

POVIJEST RAZVOJA I PROIZVODNJE ROTACIJSKIH STROJEVA U HRVATSKOJ

Stjepan Car

17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
ŠIBENIK, 9.–12. STUĐENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025

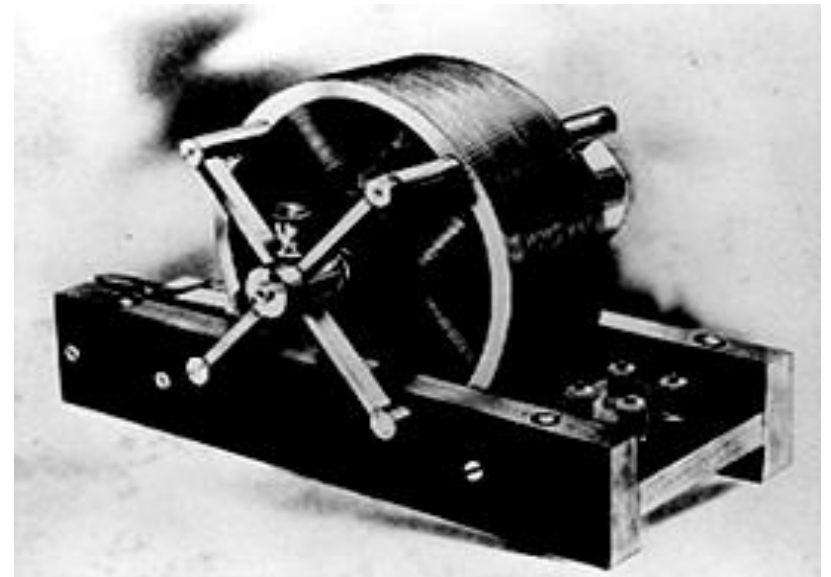


Otkrića rotacijskih strojeva

- 1821. Michael Faraday demonstrirao rotacijsko gibanje žice s istosmjernom strujom
- **1834. Moritz von Jacobi konstruirao prvi upotrebljivi istosmjerni stroj**
- 1885. Galileo Ferraris izumio stroj na izmjeničnu struju ali nije bio primjenljiv
- **1887. Nikola Tesla osmislio dvofazni izmjenični stroj kojeg je patentirao 1888.**

Modeli izumljenih strojeva

- Faradayev istosmjerni motor iz 1821.
- Teslin izmjenični motor iz 1887.



17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.–12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025



Začeci popravaka i proizvodnje električnih uređaja

- **1907.** Prva Hrvatska tvornica za elektroindustriju *Ivan Paspala i sinovi* za proizvodnju galvanskih članaka, baterijskih svjetiljki, **električnih strojeva i popravke**
- Tek **1918.** započela je **IPIS** s popravcima električnih motora i dinamo strojeva, a kasnije je započela i s proizvodnjom malih jednofaznih i trofaznih asinkronih motora koja se zadržala sve do **70-tih pod imenom CROATIA**
- Bili su to **prvi začeci elektroindustrije u Hrvatskoj**

Pročelje Tvornice za popravak električnih motora u Koturaškoj ulici u Zagrebu oko 1930. i logotip



17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.–12. STUĐENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025



Daljnji razvoj elektroindustrije u Hrvatskoj

- **1919. osnovana ELEKTRA**, društvo za elektro-tehničku i strojarsku industriju u Zagrebu (Felix Rottenbacher, Bela Oppenheim i Josip Novaković)
- **1921. tvrtku preuzima Siemens & Halske AG iz Berlina i preimenovana je u Jugoslavensko Siemens d.d.**

Počeci vlastitih primijenjenih istraživanja

- **Tvrtka je zastupnik s trgovanjem, servisom i inženjeringom na širokom području djelovanja uključivo i elektromotora**
- **1930. donesen novi Jugoslavenski zakon o povećanju carina na gotove proizvode, a smanjenje na dijelove (poticaj za proizvodnju)**
- Dolaskom 1927. u tvrtku **ing. Antona Dolenca**, montaža motora zamijenjena proizvodnjom i **već 1930. uveo je za izradu namota lakiranu** umjesto dotad žicu izoliranu pamukom – **početak vlastitih primijenjenih istraživanja** (motori nose oznaku **Z** i veće su snage)
- Slijede Dolenčeve inovacije: **centrifugalni lijevani aluminijski kavez i samouzbudni generator s bakrenooksidulnim ispravljačem**

Jugoslavensko Siemens d.d. (1/2)

- Pročelje tvornice na lokaciji Trešnjevka
- Unutrašnjost namatane elektromotora iz 1936.



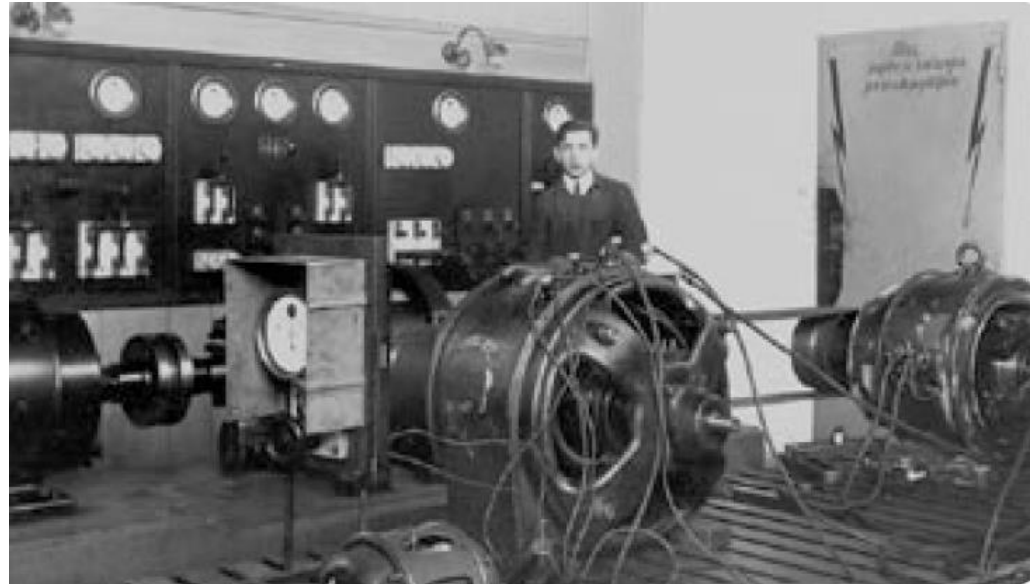
17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.–12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025

Jugoslavensko Siemens d.d. (2/2)

- Proizvodnja lakirane žice koju je uveo ing A Dolenc
- Ispitna stanica za elektromotore i aparate



17

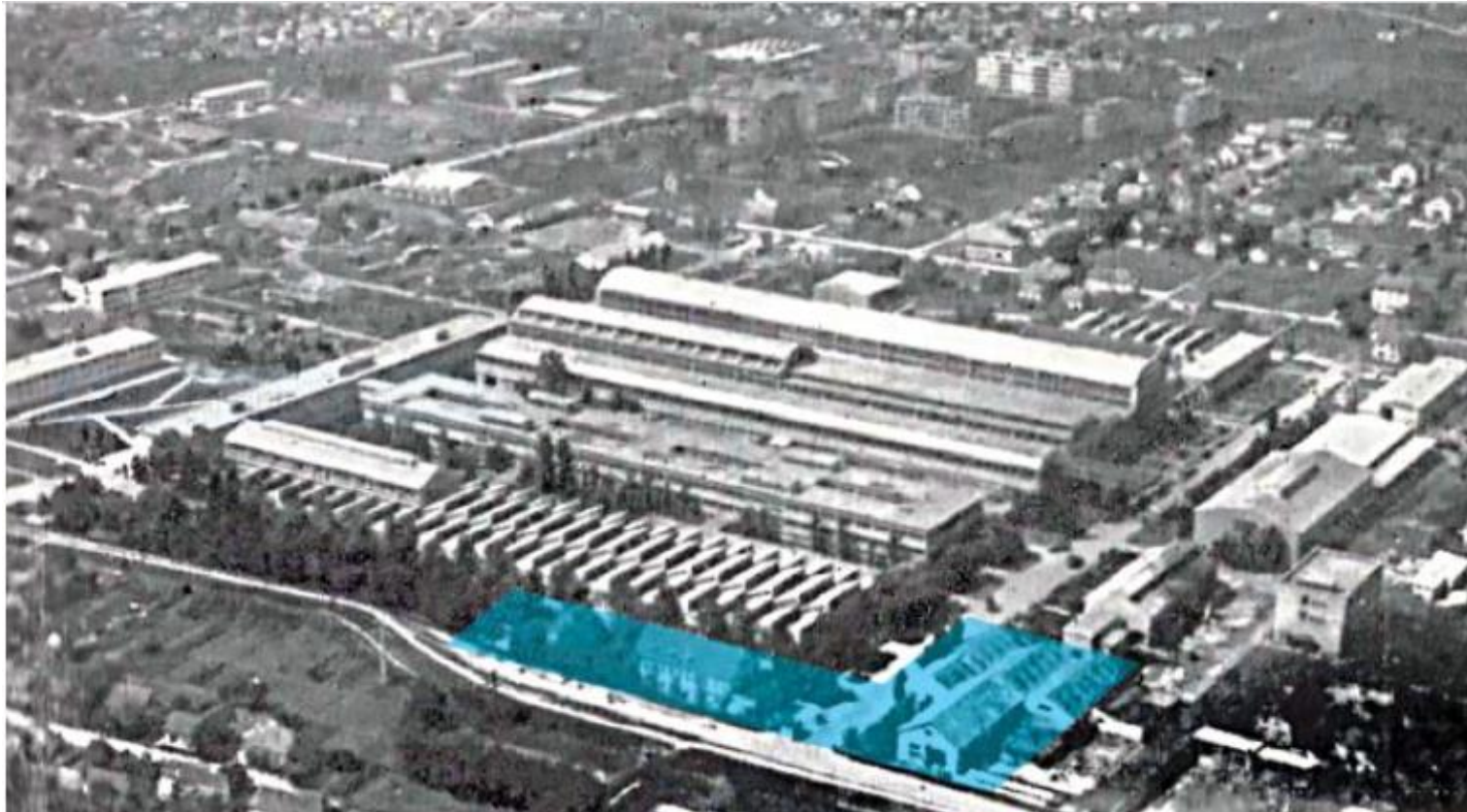


SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.-12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025

Razvoj rotacijskih strojeva nakon II. svjetskog rata

- Komunistička vlast bazirala je razvoj Države na elektrifikaciji i brzoj industrijalizaciji
- **1945.** konfiscirana je imovina u stranom vlasništvu pa tako i Siemens
- Formirana je istovremeno nova tvornica RADE KONČAR u državnom vlasništvu, a **proizvodni program je bitno sužen na samo elektroenergetiku (transformatori, aparati i rotacijski strojevi)**
- U periodu 1945.-1956. grade se na Trešnjevci u Zagrebu **novi kompleks zgrada za novu proizvodnju**

Novo izgrađeni objekti Tvornice RADE KONČAR postojeći (plavo)



17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.-12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025

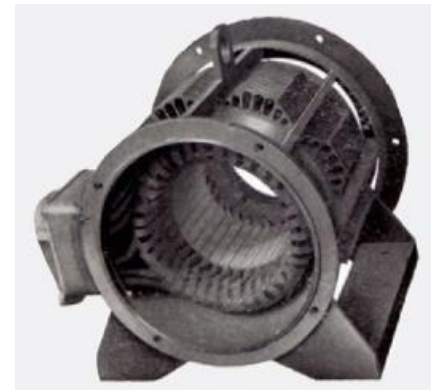
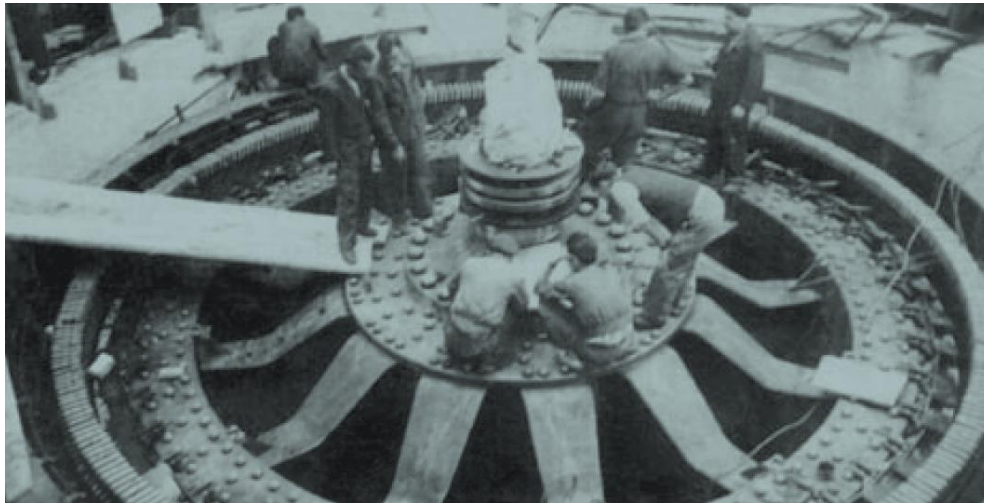


Prvi nositelji razvoja

- **Nositelji vlastitog tehničko tehnološkog razvoja i proračuna bili su:**
 - **prof.dr.h.c. Anton Dolenc** koji je 1939. postao honorarni nastavnik na Tehničkom fakultetu, a 1946. redovni prof. koji je prešao raditi na fakultet i tako stvorio trajnu vezu KONČARA i Fakulteta,
 - **ing. Tomo Bosanac**, projektant velikih strojeva, kasnije prof. dr. na FER-u i akademik,
 - **ing. Zvonko Sirotić**, konstruktor, kasnije prof.dr. i dekan,
 - **Ing. Božidar Frančić**, projektant brodskih generatora, kasnije prof.dr. i predsjednik SOUR-a RADE KONČAR-a,
 - **Ing. Berislav Jurković**, projektant asinkronih i istosmjernih strojeva i pogona i dekan te
 - **Ing. Radenko Wolf**, projektant amplidina i specijalnih malih strojeva kao i dekan
- **tzv. Dolenčeva škola**, ali i prof. emer.Zijad Haznadar i mnogi drugi.

Izrada rotora generatora i statora asinkronog motora

- za HE Mariborski otok 24 MVA i 22 t iz 1948. prema AEG dokumentaciji i 40 % završenih dijelova
- Inovativna „jež” konstrukcija s izravnim hlađenjem paketa prema patentu ing. Dolenca iz 1953.



17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.–12. STUĐENOGA 2025./NOVEMBER 9–12, 2025

Prvi rotacijski strojevi u izvozu

- Asinkroni motor u Libanon 1952.
- Sinkroni generator 5,5 MVA, 3,3 kV u Pakistan 1959.



17

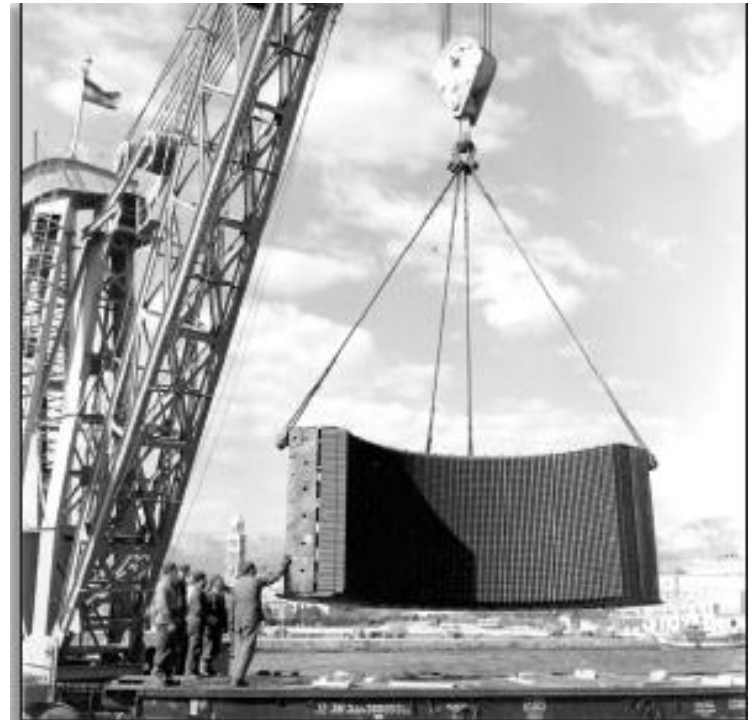
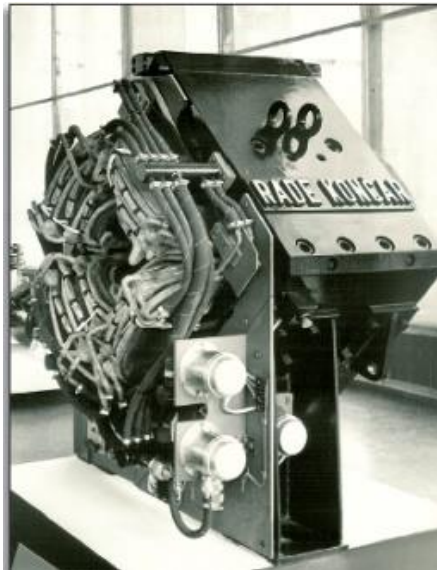


SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
ŠIBENIK, 9.–12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025

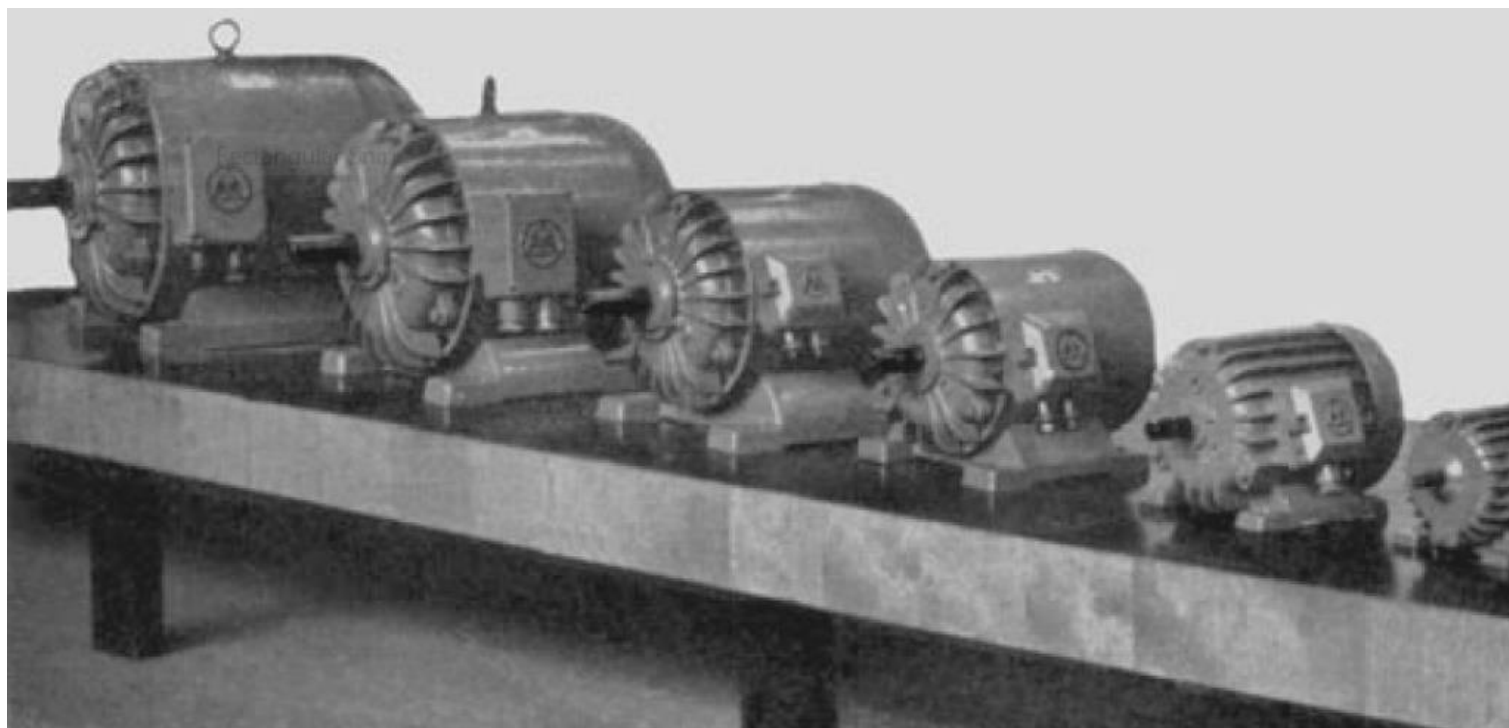


Magnetske leće i najveći hidrogenerator

- ... za nuklearna istraživanja u Švicarskoj, Njemačkoj, Vel. Britaniji, Kini, ... 1956.-1984. Isporučeno 1394 kom.
- ... za HE Zakučac, 120 MVA, 16 kV, 300 1/min iz 1962.



Serijski zatvoreni asinkroni kavezni motori iz 1960.



17

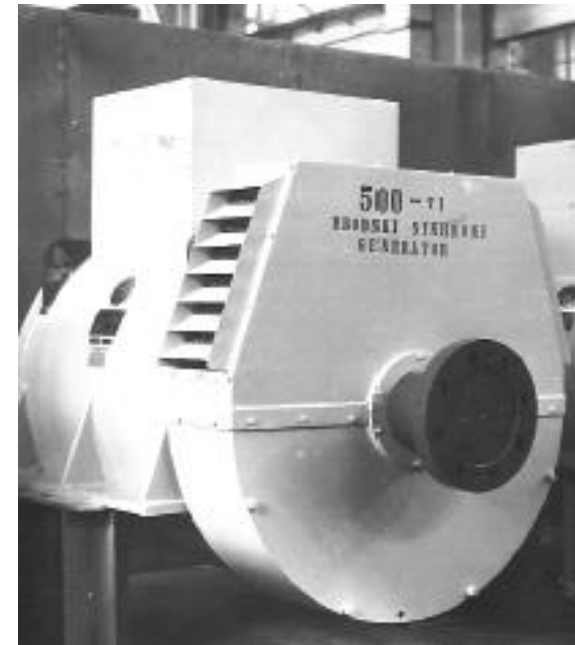
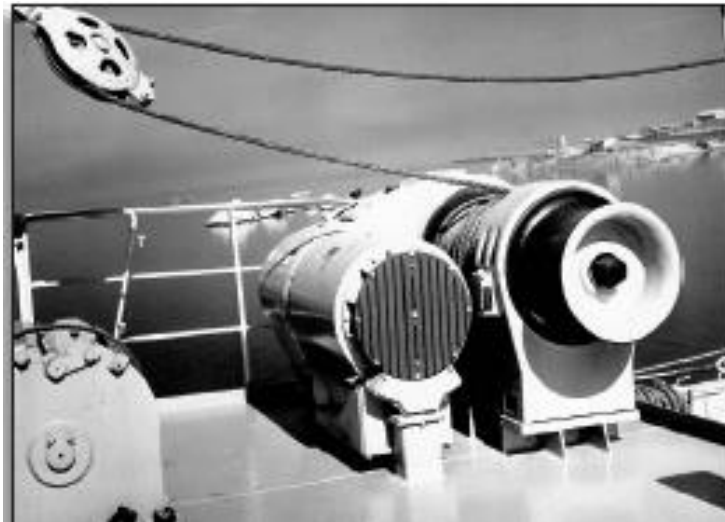


SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.-12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025



Rotacijski strojevi za brodove

- Trofazni asinkroni motori za pritezna vitla iz 1959. prema patentu ing. Jurkovića i prodane licence u Italiju i Brazil
- 500-ti brodski sinkroni generator iz 1963.



17

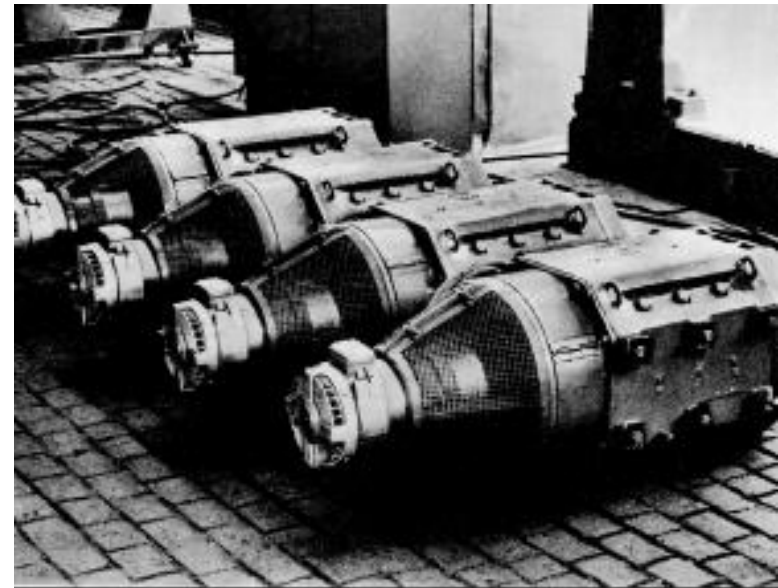
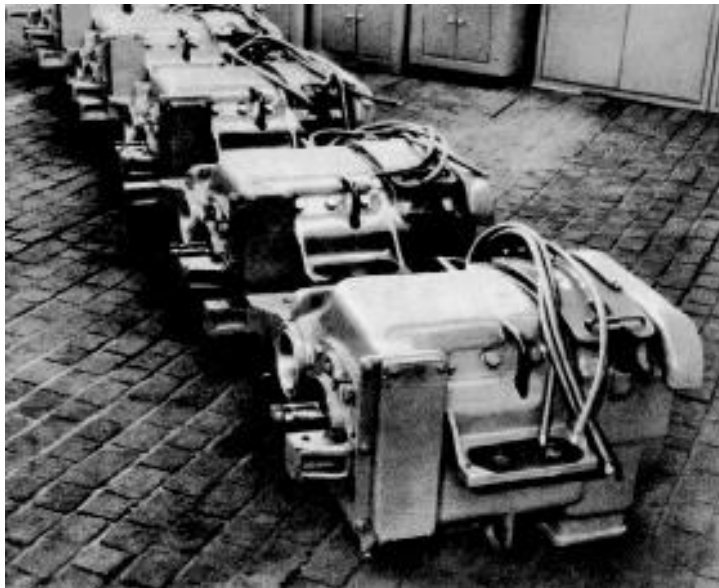


SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.-12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025



Istosmjerni motori za vuču

- ...za tramvaje iz 1953.
- ... za trolejbuse iz 1955.



17

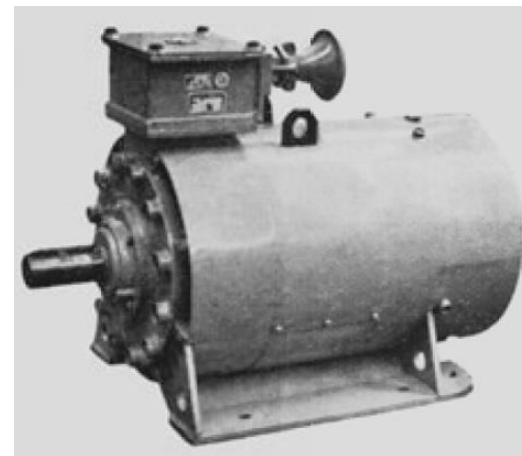
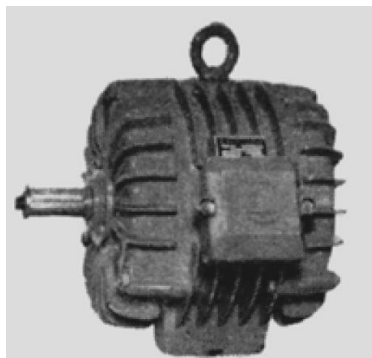


SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
ŠIBENIK, 9.–12. STUĐENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025



Asinkroni kavezni motori za pojedine industrije

- ... za tkalačke stanove i za kotljače u željezarama iz 1965.
- ... za protueksplozijsku okolinu prema patentu ing. Marinovića iz 1963.



17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
ŠIBENIK, 9.–12. STUĐENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025

Centar za obrazovanje

- ... u sklopu kojeg je 1961. osnovana *Viša tehnička škola*
- Laboratorij za električna mjerenja



17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
ŠIBENIK, 9.–12. STUĐENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025



Zgrada Zavoda za rotacijske strojeve iz 1971. s laboratorijima



17

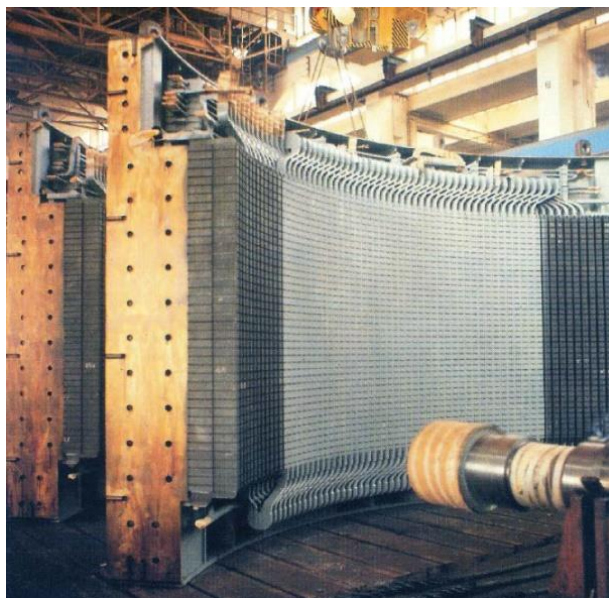


SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.-12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025



Veliki sinkroni generatori

- ...segmenti hidrogeneratora 176,5 MVA za HE Shiroro u Nigeriji iz 1983.
- ...turbogenerator 353 MVA, 20 kV TE Ugljevik u BiH iz 1985.
- **Isporučeno 745 generatora ukupne snage 19,3 GVA**



17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.-12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025



Veliki istosmjerni strojevi

- ...snage 1800 kW za valjaonicu željezare u Sisku iz 1970.
- ... ugradnja motora snage 1100 kW u postolje tiristorske lokomotive iz 1985.



17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
ŠIBENIK, 9.–12. STUĐENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025

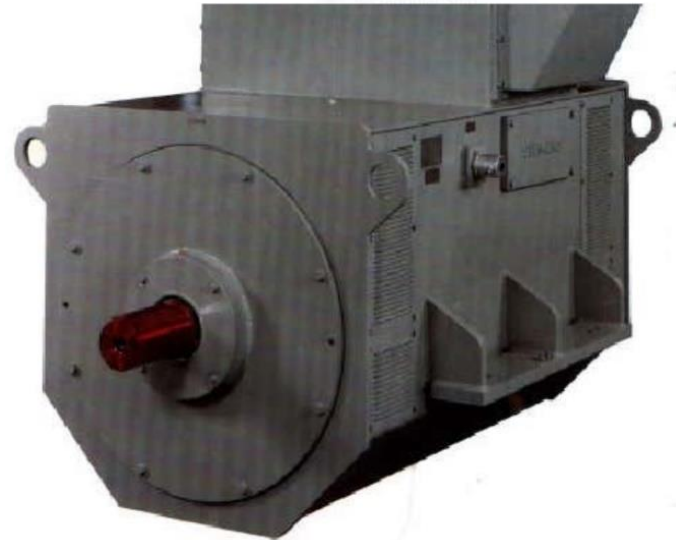
Manji istosmjerni strojevi

- Serija istosmjernih motora za baterijske napone iz 1980-tih
- Jedan iz serije istosmjernih motora snaga 11 - 370 kW i napona 440V iz 1980-tih



Samouzbudni sinkroni generatori

- ...snaga 10 – 1600 kVA iz 1980 – tih proizvodnje KONČAR u Rijeci
- ...za brodove i industriju proizvodnje ULJANIK u Puli, započela 1960-tih prema licenci, a nastavljena uz vlastiti razvoj



Visoko serijske proizvodnje motora za perilice i IEC motora

- ...jednofaznih dvobrzinskih motora za perilice u Ivancu puštene u rad 1974.
- ...niskonaponskih IEC motora u Zagrebu iz 80-tih



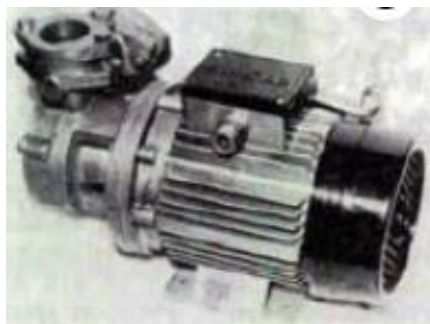
17



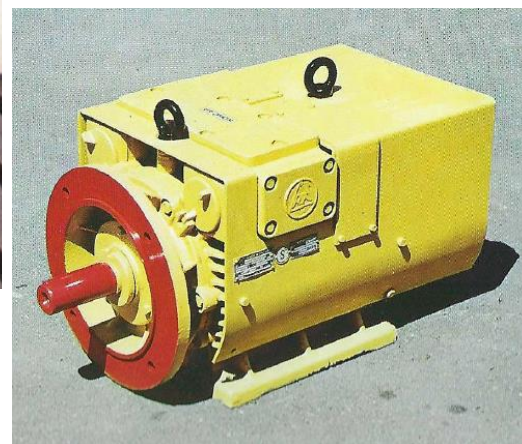
SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.-12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025

Niskonaponski asinkroni motori

- ..s prigradenom pumpom i prigradenom kočnicom iz 1990-tih



- ...4/16 polni motor za dizala i rudnički motor u protuekslozijskoj izvedbi iz 1980-tih



Proizvodnja specijalnih generatora

- Za vjetroelektrane snage 2,5 MW iz 2020.
- Robot za izradu Roebel prepleta namota iz 2020.



17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.-12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025



Hidrogeneratori s PM za niske padove vode

- Magnetiziranje dogotovljenog rotora iz 2023.
- Hidroagregat snage 500 kW spojen na mrežu preko frekvencijskog pretvarača



17



SAVJETOVANJE HRO CIGRE
HRO CIGRE SESSION
SIBENIK, 9.-12. STUDENOGA 2025./NOVEMBER 9-12, 2025

Udžbenici rotacijskih strojeva hrvatskih znanstvenika (1/2)

- A. Dolenc: Asinkroni strojevi, Sveučilište u Zagrebu, 1970.
- A. Dolenc: Sinkroni strojevi, Sveučilište u Zagrebu, 1976.
- R. Wolf: Ispitivanje električnih strojeva II, Sveučilište u Zagrebu, 1970.
- R Wolf: Uvod u teoriju električnih strojeva, Školska knjiga,Zagreb, 1975.
- R. Wolf: Osnove električnih strojeva, Školska knjiga, Zagreb, 1985.
- Z. Sirotić, V. Krajzl: Upute za proračun sinkronih strojeva,Zagreb, 1973.
- Z. Sirotić, Z. Maljković: Sinkroni strojevi, Zagreb, 1996.
- B. Jurković: Elektromotorni pogoni, Školska knjiga, Zagreb, 1978.
- B. Jurković, Z. Smolčić: Kolektorski strojevi, Školska knjiga, Zagreb, 1986.
- M. Jadrić, B. Frančić: Dinamika električnih strojeva, Sveučilište u Splitu, Graphis, Zagreb, 1997.
- Z. Haznadar, Ž. Stih: Elektromagnetizam, Svezak 1 i 2, Školska knjiga, Zagreb, 1997.
- V. Mitok: Mehanička tehnologija, Sveučilište u Zagrebu,1970.

Udžbenici rotacijskih strojeva hrvatskih znanstvenika (2/2)

- V. Bek: Tehnologija elektromaterijala, Sveučilište u Zagrebu, 1987.
- V. Ostović: Dynamics of saturated electric machines, Springer, New York, 1989.
- V. Ostović: Computer aided Analysis of Electric Machines, Prentice Hall, New York, 1994.
- V. Ostović: The Art and Science of Rotating Field Machines Design, Springer, Switzerland, 2017.
- N. Srb: Tehnika namatanja elektromotora, Tehnička knjiga, Zagreb, 1990.
- N. Srb: Magnetski monitoring električnih rotacijskih strojeva, Graphis, Zagreb, 2004.
- N. Srb: Ispitivanje i prematanje elektromotora, Graphis, Zagreb, 2005.
- N. Marinović: Rudarska elektrotehnika, Školska knjiga, Zagreb, 1982.
- I. Mandić, V. Tomljenović, M. Pužar: Sinkroni i asinkroni strojevi, TVZ, Zagreb, 2012.

Ukratko (1/3)

- **Još 1918.** u Hrvatskoj poduzetnik **Ivan PASPA** počeo s popravkom električnih motora i dinamo strojeva, a kasnije i proizvodnjom sve do 70-tih pod imenom CROATIA.
- **Osnivanjem tvrtke ELEKTRA 1919. i njenim preuzimanjem od strane Siemens 1921.** te zapošljavanjem ing. Antona Dolenca 1927., započeo je intenzivni vlastiti razvoj i proizvodnja asinkronih motora i servis strojeva
- **1945. Siemensovu tvornicu električnih uređaja preuzela je nova tvrtka RADE KONČAR** koja je suzila proizvodni program na samo: rotacijske strojeve, transformatore i aparate.
- **Prvi izvoz asinkronih motora bio je još 1952. i hidrogenatora 1959.**

Ukratko (2/3)

- **Godine 1971.** u sklopu Elektrotehničkog instituta osnovanog 1961. izgrađena je zgrada **Zavoda za rotacijske strojeve s mnogobrojnim laboratorijima za istraživanje i razvoj strojeva i pogona.**
- Do danas napravljena su bezbrojna primijenjena istraživanja i razvijeno na stotine vrsta istosmjernih, sinkronih i asinkronih strojeva različitih namjena, veličina, napona i vrste hlađenja.
- **Od prvog patenta Nikole Tesle 1887. izmjeničnog stroja** do danas patentirano je stotinjak tehničkih rješenja i prodano nekoliko licenci za proizvodnju motora u inozemstvo.
- U Hrvatskoj je glavno središte razvoja i proizvodnje bio **KONČAR** s tvornicama u Zagrebu, Rijeci i Ivancu ali bila je uspješna proizvodnja strojeva brodskih sinkroni strojeva u **ULJANIKU** u Puli.

Ukratko (3/3)

- Prvi doktorat iz područja rotacijskih strojeva obranio je 1944. u Beču ing. Vladimir Muljević, profesor i dekan ETF-a, a u Zagrebu ing. Tomo Bosanac 1955. na uzбудniku generatora s PM, kasnije profesor i akademik.
- Do danas na području rotacijskih strojeva **doktoriralo je preko 40 inženjera**
- Sve to potvrđuje dugu tradiciju i ogromni ljudski potencijal angažiran na primijenjenim istraživanjima, razvoju i proizvodnji rotacijskih strojeva, prvenstveno u **KONČARU** i na **FER-u Zagrebačkog sveučilišta** ali i na sveučilištima u **Splitu, Rijeci i Osijeku**.

Pitanja i zahvala

- Pitanja na izlaganje tradicije?
- Više o svemu u monografiji iz 2021:
100 godina KONČARA – Ljudi i djela
- Adresa: stjepan.car49@gmail.com

Hvala na pažnji!