krajšimi »izleti« v svet šaha in njegovo vrhunsko šahovsko kariero.

Zanimivi so bili tudi izpiti, ki so potekali v prisotnosti vseh prijavljenih kandidatov. Profesor tistega dne ni bil ravno dobre volje in je po vrsti odslovil več kandidatov. Ko sem prišel na vrsto, me je vprašal: »Ali vsaj vi kaj znate?« Po mojem odgovoru: »To se bo sedaj pokazalo,« je izstrelil kot iz topa: »Na prvo vprašanje že niste znali odgovoriti.« Kljub temu da pri nadaljnjih strokovnih vprašanjih ni bilo težav, je profesor pokazal, da je bil moj prvi odgovor zelo pomemben: prisodil mi je oceno sedem.

Če me spomin ne vara, je bilo to moje zadnje osebno srečanje s profesorjem Milanom Vidmarjem.

Ponosen pa sem, da sem lahko sodeloval pri obeleževanju spomina na njegove zasluge za slovensko elektrotehniko z ustanovitvijo Plakete Milana Vidmarja, ki jo podeljuje Elektroinštitut Milana Vidmarja. Imel sem tudi čast, da sem osebno podelil prve plakete. Prvi jo je prejel Vekoslav Korošec, dolgoletni direktor elektrogospodarstva Slovenije in Elektroinštituta Milan Vidmar, ki je bil tudi najzaslužnejši, da se je inštitut poimenoval po njem.

Inštitut obeležuje spomin na profesorja Milana Vidmarja tudi z vsakoletnimi Vidmarjevimi dnevi, na katerih se poroča o najnovejših strokovnih dosežkih, ki nadgrajujejo delo prof. Milana Vidmarja, njegovega prvega direktorja.

## **Franc Potočnik**

*Franc Potočnik (rojen l. 1937 na Fužinah v Poljanski dolini) se je po končanem študiju elektrotehnika na Univerzi v Ljubljani zaposlil v Termoelektrarni Šoštanj, kjer je glavnino svojega dela posvetil vodenju investicij. Pri gradnji bloka TEŠ 5 je že v fazi priprav uvedel sodobne metode celovitega kadrovskega, tehničnega in ekonomskega načrtovanja, ki so omogočile pravočasno izvedbo gradnje v okviru prvotno zagotovljenih finančnih sredstev. Po zaključku investicijskega ciklusa v Šoštanju je sodeloval pri pripravah in izgradnji bloka TE-Tol III. Leta 1981 je bil imenovan za direktorja EIMV. Z obsežnim projektom »Energetika 2000« je uveljavil celovit pristop k dolgoročnim razvojnim raziskavam in njihovo razširitev na celotno energetiko. Po izteku mandata je na EIMV nadaljeval s strokovnim delom, prvenstveno na področju izgradnje, delovanja in dolgoročnega razvoja proizvodnega dela slovenskega EES. Dejaven je bil tudi v SLOKO CIGRÉ, kot dolgoletni predsednik ŠK 1 – sinhronski stroji in elektrarne ter v Mednarodnem združenju obratovalcev velikih elektrarn VGB.*

### **ANEKDOTA**

*Prof. Vidmar je hotel pri vsej svoji priljubljenosti med študenti včasih pokazati, kdo je gospodar v hiši. Eno od njegovih priljubljenih vprašanj na izpitih je bilo povezano z makaronom na transformatorskem jedru. Seveda študentje niso znali odgovoriti in sledila je ponovitev izpita (brez kakršnihkoli negativnih posledic za študenta).*

*Tako je bilo tudi tokrat in pogovor je potekal približno takole:*

*Prof. Vidmar: »Kolega, kaj se zgodi z makaronom, če ga damo okrog transformatorskega jedra z vzbujenim primarnim navitjem?«*

*Študent nekaj čas razmišlja in reče: »Oprostite, profesor! Ali vas lahko nekaj vprašam preden odgovorim?«*

*Prof. Vidmar: »Seveda, izvolite!«*

*Študent: »Ali je ta makaron kuhan ali surov?«*

*Prof. Vidmar: »Vidim, da razumete problem. Odlično, 10!«*

*(Anekdoto je prispeval Janez Zakonjšek)*



# Faksimile Vidmarjevega referata za pariški CIGRÉ 1950

Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension  
112, Boulevard Haussmann, Paris  
Session 1950. — 29 Juin-8 Juillet

## 233. ALUMINIUM TRANSMISSION CONDUCTORS WITHOUT MECHANICAL REINFORCEMENTS

by Milan VIDMAR,

Professor,  
Member of the " Académie slovène des Sciences et des Arts "   
and Director of the " Institut yougoslave "   
pour les recherches d'économie électrique, Ljubljana (Yugo-Slavia).

### SUMMARY.

The present report in its introduction discusses the advantages and directly appreciable disadvantages of aluminium conductors; and contends that an aluminium conductor, calculated correctly, is not from the mechanical standpoint, less reliable than a copper conductor.

The ideas previously held of " equivalent cross sections " is afterwards divided into electrical and mechanical factors. For the first, the relation of the specific conductibilities is always valid; and similarly for the second the relation of the specific weights of copper and aluminium. The mechanical equivalent cross section therefore gives to aluminium conductor the same operation security as the copper conductor.

In the chapter devoted to the equivalent mechanical cross section of aluminium, the report discusses the enadequacy of the idea of the supposed " normal " additional winter loads and recommends the adoption of an additional limited charge that remains to be established, and which should coordinate with the tension corresponding to the elasticity limit of the conductor metal.

In his conclusions, the author examines the possibilities of extension of the definition of mechanically equivalent cross section of aluminium.

## REPORT

## INTRODUCTION.

Since the very beginning, electrotechnics has utilised copper conductors. Afterwards, for the construction of transmission lines, aluminium was more and more taken into consideration and it is at present the metal most usually employed in important transmission lines.

Aluminium possesses, in contrast to copper, the advantage of a lesser specific weight, expressed by the relation  $8.9 : 2.7$ , also, the weight of an aluminium conductor for a similar length, and despite its cross section, — which for a similar conductivity is 1.7 greater —, is  $8.9 : (2.7 \times 1.7) = 1.94$  less. If the price per kg of the aluminium conductor is equivalent to that of a copper conductor, the first named will be evidently nearly twice cheaper.

The aluminium cross section, which must be 1.7 greater in order to have the same conductivity as the copper conductor under comparison (which is known as the equivalent cross section), is always at a disadvantage when the volume of the conductor plays an important part.

But in transmission line construction the volume of the conductor is obviously of very little importance and the fact that the equivalent cross section of the aluminium conductor is 1.7 times greater constitutes a distinct advantage in the case of transmission lines. The diameter of the conductor is 1.3 times greater, which diminishes proportionally the electric field at the conductor surface : the equivalent aluminium conductor is therefore much more efficient against the corona which latter should be avoided at all costs.

If we were at the same point as before the first world war, when aluminium was at approximately the same price per kg as copper, it would be obvious that all transmission copper lines could be replaced by " equivalent " aluminium conductors, the construction costs of the latter being less and in addition having better conditions for the corona problems. Why then is the aluminium steel cable the most employed actually for energy transmission ? Why invent special aluminium alloys (Aldrey), instead of utilising

pure aluminium which has given such satisfactory results in transmission line construction? Are there not, for example in England, aluminium lines in service since a half a century?

### I. — THE MECHANICAL INFERIORITY OF THE ALUMINIUM CONDUCTOR.

Overhead transmission lines as is well known, struggle against atmospheric influences, both as regards their mechanical and their electromagnetic particularities. In the electric domain the weak point of a transmission line is the insulator. The less that an overhead line employs insulators, the more certain is its insulation. It is for this reason that there is sought a means of having the spans as long as possible. A perfect comparison between an aluminium and a corresponding copper line can only be made on assuming the span between the towers as being equal in both cases.

To discuss correctly the idea, certainly still very vague, of the mechanical inferiority of the aluminium conductor, there must first be a certitude that the strength of the aluminium conductor is equivalent to that of the corresponding copper conductor. Why is therefore the aluminium conductor, from the mechanical standpoint, much less sure than the corresponding copper conductor? Is it because the mechanical resistance at the breaking point of the aluminium is three times less than that of hard copper? Or perhaps because the same winter overload is, relative to the proper weight of the conductor, much more important with aluminium than with copper? There seems to be no other reason for the idea that the aluminium line is mechanically inferior other than the two cited. Around these two there have been accumulated certain ideas, some exact and some false, which give a general outline that is very vague and at times deceiving. There is found the origin of the idea of the mechanical reinforcement of the aluminium conductor. This idea at present plays a great part in the construction of overhead lines, without ever having been submitted to an adequate criticism.

The comparison of an aluminium conductor with a copper one of a corresponding cross section relative to the specific weight, that is to say,  $8.9 : 2.7 = 3.3$  times smaller, is a good base for the discussion of the supposed mechanical inferiority of the aluminium conductor. It is not utilised because it apparently assumes

an "equivalent" cross section of aluminium much too great, almost the double, it has nevertheless a great value.

It assumes without any doubt, two conductors of the same weight per length unit. For the same span the aluminium conductor is of exactly the same weight as that of the copper conductor. As long as there is no additional load the same sag should be obtained in both cases, provided of course that the aluminium conductor is stretched 3.3 times less than the copper one.

It is at once seen that in both these cases the two conductors under comparison produce at the anchoring towers the same tractive stress. If in addition the price per kg of aluminium and copper is the same the construction costs of the two lines are also the same. The aluminium line in this case has a loss in Joules almost twice less. Is there any evidence in this comparison of any mechanical inferiority of the aluminium conductor?

The aluminium is stretched 3.3 less than the copper. The resistance at the breaking point of the hard copper conductor is not in the same proportion greater as that of the aluminium conductor. If therefore it is wished to be exact, it must be admitted that the aluminium conductor has a greater mechanical resistance. However, we have made the comparison without taking into account the additional winter loads.

Is this restrictive assumption a proof that aluminium conductors show their mechanical inferiority, so often emphasised, under additional winter loads only? A simple extension of the above comparison gives a provisional, but in a way, a surprising answer.

The additional winter loads depend naturally very much on the climatic conditions to which the overhead line is exposed. Switzerland for example has a very severe climate. Swiss lines are designed without exception in view of an additional winter load of 2 kg per meter. But it seems that the Swiss are convinced that the weight of the layer of ice to be foreseen does not depend on the diameter, that is to say on the cross section of the conductor which carries it. If then there is given to the aluminium conductor a cross section 3.3 greater than that of the copper conductor, the weights of the two bare conductors are equivalent, and in the opinion of the Swiss the weights remain equal when the conductors are covered with ice. Therefore the general mechanical conditions, taking into account the additional loads, remain equivalent for copper and aluminium, provided that for a similar span the copper line is stretched 3.3 more than the aluminium one.

From the foregoing it can therefore be stated that from a mechanical standpoint, aluminium can be considered as more reliable than copper, provided that it is suitably utilised. Again it is emphasised that the resistance of hard copper at breaking point is not 3.3 times greater than that of aluminium.

The question arises, is it fair to study the mechanical security of aluminium and copper conductors by comparison of their breaking point tensions, this must be answered conscientiously. If the additional winter load accumulated on the stretched conductor increases, it is natural that the tractive tension also increases. Its manner of increasing is shown in the fundamental equation of the sag theory. In this equation appears, in addition to thermal lengthenings or contractions phenomena of an elasticity order. The equation in its usual form does not take permanent lengthenings of the conductor into account, it is therefore only valid up to the elasticity limit of the metal.

It is known that in spans up to about 300 m, the stretched conductor taking into account its sag, is only by several thousandth longer than the span. The permanent lengthenings of the conductor should not exceed a thousandth of its length. It is therefore obvious that each conductor that shows a permanent lengthening should be considered as defective, and replaced. The logical consequence is that it is the limits of elasticity and not those of the breaking point resistances that serve to appreciate the mechanical security of transmission conductors.

Copper is, as is well known, refractory to the law of proportion of Hooke. Soft copper for example does not possess, properly speaking, any limit of proportionality. Hard copper behaves much more regularly. There must however be imagined an artificial limit of proportionality beside that of the natural limit, in order to avoid the corresponding difficulties.

In the design of an overhead line there must above all be fixed the positive relation between the elasticity limits of hard copper and aluminium, before it can be affirmed that aluminium conductors are inferior from the mechanical standpoint.

As long as the relation remains less than 3.3 : 1, aluminium, provided it is suitably stretched, is more reliable than copper. Up to the present, copper conductors have never been considered as being mechanically inferior and have never been provided with a steel core. Why then believe that for overhead lines aluminium-steel cables are absolutely preferable to pure aluminium cables ?

Is it because there is a conviction that an aluminium conductor should have an "equivalent" cross section, that is to say a cross section 1.7 times more than that of copper? Why then has this equivalent cross section become a dogma?

The well known law of Kelvin requests in its initial text, such a current density that the annual Joule losses are equivalent to the interest and the annual liquidation cost of the conductor. The developed formula also includes the interest and liquidation cost of the mechanical equipment of the overhead line, consequently the towers; partially because the cost of towers increases more slowly than the cross section of the conductor. It is therefore admitted, in comparing aluminium and copper conductors, that the copper line takes into account Kelvin's law and that for this reason it is constructed economically. But if, based on this hypothesis, copper conductors are replaced by aluminium conductors of "equivalent" cross section, the annual Joule losses do not change at all. The interest and liquidation cost of aluminium conductors change however, if the cost of aluminium is not 1.94 times that of copper. In addition, in the mechanical configuration of the aluminium line there appear, in relation to that of the copper line, displacements which cannot be eliminated except by tractive stresses that can be qualified as not natural. The VDE stipulations admit for example a tension of 1 900 kg : cm<sup>2</sup> for copper cables; but 800 kg : cm<sup>2</sup> for aluminium cables. Aluminium therefore appears unreliable, because it is overstretched in advance.

It is therefore clear that the idea of "equivalent" cross section is founded on unreliable bases. The security as regards Joule losses is its sole advantage. It deserves therefore at the most to be called *equivalent electrical cross section*. But there is also another very remarkable cross section *equivalent mechanical cross section* which renders the aluminium conductor as heavy as the copper conductor and which also gives to the aluminium conductor the unmodified mechanical configuration of the copper line.

The only disadvantage of the equivalent mechanical cross section of aluminium that can be noted is that it does not conform very well to Kelvin's law. It nevertheless reduces the Joule losses to almost a half, whereas it is only in the case where the unit price of aluminium does not exceed that of copper that it does not increase the interest and liquidation cost; this contradiction to an important law of economic construction gives an

advantage in economy of nearly a quarter to copper lines for the energy transmission price. But the ingenious designer will no doubt succeed in acquiring further advantages for the aluminium line in conforming more closely to the demands of Kelvin's law.

## II. — THEORY OF THE EQUIVALENT MECHANICAL CROSS SECTION OF ALUMINIUM.

The conclusions arrived at in the previous chapter I may appear so surprising to the majority of those engaged in the design construction and operation of overhead lines that it is advisable to seek the aid of a theory expressed by means of equations. By employing a base of this nature we shall also easily acquire more extended ideas of the real nature of the equivalent mechanical cross section of aluminium.

The simplest point from which to build up the theory is the simplified equation by means of which can be determined the sag of a conductor and which promises sufficiently exact results for spans reaching up to about 300 m. In this equation will be found the following quantities :

Conductor sag (m).....	$\Delta y$
Weight of conductor with the additional winter load per meter (kg).....	$G$
Weight proper of conductor per meter (kg).....	$G_0$
Additional load per meter (kg).....	$G_2$
Cross section of conductor (cm <sup>2</sup> ).....	$S$
Horizontal component of the tractive force at the point of suspension (kg).....	$F'$
Corresponding tractive stress in the conductor metal (kg : cm <sup>2</sup> ).....	$\sigma$
Span in a horizontal section the line (m).....	$a$

We have then :

$$(1) \quad \Delta y = \frac{G a^2}{8 F'}$$

and naturally

$$G = G_0 + G_2,$$

further

$$\sigma = \frac{F'}{S}.$$

There can also be given to equation (1) the following form

$$(2) \quad \Delta y = \frac{\left(\frac{G_0}{S} + \frac{G_z}{S}\right) a^2}{8 \tau}$$

We have therefore  $\gamma = \frac{G_0}{S}$  constant for a given metal. The weight of a conductor 1 m long and of a cross section of 1 cm<sup>2</sup> is 0.89 kg for copper and 0.28 kg for aluminium. There is thus obtained for the sag the equation

$$(3) \quad \Delta y = \frac{\left(\gamma_0 + \frac{G_z}{S}\right) a^2}{8 \tau}$$

The author of the present report has recently found a solution of the span problem discussed in this work *Gestalt der elektrischen Freileitung* (The form of the electric overhead line), which will appear shortly (Birkhäuser-Verlag, Basle). This solution solves the span problem, so difficult in appearance, by very simple methods, the result of which is as follows. The economic span gives to the sag corresponding to the "normal" additional winter load, the value of two thirds of the corresponding minimum winter distance between the conductor and the ground. If then in summer it is desired to have a distance of 6 m from the ground there must be assumed about 7 m under the "normal" additional winter load and the most economic sag is therefore

$$\frac{2}{3} \times 7 = 4 \frac{2}{3} \text{ m.}$$

It is indifferent whether aluminium, aluminium-steel or copper conductors are under consideration, or wooden, steel or reinforced cement towers, this solution of the span problem always gives the same expression for the most economic sag. As there must be given to the minimum summer distance between the ground and the stretched conductor the value of about 6 m wherever it is possible that vehicles must pass beneath, and seeing that on the other hand a greater distance from the ground renders the line more costly without any necessity, we can, in the theory of the equivalent mechanical cross section of aluminium, make the calculation with a constant predetermined sag ( $\Delta y$ ). It is true that the transmission at very high voltages may impose greater distances



from the ground than those that are necessary for the safety of the personnel. Nevertheless, for such high voltages the corresponding  $\Delta y$  is also constant and predetermined. If in addition, a given resistance against discharges is imposed, and consequently the span ( $a$ ) is considered as given, the following expression is obtained from equation (3)

$$(4) \quad \frac{\gamma_0 + \frac{G_z}{S}}{\sigma} = \frac{8 \Delta y}{a^2},$$

which should evidently be maintained constant. This condition serves as a basis of all the known exigencies which, as is now seen, are superabundant in aluminium that is not mechanically reinforced.

If a predetermined additional winter load  $G_z$  is considered, it is seen that the tractive stress ( $\sigma$ ) necessary should increase in proportion to the reduction of the conductor cross section ( $S$ ), that is to say that the transmission current density is further increased. The conductor metal therefore becomes "weak", if too much is demanded of it at first. But with a given additional load, the equivalent mechanical cross section of aluminium establishes the tractive stresses in copper and aluminium in proportion to the specific weights of the two metals. The two corresponding  $\gamma_0$  are precisely in the same relation in equation (4).

It will probably be objected that the additional winter load does not reach the same weight on copper and aluminium conductors and that the ice layer will be much heavier on the aluminium conductor. Ignoring at first the fact already mentioned that the Swiss, who are well informed, do not admit any difference, we will examine more closely this undoubtedly important question.

The English have always assumed a "normal" layer of ice to be 3/8 inch thick. From this standpoint a "normal" envelope of a thicker conductor is decidedly heavier. The known German formula shows the weight of the "normal" ice layer as function of the square root of the diameter of the conductor. On a closer examination of the German formula, the author has found that it imposes, for the ice layer, about the same subjection as imposed by the English, on a large range of diameters between 5 and 20 mm. The Germans thus consider also the layer of ice as having a constant thickness. It is known that the Americans and Russians are in agreement. Is it then true that

the Swiss are wrong and that the additional load of the aluminium conductor is always greater than that of the copper conductor, equivalent in any manner?

First, it must be stated that there is no incontestable theory of the formation of the ice layer. The personal researches of the author show that the layer first arises in a complicated play of forces. The practical tests that been made on several occasions have failed owing to the impossibility of appreciating the play of forces. In any case, the latest extensive tests, undertaken by Siemens-Schuckert Werke in the Erzgebirge seem to show that large conductors retain, under the same exterior conditions, thinner layers than conductors of smaller diameter. Evidently it is impossible to protect overhead lines from mechanical and electromagnetic influences and the overhead line must accept the said two categories of risks, whilst only economic considerations should intervene. Why not precise the additional winter load under which the tractive stress in the conductor can reach the elasticity limit? Adding a tractive stress that is considerably inferior to a fictive "normal" additional load is devoid of sense. The Swiss have since a long period adopted the method that we recommend. The English are preparing a method of the same general kind, but in making the overload limit proportional to the diameter of the conductor. The difference may be due to economic considerations. In our opinion this most recent project tends to return to the old rule of the ice envelope, and as a consequence is insufficiently based.

The additional load limit for which the tractive stress attains the elasticity limit, corresponds to a relatively thick layer. Imagine now that the partisans of the equivalence of the ice envelope on conductors of great and small diameters are right, and let us again imagine the gradual increase of this thickness. The smallest diameter of the conductor enveloped in ice will certainly increase more rapidly. At an exterior diameter of 50 mm of the ice envelope, a difference of 5 mm in the diameter of the bare conductor is of little significance for the total weight. A cylinder of 50 mm diameter and 1 m long, entirely of ice, does not weight 2 kg, which in the Swiss regulations represents the additional load limit.

But, even in admitting that the aluminium conductor with equivalent mechanical cross section, that is to say a diameter 1.8 times greater, should accept under identical exterior conditions

an additional load limit slightly greater in order to equal the corresponding copper conductor; it can be shown that the elasticity limit of aluminium is not 3.3 times lower than that of copper. In short, the aluminium conductor, thoroughly studied, is not, from the mechanical standpoint, in any way inferior to the corresponding copper conductor.

The equivalent electrical cross section renders an aluminium conductor mechanically weaker than the corresponding copper conductor; the equivalent mechanical cross section gives about an equal reliability; a greater cross section gives to aluminium the advantage from the mechanical standpoint. This can be readily seen in equation (4).

As a matter of fact, at the background of all these possibilities there is seen the relation between the unit price of aluminium and copper. If it is true that aluminium should be the more and more easy to obtain, whereas the sources of copper for world economy will be relatively limited, the transmission current density in aluminium will decrease little by little for economic reasons. This naturally signifies that there will be a more and more marked inclination to abandon the equivalent electrical cross section in favour of the equivalent mechanical cross section.

Yugo-Slavia possesses rich bauxite deposits and will become an important producer of aluminium, it also possesses many copper mines. But it prefers aluminium without being influenced by out of date dogmas of electrical equivalence. Why should she waste precious steel, since aluminium is a rival to copper from a mechanical standpoint?

### III. — FINAL CONSIDERATIONS.

The idea of the equivalent mechanical cross section of the aluminium should be, like any technical idea, "developed". It is not clear, except in appearance, and it is not easy to extract the essential.

The equivalent mechanical cross section guarantees to the aluminium conductor an operating mechanical security identical to that of a corresponding copper conductor. The operation security for an overhead line is without doubt a more important factor than an even considerable reduction in the construction costs. The equivalent mechanical cross section does not involve any increase of construction costs relative to those of a corresponding copper

line, provided only that aluminium is not more costly per kg than copper, and, in addition, it decreases by almost a half the Joule losses in the operation.

Certain critics will probably remark that the equivalent mechanical cross section deviates from Kelvin's law. They may ask, why not increase appreciably the current density in aluminium after the equivalent mechanical cross section has been established. Is it not possible to draw in this way about 40 % more power from the aluminium line with the same Joule losses and to again arrive at the old equivalent electric cross section ?

If the copper line taken for comparison is perfect — and this is taken for granted — the subsequent increase of power transported by the aluminium line leads to a long way from the natural power. The advantages of the natural power cannot be simply discarded. For this reason the proposed increase of the current density appears to be impossible.

The diameter of the equivalent mechanical cross section 1.8 times greater, allows without doubt an operating voltage 1.4 times higher; by which there is again opened the way to the natural power at 1.4 times greater density. However changes are then necessary at the towers, because the phase conductors must be further spaced. But the new power, almost twice as much as the initial power, is certainly very attractive.

The important long distance copper lines should utilise hollow conductors in order to solve the corona problem. Hollow conductors however, if they must be of considerable diameters, are subject to difficulties that must not be underestimated. The thickness of the shell should not be reduced too far. A minimum of 3 mm has been mentioned though it is probable that a thickness of 2.5 mm could be realised, but a point is reached where the current density begins to fall. Certain hollow copper conductors have already reached the very slight density of 1 A : mm<sup>2</sup> and even less. The corresponding hollow aluminium conductors are not subject to the same difficulties, because they have the same exterior diameter with a greater cross section. In this case does not the aluminium conductor in a way return to the old equivalent electrical cross section ?

What, after all the foregoing, becomes of the essential of the idea of the equivalent, mechanical cross section of aluminium ? It is evident that the current density has not, and cannot have any influence on the security of the conductor. Can the old equivalent electrical cross section of aluminium therefore finally

assure to the aluminium line the same reliabilities, electrical and mechanical, of operation as are possessed by the corresponding copper line ?

The essential of the equivalent mechanical cross section idea is, it should be thoroughly understood, of a mechanical nature. The aluminium conductor, by reason of its elasticity limit, should be stretched less than the copper conductor, if it is provided for the same additional load; it should be stretched still less if there should be foreseen a greater additional load. In order that it attains the same span with the same sag — and it is only by this that the line is assured of the same electrical security — its current density must be necessarily less. Its weak current density is after all simply a means to an end.

Beside idea, finally become clear, of the equivalent mechanical cross section of the aluminium line, the normal aluminium-steel line appears in a brilliant position. Equation (4) is naturally valid for this line. But, as is known, the steel core assures entirely the mechanical resistance of the conductor. Its small cross section causes an unproportional increase of the additional load, calculated relative to the unit of the cross section. But also the proper weight component in equation (4) becomes great, the total weight of aluminium is added to that of the steel. There should therefore appear important tractive stresses ( $\sigma$ ). Superior quality steel easily supports these stresses and enables even long spans without the necessity of more costly towers. But is there really a need of normal spans still greater than those which can be attained by well designed copper lines ? The struggle against atmospheric influences should be therefore waged on the two fronts, separated in a way to accept on both of the sides about the same risk. Is it not a fact that the long spans that can be attained by aluminium-steel cables are too costly ?

It is not the additional construction costs, due to the steel core, that troubles the overhead line designer. The contiguity of the aluminium conductor with the steel core seems to be a very deceiving problem to the author. Under ordinary conditions this contiguity appears quite supportable. But when the disastrous additional winter loads intervene — and it appears that the steel core is remarkably efficient against these — there occur irremediable phenomena. We know of some disastrous cases in Yugoslavian overhead lines equipped with aluminium-steel cables

which show very clearly that aluminium in close proximity to the steel core can be entirely defective.

Overhead line disasters happen only in certain grounds. The meteorologist can indicate these terrains with certitude and forewarn the line designer against the risks — provided of course that he is consulted. Risky grounds can be avoided, and if necessary they can be spanned by overhead line sections of special construction. It is therefore in our opinion unreasonable to ensure a protection everywhere against risk without taking into account the ground condition, since the risk does not exist everywhere.

## Kronologija objav Milana Vidmarja

(prirejeno po Slovenskem biografskem leksikonu in sicer samo objave vezane na elektrotehniko)

- 1909** »Zur Messtechnik des Ventilatorenbaues«,  
(**Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen, Berlin**), č
- 1910** 1. »Der Spaltverlust bei Ventilatoren und Kreiselpumpen«,  
2. »Das Aufstellen. von Typenreihen im Ventilatorenbau«,  
(**Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen, Berlin**), č
- 1911** 1. »Über einen neuen Zweiphasen-Dreiphasen-Transformator«,  
2. »Dreileitermaschinen«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č
- 1912** 1. »Eine einfache Formel für die Überlastbarkeit des Drehstrominduktionsmotors«,  
2. »Kühlrippentransformatoren«,  
3. »Typenreihen von Trockentransformatoren«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č
- 1913** »Strömungsverhältnisse in Kreiselpumpen«,  
(**Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen, Berlin**), č
1. »Der Leerlaufstrom bei Transformatoren«,  
2. »Transformatorstudien«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č
- 1914** »Streuungserscheinungen bei Transformatoren«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č
- 1915** »Moderne Transformatorenfragen«,  
(**F. Vieweg, Braunschweig**), k
1. »Unsymmetrische Belastung von Transformatoren«,  
2. »Eine neue Art zusätzlicher Verluste im Transformatorenkupfer«,  
3. »Wirbelstromverluste im Transformatorenkupfer«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č
- 1916** »Das Eindringen von Spannungswellen in Maschinenwicklungen«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č

- 1917** 1. »*Der Käufer and der Erbauer elektrischer Maschinen*«,  
2. »*Der Entwurf des Transformators* »,  
3. »*Der Jahreswirkungsgrad des Transformators*«,  
4. »*Der Aluminiumtransformator*«,  
**(Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj)**, č  
»*Aussetzende Betriebe*«,  
**(Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen, Berlin)**, č
- 1918** »*Der wirtschaftliche Aufbau der elektrischen Maschine*«,  
**(J. Springer, Berlin)**, k  
(prevedena v francoščino, romunščino in ruščino),  
1. »*EM Vorschlag zur Ergänzung der Erwärmungsvorschriften*«,  
2. »*Das Wachsen der Maschinenleistung*«,  
3. »*Der Einschaltstrom des Transformators*«,  
**(Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj)**, č  
»*Eigenartige Schaltungsmöglichkeiten von Transformatoren*«,  
**(Elektrotechnik Zeitschrift, Wuppertal-Berlin)**, č
- 1919** 1. »*Folgen der Bearbeitungsfehler am Eisen der elektrischen Maschine*«,  
2. »*Wirbelstromprobleme*«,  
**(Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj)**, č  
1. »*Das Erwärmungsproblem des Trockentransformators*«,  
2. »*Das Schalten grosser Gleichstrommotoren ohne Vorschaltwiderstände*«,  
**Elektrotechnik Zeitschrift, Wuppertal-Berlin)**, č  
»*Elektrotehnika v Jugoslaviji*«,  
**(Slovenski narod, št. 165 in št. 168)**, pč
- 1920** –
- 1921** »*Die Transformatoren*«,  
**(J. Springer-Verlag, Berlin)**, k  
(dopolnjena druga izdaja leta 1925, prevedena v ruščino leta 1931 in tretja  
dopolnjena izdaja v Baslu, Švica 1956),  
»*Das Wärmestrahlungsproblem des Transformators*«,  
**(Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj)**, č  
»*Ein neues Anlassverfahren für Gleichstrommotoren*«,  
**Elektrotechnik Zeitschrift, Wuppertal-Berlin)**, č  
»*Strojna industrija v Sloveniji*«,  
**(Slovenski narod, št. 92)**, pč



- 1922 »*Theorie der Kreiselpumpe*«,  
(**F. Vieweg, Braunschweig**), k  
(predelana disertacija),  
»*Elektrotehnični inštitut naše univerze*«,  
(**Slovenski narod, št. 22**), pč
- 1923 »*Der Magnetisierungsstrom des Transformators and seine Überwellen*«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č
- 1924 »*Trocken- und Öltransformator*«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č  
»*O problemu Mestne elektrarne*«,  
(**Slovenski narod, št. 230, 239**), pč
- 1925 »*Aktuelle Fragen aus dem Transformatorenbau*«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č  
1. »*Berechnung von Kerntransformatoren*«,
- 1926 »*Zick-Zack-Schaltung*«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č  
»*Bemessung von Lichttransformatoren*«,  
**Elektrotechnik Zeitschrift, Wuppertal-Berlin**), č
- 1927 »*Der Transformator im Betrieb*«,  
(**Springer-Verlag, Berlin**), k  
(prevedena v ruščino 1929, in druga ruska izdaja 1931),  
1. »*Der einphasige zusätzliche Kraftfluss des dreiphasigen Transformators*«,  
2. »*Transformatoren im Parallelbetrieb*«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č  
»*Eine neue Schutzdrosselspule*«,  
**Elektrotechnik Zeitschrift, Wuppertal-Berlin**), č
- 1928 »*Vorlesungen über die wissenschaftlichen Grundlagen der Elektrotechnik*«,  
(**Springer-Verlag, Berlin**), k  
(prevedena v ruščino 1932),  
»*Wirkungsweise elektrischer Maschinen*«,  
(**Springer-Verlag, Berlin**), k  
(prevedena v ruščino 1931),  
1. »*Zur Theorie der V-Schaltung*«,  
2. »*Zur Theorie der Spannungskurve des Synchrongenerators*«,  
3. »*Das elektrotechnische Institut der jugoslawischen Universität Ljubljana*«,  
4. »*Zur Entwurfstheorie des Transformators*«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č

- »Transformatoren im Parallelbetrieb«,  
**(Elektrotechnik Zeitschrift, Wuppertal-Berlin)**, č
- »Eine neue Stromkraftgefahr«,  
**(Archiv für Elektrotechnik, Berlin)**, č
- 1929** »Razvoj elektrotehnike«,  
**(Življenje in svet, knj. 5)**, pč
- 1930** »Opazke k debatam o elektrifikaciji«,  
**(Jutro 1930, št. 143)**,  
»Še o elektrifikaciji dravske banovine«,  
**(Jutro 1930, št. 148)**, pč
- 1931** 1. »Zusätzliche Magnetisierungsströme des dreiphasigen Transformators«,  
2. »Eigentümlichkeiten der Erregung des dreiphasigen Transformators«,  
**(Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj)**, č
- »Die dreiphasige Transformation in Amerika und Europa«,  
**(Elektrotechnik Zeitschrift, Wuppertal-Berlin)**, č
- »Der fünfschenkliche Eisenkern des dreiphasigen Grosstransformators«,  
**(Archiv für Elektrotechnik, Berlin)**, č
- »Zanimivosti elektrotehnike in njenega gospodarstva«,  
**(Tiskovna zadruga, Ljubljana)**, pk
- 1932** »Der Transformator mit Evolventenkern«,  
**(Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj)**, č
- »Le problème économique dans la construction des transformateurs« (rapp.  
17), Paris,  
**(Comptes rendus du Congrès international d'électricité, Paris)**, č
- »Elektrifikacijski problem v dravski banovini«,  
**(Slovenski narod, št. 58–60)**, pč
- »Narodno premoženje in elektrifikacija dravske banovine«,  
**(S, št. 107–8, polemika z D. Sernecem)**, pč
- 1933** 1. »Der wirtschaftliche Aufbau des Transformators«,  
2. »Otto Titus Bláthy, Zum 50-jährigen Jubiläum«,  
3. »Das Jochgesetz bei Transformatoren«,  
**(Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj)**, č
- »Transformatoren mit verstärkten Jochen«,  
**(Bulletin des Schweizerischen elektrotechnischen Vereines, Zürich)**, č

- 1934 »Wirkungsgrade und Wirkungsgradkurven der elektrischen Maschinen«,  
(**Bulletin des Schweizerischen elektrotechnischen Vereines, Zürich**), č
- 1935 »Der kupferarme Transformator«,  
(**Springer-Verlag, Berlin**), k  
»Die Verlustaufteilung der Transformatoren«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č
- 1936 –
- 1937 »Obisk pri Nikoli Tesli«,  
(**Sodobnost, Ljubljana**), pč
- 1938 »Induktivität und Stromkraft«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č
- 1939 1. »Das Altern der Transformatoren«,  
2. »Gruppenbetrieb von Transformatoren«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č
- 1940 »Transformatorenkurzschlüsse«,  
(**F. Vieweg, Braunschweig**), k  
(druga dopolnjena izdaja leta 1954)  
»Eigenheiten des dreiphasigen Transformators«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č
- 1941 »Gestalt and Grösse des Transformators«,  
(**Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj**), č
- 1942 –
- 1943 »Veletransformatorski problemi«,  
(**AZU, Ljubljana**), k
- 1944 »O bistvu tehničnih problemov«,  
(**Zbornik Zimske pomoči**), pč
- 1945 »Transformation und Energieübertragung«,  
(**Elektrotehnika, Laibach-Ljubljana**), k
- 1946 1. »Kelvinovo pravilo v praktični elektrotehnik«,  
2. »Energija in gmota«,  
3. »Nikola Tesla«,  
(**Elektrotehniški vestnik, Ljubljana**), č  
»Osnovni elektrifikacijski problemi Jugoslavije«,  
(**Elektrotehniški zbornik, Ljubljana**), č

- 1947** »Problemi prenašanja električne energije«,  
»Aluminij v električnih prenosnih progah«,  
»Veleprenosne proge v svetlobi telegrafске enačbe«,  
(SAZU, Ljubljana), k
1. »Oblikovanje prenosnih vodnikov«,
  2. »Trifazne transformatorske skupine«,
  3. »Sodobni veleprenosni problemi«,
  4. »Oblikovanje prostih prenosnih prog«,  
(Elektrotehniški vestnik, Ljubljana), č
- »Elektrifikacija«,  
(Ljubljana), pk
- »O gospodarni razpetini proste prenosne proge«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 1), e
- 1949** 1. »Znane in neznane slike iz povesne teorije«,  
2. »Spreminjanje povesa v nadzemnih prenosnih progah«,  
(Elektrotehniški vestnik, Ljubljana), č
- »Uzemljenje neutralne tačke trofaznih prenosnih linija za 110 kV«,  
(Elektroprivreda, Beograd), č
- »O razdalji povešenega vodnika od zemlje«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 2), e
- »Poročilo o študijskem potovanju v Švico«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 3), e
- »Ustroj in delovni načrt znanstvenega inštituta za elektriško gospodarstvo v Ljubljani«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 4), e
- »O ozemljenju nevtralne točke v trofaznih prenosnih progah«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 5), e
- »Kompenzacija prenosa el. energije«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 6), e
- »Izolacijske verige v nadzemnih progah 110 kV«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 8), e
- »Prenosni vodniki v nadzemnih progah za 110 kV«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 9), e
- 1950** »O vodnikih iz aluminija v prenosnih progah«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 14), e
- »Osnetek transformatorja 31, 5 MVA, 110/35 kV«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 16), e

»Osnutek veletransformatorja za 31,5 MVA, 10/110 kV in 6/110 kV«  
(**Elektroinštitut, ref. št. 18**), e

»Osnutek transformatorja za Jablanico 31,5 MVA«,  
(**Elektroinštitut, ref. št. 19**), e

»Transformator 30 MVA za Jablanico — abnormalna konstrukcija«,  
(**Elektroinštitut, ref. št. 20**), e

»Rekonstrukcija prenosne proge Fala-Laško«,  
(**Elektroinštitut, ref. št. 22**), e

»Predpisana dodatna bremena na prenosnih progah«  
(**Elektrotehniški vestnik, Ljubljana**), č

»Vodniki iz čistega aluminija v prenosnih progah«,  
(**Elektrotehniški vestnik, Ljubljana**), č

- 1951**
1. »Inštituta za elektriško gospodarstvo«,
  2. »Nov napetostni efekt v dolgih prenosnih progah«,
  3. »Prof. dr. ing. h. c. Fritz Emde«,  
(**Elektrotehniški vestnik, Ljubljana**), č
- »Problemi naših visokih šol«,  
(**Ljudska pravica, št. 117**), pč
- »Die Gestalt der elektrischen Freileitung«  
(v sloven. »Oblikovanje električnih nadzemnih prog« prevedel M. Plaper),  
(**Basel, Švica**), k
- »Predavanja o znanstvenih osnovah delovne elektrotehnike«  
(**Ljubljana**), k
- »Razgovori o skrivnostih elektrotehnike«,  
(**Ljubljana**), pk
- »Aluminium transmission conductors without mechanical reinforcement  
(**CIGRÉ, Paris, ref. 233**), č
1. »Z jeklom ojačeni aluminijски vodniki«,
  2. »Neoporečne ne-ojačene aluminijске daljnovodne vrvi«,  
(**Elektrotehniški vestnik, Ljubljana**), č
- »Mechanisch gleichwertige Kupfer- und Aluminiumleiter in  
Starkstromfreileitungen«,  
(**Archiv der elektrischen Übertragung, Stuttgart**), č
- »Študijsko potovanje v letu 1950«,  
(**Elektroinštitut, ref. št. 39**), e

»Mehansko ekvivalentni bakreni in aluminijski vodniki v prenosni elektrotehniki«,

(Elektroinštitut, ref. št. 41), e

»Mehanska šibkost aluminija v nadzemnih prenosnih progah«,

(Elektroinštitut, ref. št. 44), e

»Daljnovod Maribor-Strnišče«,

(Elektroinštitut, ref. št. 46), e

**1953** »Neuartige Aluminiumleiter in Starkstromfreileitungen«,

(Ljubljana, SAZU), k

»Problem upravljanja elektrifikacijskega aparata«,

(Elektroinštitut, ref. št. 54), e

»Mechanische Probleme beim Bau von Starkstrom-Freileitungen«,

(Elektrotechnik Zeitschrift, Wuppertal-Berlin), č

»O elektrifikacijskih problemih Jugoslavije (pred. 2. apr. 1952 na SAZU)«,

(Elektrotehniški vestnik, Ljubljana), č

»Nikola Tesla«,

Slovenski Poročevalec, št. 11), pč

**1954** »Wirbelstromwärme in Grosstransformatorenkupfer«

(Elektrotechnik und Maschinenbau, Dunaj), č

1. »Mehanska šibkost aluminija v daljnovodih«,

2. »Fizikalno osnovana geometrijska soredja pri transformatorjih in dušilkah«,

3. »Odgovor ing. Ž. Stiplošku v debati o članku Fizikalno osnovana geometrijska soredja pri transformatorjih in dušilkah«,

(Elektrotehniški vestnik, Ljubljana), č

»Novi pravac u gradnji dalekovoda«,

(Elektroprivreda, Beograd), č

»Reinaluminium in Starkstromfreileitungen (predavanje maja v Zürichu)«,

(Elektrizitätsverwertung, Zürich), č

»Irrlichter im Freileitungsbau«,

(Österr. Zft für Elektrizitätswirtschaft, Wien), č

»Tehnika in socializem«,

(Elektroinštitut, ref. št. 57), e

»Nova smer v gradnji daljnovodov«,

(Elektroinštitut, ref. št. 59), e

- »Osnutek 220 kV-nega daljnovoda z novo vrstnimi aluminijскими vodniki«,  
(**Elektroinštitut, ref. št. 60**), e
- »Politični, gospodarski in tehnični problem Yugelexport«,  
(**Elektroinštitut, ref. št. 61**), e
- »Osnutek 380 kV-nega daljnovoda z novo vrstnimi aluminijскими vodniki«,  
(**Elektroinštitut, ref. št. 62**), e
- »Naša elektrifikacija«,  
(**Politika, Beograd, št. 14712**), pč
- »Tehnika in socializem«,  
(**Novi sad**), pč
- »Yugelexport ne sme biti država v državi«,  
(**Življenje in tehnika, Ljubljana**), pč
- 1955** »Delovanje električnih strojev«  
(**Ljubljana**), k
- »Das Bündelleiterproblem der Höchstspannungsfreileitungen«,  
(**Österr. Zft für Elektrizitätswirtschaft, Wien**), č
- »O aluminijastih daljnovodih: Moj drugi oslovski most«,  
(**Tovariš, št. 9**), pč
- 1956** 1. »Dokmanićevo zmotno oblikovanje daljnovodov«,  
2. »Vzporedno obratujoči daljnovodi«,  
(**Elektrotehniški vestnik, Ljubljana**), č
- 1957** »Egy fordulopont a transzformatorepites történetében (Preobrat v zgodovini gradnje transformatorjev),  
(**Elektrotehnika (Budapest)**), č
- »Kritika osnutka daljnovoda 220 kV (s sodelavci inštituta),  
(**Elektroinštitut, ref. št. 93**), e
- 1958** »Petdeset let gradnje transformatorjev«(predavanje, 6. nov. 1957 na Dunaju),  
(**Elektrotehniški vestnik, Ljubljana**), č
- »Vodiči od čistog aluminija na dalekovodima za visoke napone«,  
(**Elektroprivreda, Beograd**), č
- »Problem razpetin v nadzemnih prenosnih progah«,  
(**Elektroinštitut, ref. št. 99**), e
- »Razmišljanja o napredkih človeštva v 1957. letu«,  
(**Obzorja**), pč

- 1959** »Problemi razpetine v električnem daljnovodu«  
(Ljubljana, SAZU), k  
»Strombelastbarkeit der Freileitungsseile«,  
(Österr. Zft für Elektrizitätswirtschaft, Wien), č
- 1960** »Dopustno segrevanje vodnikov v daljnovodih«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 139), e  
»Zgodovina ozemljevanja zvezdiščne točke«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 154), e  
»Z jeklom oborožene ali Vidmarjeve neoborožene aluminijaste daljnovodne  
vrvi«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 157), e  
»Enotna ali na samostojne faze porazdeljena transformacija trofaznega sistema«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 159), e  
»Elektrifikacija gospodarstva nove Jugoslavije«,  
(Življenje in tehnika), pč
- 1961** »Električno ožilje Jugoslavije«  
(Ljubljana, SAZU), k  
»In selbständige Phasen zerlegte oder einheitliche dreiphasige Transformation?«,  
(Österr. Zft für Elektrizitätswirtschaft, Wien), č  
»Avtotransformatorji v jugoslovanski mreži za 220 kV«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 177), e  
»Vpliv višjih harmoničnih v 110 kV mreži na pogon«,  
(Elektroinštitut, ref. št. 201), e  
»Vzgon naše elektrifikacije«,  
(Življenje in tehnika), pč
- 1962** »Problem obratovalnih motenj v daljnovodih«,  
(Elektrotehniški vestnik, Ljubljana), č  
»Vodeči problemi elektrifikacije Jugoslavije«,  
(Ekonomska politika, Beograd), č

č... strokovni članki

k... knjige

pk... poljudne knjige

pč... poljudni članki

e ... ekspertize, študije



## **Priznanja Milana Vidmarja**

(povzeto po Slovenskem biografskem leksikonu)

**1930** je postal dopisni član berlinskega Verbanda deutscher Elektrotechniker,

**1931** prejel Das grosse Ehrenzeichen der Republik Österreich,

**1938** postal dopisni član društva Elektrotechn. svaz Československý,

**1948** dobil Prešernovo nagrado,

**1949** nagrado vlade FLRJ,

**1950** red dela I. stopnje,

**1954** postal častni član ZIT Slovenije,

**1955** častni član ZIT Jugoslavije,

**1955** častni doktor ljubljanske univerze,

**1957** dobil Kidričevo nagrado,

**1957** zlato inženirsko diplomu dunajske TVŠ,

**1960** zlato doktorsko diplomu TVŠ,

**1960** postal dosmrtni častni predsednik JUKO CIGRÉ.





2012



ISBN 978-961-6265-22-5

