

Електрична и магнетна поља у близини преносне мреже и високонапонских постројења једносмерне струје

Проф. др Aldo Canova, Politecnico di Torino, Италија

ORCID: 0000-0002-0014-5918

Кратак садржај

Систем преноса једносмерном струјом високог напона (*HVDC*) се састоји од два претвараача који раде као исправљач и инвертор и који су преко трансформатора и високонапонске опреме прикључени на две различите преносне мреже наизменичне струје високог напона (*HVAC*). Овакве електричне инфраструктуре се све више користе захваљујући предностима које нуде као и могућности за превазилажење ограничења најраспрострањеније *HVAC* технологије преноса. Први оперативни *HVDC* систем, који датира из 1954. године и који је изграђен између острва Готланд у Балтичком мору и копна (Шведска), снаге 20 MW, временом је замењен биполарним преносним системом снаге 260 MW. Остала постројења, која су користила вентиле са живином паром, изграђена су током наредних година, укључујући: 1965. године повезивање Сардиније са копном; 1970. године, интерконекција једносмерне струје на Пацифику, која повезује северозападни регион Пацифика и Лос Анђелес, у Сједињеним Америчким Државама; 1973. године биполарни преносни систем на реци Нелсон у Канади. Тек од 1970-их, развојем високонапонских полупроводничких претвараача, *HVDC* преносни системи, који су се већ показали неопходним за премошћавање великих морских пространа или за повезивање електроенергетских система различитих фреквенција, почели су да показују конкурентност и за пренос велике снаге на већа растојања.

HVDC омогућава пренос великих количина енергије на велику удаљеност, а трошкови инсталације се надокнађују мањим губицима (граница око 600-800 km). Веома су корисни у случају поморских конекција: пошто могу да премосте велике морске површине, за разлику од *HVAC* који има ограничења условљена потребом да се компензује капацитивна реактивна снага каблова наизменичне струје. Штавише, *HVDC* омогућава интерконекцију између великих потрошачких центара и географских области у којима имамо велику доступност обновљивих извора (пример представљају три коридора једносмерне струје, настали од подземног кабла ± 525 kV, који се у Немачкој постављају ради одрживог преноса енергије од севера земље ка југу). Коначно, повезивањем два претвараача директно преко једносмерног кола (са супротним током снаге – BackToBack) омогућава се повезивање мрежа наизменичне струје које нису синхроне једна са другом (нпр. прва на 50 Hz и друга на 60 Hz).

Међу главним предностима морају се узети у обзир и аспекти утицаја на животну средину, укључујући и оне који се односе на електрична и магнетна поља.

Након увода у вези са приказом *HVDC* технологије, на предавању ће бити истакнути иновативни аспекти које треба узети у обзир у симулацијама и мерењима електричних и магнетних поља, с обзиром на то да постоје нови аспекти као што су високе једносмерне струје и напони који нису присутни у традиционалној *HVAC* инфраструктури. Посебно, неколико тема од интереса представљају мерење статичког електричног поља услед високонапонске везе између конверторске просторије и енергетских каблова и мерење сметњи које стварају хармоници дуж водова једносмерне струје.

Кључне речи: *HVAC*, *HVDC*, магнетна и електрична поља.

Биографија предавача



1992. године: Дипломирао електротехнику на Политехничком универзитету у Торину (Италија).

1996. године: Стекао звање доктора електротехнике на Политехничком универзитету у Торину (Италија).

Октобар 1992 – март 1993. године: Истраживач у Националном електротехничком институту Галилео Ферарис (Торино, Италија).

Јануар – јул 1995. године: Истраживач на Универзитету Напиер (Единбург, Шкотска).

1995–2003. године. Истраживач на Одсеку за електротехнику Политехничког универзитета у Торину (Италија).

Од 2004. до 2017. године ванредни професор, а од 2017. редовни професор електротехничких наука.

Од 2004. године – Члан Националног електротехничког комитета (*Comitato Elettrotecnico Nazionale – CEI*) у техничком комитету *CT106* („Методе за процену електричних, магнетних и електромагнетних поља у вези са изложеношћу људи овим пољима”).

Професор примењене електромагнетике на мастер студијама електротехнике.

Професор електротехнике и електричних машина на основним студијама машинства.

Члан комисије за координацију активности наставе и обуке на Политехничком универзитету у Торину.

Од 2018. године је председавајући на основним и мастер студијама електротехнике на Политехничком универзитету у Торину.

Контакт особа од 2023. године на Политехничком универзитету у Торину за оквирни споразум са *Wabtec* корпорацијом (<https://www.wabteccorp.com/>).

Од стране Одсека за енергетику именован је као члан у Лабораторији за трансфер технологије (*LabTT*) на Политехничком универзитету у Торину.

Од 2015. године до данас: Председник Италијанског научног комитета за недеструктивна испитивања (*AIPnD*) и члан Колегијума арбитара *AIPnD*-а.

2019-2023. године био је генерални секретар *AIPnD*-а. Од јануара 2024. године је потпредседник *AIPnD*-а.

Ревизор пројекта Данског савета за стратешка истраживања (*DSF*) (<http://en.fi.dk/councils-commissions/the-danish-council-for-strategic-research>).

2007-2012. године – Оснивач и председник *spin-off* компаније која је потекла са Политехничког универзитета у Торину: *АМС инструменти*, д.о.о. компаније која послује у реализацији система за недеструктивна испитивања (www.aemmeci.com).

Од маја 2022. године је члан *IAB*-а (Међународног саветодавног одбора) Електротехничког института Никола Тесла у Београду.

Члан је Националне научне квалификационе комисије за *СК 09/E1* – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА за двогодишњи период 2023-2025. године.

Аутор/коаутор је око 180 научних публикација у зборницима међународних конференција и међународним часописима, као и 8 патената.

Одговоран је од 2008. године до данас за 25 уговора/споразума у области истраживања, потписаних између компанија/институција и Политехничког универзитета у Торину.

Бави се истраживачким активностима везаним за нумеричко прорачунавање електромагнетних поља у области енергетских уређаја, заштиту од магнетног поља, изложеност људи електромагнетним пољима, моделовање и оптимизацију енергетских система и недеструктивна испитивања.

Electric and Magnetic Fields in the Vicinity of Transmission Network and HVDC Plants

Prof. dr. Aldo Canova, Politecnico di Torino, Italy

ORCID: [0000-0002-0014-5918](https://orcid.org/0000-0002-0014-5918)

Abstract

High voltage direct current (HVDC) consists of two converters working as a rectifier and inverter which are connected, through transformers and high voltage equipment, to two high voltage AC (HVAC) power networks. Such electrical infrastructures are spreading thanks to the advantages they offer and the possibility of overcoming the limits of the most widespread HVAC technology. The first operational HVDC system dates back to 1954, created between the island of Gotland in the Baltic Sea and the mainland (Sweden), with a power of 20 MW which has over time been replaced with a 260 MW bipole transmission system. Other plants, all using mercury vapor valves, followed over the years, including: in 1965, the connection of Sardinia with the continent; in 1970, the Pacific DC Intertie, connecting the Pacific Northwest region and Los Angeles, United States; in 1973, the Nelson River Bipole in Canada. Only since the 1970s, with the development of high voltage semiconductor converters, HVDC transmission systems, which had already proven indispensable for crossing long stretches of sea or for connecting electrical systems with different frequencies, began to show competitiveness also for the transmission of great powers over very long distances.

HVDC allows the long-distance transmission of large quantities of energy and installation costs are compensated by lower losses (breakeven point around 600-800 km). They are very useful in case of marine connections: being able to cross long stretches of sea, unlike HVAC which has limitations dictated by the need to compensate for the capacity of AC cables. Moreover, HVDC allows the interconnection between big consumption centers and geographical areas in which we have large availability of renewable sources (see for example the three DC corridors, made up of underground cable of ± 525 kV, which in Germany are being laid for transfer sustainable energy from the north of the country to the south). Finally, by crossing two converters directly facing each other (BackToBack) it allows the connection of alternating current networks that are not synchronous with each other (e.g. the first at 50 Hz and the second at 60 Hz).

Among the main advantages, environmental impact aspects must also be considered, including those relating to electric and magnetic fields.

After an introduction related to HVDC technology, the seminar will highlight the innovative aspects that need to be considered in simulations and measurements in electric and magnetic fields, considering that there are new aspects such as high static currents and voltages which are not present in traditional HVAC infrastructures. In particular, a couple of topics of interest are represented by the measurement of the static electric field due to the high voltage connection between the valve room and the power cables and the measurement of the disturbances generated by the harmonics along the DC lines.

Keywords: HVAC, HVDC, magnetic and electric fields.

Biography of the presenter



1992: Degree in electrical engineering at the Politecnico di Torino (Italy)

1996: PhD in electrical engineering at the Politecnico di Torino (Italy)

October 1992 – March 1993: Researcher at the “Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris” (Torino, Italy).

January – July 1995: Researcher at Napier University (Edinburgh, Scotland).

1995–2003: Researcher at the Dipartimento di Ingegneria Elettrica of the Politecnico di Torino (Italy)

From 2004 to 2017: Associate Professor and since 2017 Full Professor in Electrical Engineering Science.

Since 2004 – Member of the Comitato Elettrotecnico Nazionale (CEI) serving on Technical Committee CT106 (Methods for the assessment of electric, magnetic and electromagnetic fields associated with human exposure).

Teacher of Applied Electromagnetism at the Master’s Degree in Electrical Engineering.

Teacher of Electrotechnics and Electrical Machines at the Bachelor’s Degree in Mechanical Engineering.

Member of the preliminary commission for the coordination of teaching and training activities of the Politecnico di Torino.

Since 2018 he is Chairman of the Bachelors and Master degree on Electrical Engineering Course at the Politecnico di Torino.

Contact person from 2023 for the Polytechnic of Turin for the framework agreement with Wabtec corporation (<https://www.wabteccorp.com/>).

He is a member designated by the Energy Department at the Interdepartmental Laboratory for Technology Transfer (LabTT) of the Politecnico di Torino.

From 2015 to today: President of the Scientific Committee of the Italian Non-Destructive Testing (AIPnD) and member of College of Arbitrators of AIPnD.

2019-2023 he is General Secretary of AIPnD. Since January 2024 is Vice President of AIPnD.

Project auditor for Danish Council for Strategic Research (DSF) (<http://en.fi.dk/councils-commissions/the-danish-council-for-strategic-research>)

2007-2012 – Founder and President of the Spin Off of Politecnico di Torino: AMC Instruments Ltd. operates in realization of systems for non-destructive testing (www.aemmeci.com).

Since May 2022 is members of IAB (International Advisory Board) of the Nikola Tesla Institute of Electrical Engineering.

He is a member of the National Scientific Qualification Commission for SC 09/E1 – ELECTROTECHNICS for the two-year period 2023-25.

He has authored/coauthored about 180 scientific publications in international conference proceedings and international journals and invented 8 patents.

Responsible from 2008 to date for 25 company/institution research contracts/agreements with the Polytechnic of Turin.

He is involved in research activities related to the numerical computation of electromagnetic fields in the area of power devices, magnetic shielding, human exposure to electromagnetic fields, energy system modelling and optimisation and non-destructive testing.