دانشگاه زنجان

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی برق-قدرت

پایان نامه کارشناسی مهندسی برق قدرت

عنوان:

مطالعه و به کارگیری خطوط HVDC

ارائه دهنده:

امیرحسین پالیزگر

استاد راهنما:

دکتر سعید جلیل زاده

تابستان ۱۳۹۱

فهرست مطالب

مقدمه ۱

فصل اول: تاریخچه ی سیستم های HVDC ۳

فصل دوم: مزایای و معایب سیستم HVDC ۸

۲-۱)مزایای سیستم HVDC ۱۱

۲-۲)معایب سیستم HVDC ۱۶

فصل سوم: پیکره بندی سیستم HVDC ۱۸

۳-۱)اجزای سیستم HVDC ۱۹

۳-۱-۱)ایستگاه های مبدلی ۱۹

۳-۱-۲)خطوط جریان مستقیم ۲۹

۳-۲)انواع طرح های سیستم ۲۹

الف)طرح های عمومی سیستم ۲۹

۱-خطوط HVDC تک قطبی ۲۹

۲-خطوط HVDC دو قطبی ۳۰

۳-خطوط HVDC هم قطبی ۳۱

ب) طرح های تزویج بین شبکه ای ۳۲

ج) طرح های چند ترمیناله سیستم HVDC ۳۳

مراجع ۳۷

مقدمه

برای انتقال انرژی الکتریکی از نیروگاه ها به مصرف کنندگان یک سیستم بهم پیوسته مورد نیاز می باشد.این سیستم شامل مراکز تولید انرژی,ایستگاه ها,خطوط انتقال و یا کابل ها و مصرف کنندگان می باشد.

اولین ژنراتور, یک ژنراتور dc بوده است و به همین علت اولین خطوط انتقال به صورت dc بوده اند و اکتشافات اولییه مانند اهم,امپر و... در زمینه ی dc بوده اند اما به علت سهولت تولید و تبدیل ولتاژ و جریان متناوب ac نسبت به جریان مستقیم dc,جریان متناوب سه فاز به عنوان جریان عمومی و عمده‌ی سیستم های قدرت پذیرفته شده و کلییه ی تجهیزات و لوازم الکتریکی مصرف کنندگان با این سیستم سازگار می باشند.

در سال های ۱۸۸۰-۱۸۹۰ بخاطر در دسترس بودن ترانسفورماتورها و موتورهای القایی استفاده از خطوط ac به سرعت جایگزین خطوط dc شدند.موتورهای القایی تنها با جریان ac کار میکردند و این یکی از دلایل استفاده از خطوط ac برای مصارف خانگی و اقتصادی بود.

تولید جریان مستقیم و تبدیل ان به خصوص در مقادیر بزرگ,بسیار مشکل بوده و نسبت به جریان متناوب بسیار گران می باشد اما انتقال انرژی الکتریکی با استفاده از سیستم های جریان مستقیم ولتاژ بالا (hvdc) به عنوان مکمل سیستم های ac و حتی در مواردی جایگزین انها مطرح می باشد.

امروزه سیستم های متعدد hvdc در سرتاسر دنیا در حال کار بوده و بسیاری نیز در حال بهره برداری می باشند.این سیستم ها حجم وسیعی از توان الکتریکی را در مسافت های طولانی با خطوط انتقال هوایی و یا از طریق کابل های و انتقال زیر دریایی با صرفه ی اقتصادی بهتر جابه جا می نمایند.

علاوه بر سیستم های hvdc برای اتصال شبکه های نا هماهنگ و یا بهبود پایداری و حفظ سطح اتصال کوتاه شبکه های ac متصل به انها با کنترل پذیری بالایی که دارند,نیز استفاده می گردند.امروزه با توجه

به پیشرفت های وسیعی که در ساخت ادوات نیمه هادی با توانهای بالاتر و قیمت های ارزانتر صورت گرفته است,انتقال به صورت hvdc بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

یکی دیگر از عوامل توجیه استفاده از سیستمهای hvdc,اثرات مخرب کمتران نسبت به سیستم های ac بر روی محیط زیست می باشد که در فصول بعد,به صورت کامل در مورد ان توضیح داده خواهد شد.

کشور عزیزمان بواسطه ی وسعت جغرافیایی و بویژه فاصله ی طولانی بین مراکز تولید بالقوه برق در جنوب و مراکز بزرگ مصرف در شمال,وجود جزایر متعدد که برخی از انها در اینده بعنوان مراکز تجاری مهم با مصرف بالای انرژی در منطقه مطرح خواهند بود و اتصال شبکه ی سراسری به شبکه ی کشورهای همسایه برای مبادلات انرژی,به شدت نیازمند تکنولوژی های بصرفه ی انتقال انرژی الکتریکی از جمله hvdc خواهد بود.

در این پروژه به معرفی مقدماتی سیستم های انتقال hvdc در قالب ۴ فصل خواهیم پرداخت.

- فصل اول به معرفی hvdc و بیان مختصری از تاریخچه ی پیدایش ان اختصاص یافته است.دلایل استفاده از hvdc و نیاز با ان نیز مورد بحث قرار خواهد گرفت.
- در فصل دوم مزایا و معایب سیستم های hvdc در مقایسه با سیستم های ac شرح داده خواهند شد.
- در فصل سوم به پیکربندی سیستم های hvdc اشاره ی مختصری خواهد شد.

فصل اول

تاریخچه ی سیستم های hvdc

اولین اختراعات و اکتشافات به همراه اولین کاربردهای عملی در انتقال انرژی الکتریکی با نوع جریان مستقیم dc صورت گرفته است.با این حال,صنعت Ac بسیار سریع توانست به تعالی برسد و در اغاز قرن بیستم با پیشرفت هایی که در زمینه ی موتورهای القایی,ژنراتورهای سنکرون و قابلییت استفاده از ترانسفورماتور ها حاصل شد,به اوج رسید.احیای مجدد صنعت dc بخاطر شماری از برتری های ان حادث شد که نیاز به انتقال حجم عزیمی از انرژی در مسافت های طولانی و نیز انتقال بوسیله ی کابل,این مزیت را پررنگ تر کرد.

محدودیت های پایداری در انتقال برق بصورت DC و در مسافت های طولانی وجود ندارد و از طرفی,عدم وجود جریان شارژ کنند گی مداوم برای خازن ها در انتقال انرژی از نوع DC باعث می گردد که در مسافت های بسیار طولانی تر,انتقال انرژی از زیر زمین ممکن باشد.با وجود همه ی این مزایا,ادعای غالب در انرژی الکتریکی بصورت HVDC,هزینه ی کمتر ان برای مسافت های طولانی بوده است که البته در حال حاضر شاخص قابلییت کنترل,نقش اساسی تری را نسبت به فاکتور هزینه بازی می کند که شاهد این ادعا,افزایش تعداد لینک های پشت به پشت در سرتا سر جهان می باشد.

با توجه به در خواست روز افزون انرژی الکتریکی و رشد توده ی بشر در کره ی خاکی که در نهایت نیاز به انتقال انرژی الکتریکی در مسافت های طولانی را سبب شده و بالاخره پیشرفت های موثری که در حیطه ی الکترونیک قدرت در چند دهه ی اخیر پیوست که پرثمرترین ان اختراع تریستور در اواخر دهه ی ۶۰ میلادی بود,همه دست به دست هم داده وظهور صنعت HVDC و رشد و توسعه به همراه بهبود و پیشرفت ان را سبب گردیده اند.

اولین سیستم قدرت الکتریکی بصورت DC و توسط ادیسون به بهره برداری رسید.اما احیای مجدد صنعت DC را باید از سال ۱۹۲۹ میلادی دانست، زیرا از این زمان بود که طرح ها و برنامه های ازمایشگاهی در دو کشور سوئد و امریگا به جهت تحقیق در امر استفاده از والو های قوس جیوه ای در فرایند های تبدیل برای انتقال انرژی الکتریکی و تغییر فرکانس به مرحله ی انجام رسیدند و در همین سال بود که مطالعات در کشور سوئد منجر به بهبود والوهای قوس جیوه ای کنترل شده با شبکه ای از چند الکترود,برای استفاده در ولتاژها و توان های بالا شد.

افزایش در خواست و نیاز به الکتریسیته پس از جنگ جهانی دوم,محرک تحقیقات بیشتر بویژه در روسیه و سوئد شد تا اینکه در سال ۱۹۵۰ یک خط آزمایشی به طول ۱۱۶ کیلومتر و ولتاژ ۲۰۰ کیلو ولت از مسکو به کاسیرا کشیده شد و تست گردید.اما در سال ۱۹۵۴ اولین خط تجاری با طول ۹۸ کیلومتر در زیر دریا و برگشت زمین میان جزیره ی gotland و سوئد نصب گردیدو به بهره برداری رسید.سطح ولتاژ در این شبکه ۱۰۰ کیلو ولت و ظرفیت توان انتقالی,۲۰۰ مگاوات بود و از والوهای قوس جیوه ای در مبدل های یکسو ساز و اینورتر استفاده شده بود.از این رو ظهور صنعت HVDC را می توان در این سال دانست.

تقریبا در همه ی مراجع اصلی که به انتقال HVDC پرداخته اند,ابتدا مقایسه ای میان انتقال از نوع DC و انتقال AC انجام گردیده و برتری های هر یک نسبت به دیگری شمرده شده است:انواع لینک های DC,اجزای عمده ی یک پست HVDC و آرایش های گوناگون سیستم های HVDC به تفصیل توصیف شده است.اما همواره یک سوال مطرح است و این آنکه((چرا HVDC ؟))

یک پاسخ برای این پرسش این است که از انتقال به صورت HVDC برای کاهش تلفات استفاده می شود.اما این جواب صحیح نیست چرا که سطح یا میزان تلفات در زمان طراحی سیستم های انتقال منظور شده و توسط اندازه ی هادی تنظیم می گردد.چه هادی های DC و چه هادی های AC,چه در خطوط هوایی و چه در کابل های زیر زمینی و دریا,قادر به داشتن تلفات کمتر هستند اما با هزینه های بالاتر.علت آن هم این است که برای کاهش تلفات,مسافت انتخابی برای عبور خط بزرگتر باشد و این سبب افزایش هزینه ها می شود.در هر صورت,در هر صورت پاسخ سوال این است که عموما انتخاب اقتصادی به علت یکی از دلایل زیر می تواند گزینه ی HVDC باشد:

۱-خط انتقال هوایی DC و دکل های ان این قابلییت را دارد که با هزینه های کمتری در واحد طول نسبت به خط AC معادلی که برای انتقال همان میزان توان الکتریکی طراحی شده است,طراحی گردد.با این همه پست های مبدل DC در هر پایانه,هزینه ی بیشتری نسبت به پست های پایانی خط AC صرف می کنند.

۲-لحاظ سیستم های کابلی AC در طول بیشتر از ۵۰ کیلومتر عملی نیست.اما سیستم های انتقال با کابل DC در طول های چند صد کیلومتر و حتی مسافت های ۶۰۰ کیلومتر و بالاتر نیز شدنی هستند.بنابرین یکی از کاربرد های عمده ی انتقال HVDC,انتقال انرژی از طریق دریا و زیر زمین است.

۳-برخی از سیستم های قدرت الکترونیکی با شبکه های همسایه ی خود سنکرونیزه نیستند که در اینگونه موارد حتی اگر مسافت فیزیکی میان انها کم باشد,برای ارتباط ان ها ناچار به استفاده از سیستم انتقال HVDC خواهیم بود.که نمونه ی ان را می توان کشور ژاپن را نام برد که نیمی از این کشور با فرکانس ۶۰ هرتز و نیمی دیگر با فرکانس ۵۰ هرتز تغذیه می گردد.از لحاظ فیزیکی ارتباط میان این سیستم ها با روش های مستقیم AC,بخاطر مبادله ی توان الکتریکی,غیر

ممکن است.اما با قرار دادن یـــک پست مبدل DC در هر سیستم و با نصب یک خط DC میان آنـــها,با اینـــکه سیستـــم AC کـــماکان آسنکـرون می ماند,انتقال توان درخواستی میسر میگـــــردد.

مراجع:

[1] Bergen, A.R,Power System Analysis Book, Prentice Hall, 1985.

[2] Arrilaga, J,High Voltage Direct Current Transmission, Book, Wiley-Interscience Publication, 1993

[3] E.W. Kimbark, Direct Current Transmission, Volume 1. New York: John Wiley & Sons, 1971.

[4] E. Uhlman, Power Transmission by Direct Current, New York: SpringerVerlag, 1975.

[5] J. Arrillaga, High Voltage Direct Current Transmission, London: Peter Peregrinus Ltd., 1983.

[6] K.R. Padiyar, HVDC Transmission - Technology and System Interactions, New

York: John Wiley & Sons, 1990 [7] M. H. Rashid, Power Electronics, Prentice-Hall, 1999

[8] www.siemens.com/hvdc,HVDC_Proven_Technology.pdf

[9] http://www.abb.com, technology_abb.pdf

[10] http://www.abb.com, Thyristor valves, projects 1970-, Reference brochure.pdf

[11] U.Corbellini,P.Pelacchi,Corona Losses in HVDC Bipolar Lines, IEEE Trans.on Power Delivery,Vol.11, No.3,July 1996.

[12] S.Rao,EHV-AC and HVDC Transmission Engineering and Practice,Khanna Publication Delhi-6,1990

[13] D. A. Woodford, HVDC Transmission , Manitoba HVDC Research Centre, 400-1619 Pembina Highway, Winnipeg, Manitoba, R3T 3Y6,Canada, 1998

[14] P. F. Toledo, Feasibility of HVDC for City Infeed, Doctoral Thesis, Royal Institute of Technology Department of Electrical Engineering Electric Power Systems, Sweden 2003

[15] Cuiqing Du, The control of VSC-HVDC and its use for large industrial power systems, Doctoral Thesis, Department of Electric Power Engineering,CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY,G˜oteborg, Sweden 2003

[16]www.nienergyholdings.com

[17] www.crosssoundcable.com

[18] y.aspsafet-www.ukcpc.org.uk/cable

[19] http://www.helixesg.com

[20] http://www.makai.com