

فاز نخست فعالیت آرایه رادیویی دانشگاه سمنان

سبوحی، محمد^۱؛ رستگارزاده، گوهر^۱

^۱دانشکده فیزیک، دانشگاه سمنان، سمنان

چکیده

آرایه رادیویی دانشگاه سمنان به عنوان اولین آزمایش از نوع خود در خاورمیانه با هدف آشکارسازی رادیویی پرتوهای کیهانی کار خود را آغاز نموده است. در پژوهش پیش رو به اقدامات صورت گرفته در فاز نخست فعالیت این آرایه خواهیم پرداخت. این مرحله شامل استقرار، پیکر بندی و انجام آزمایش های اولیه می باشد. در ادامه ضمن معرفی هر یک از ابزارهای استفاده شده در این آرایه، ویژگی ها و مشخصات فنی آن ها را مورد بررسی قرار خواهیم داد. همچنین نتایج به دست آمده از آزمایش های صورت گرفته به منظور ارزیابی فنی دستگاه های موجود را مورد تحلیل قرار خواهیم داد. برای نخستین بار نتایج حاصل از آشکارسازی یک سیگنال ساختگی توسط اولین آنتن رادیویی این آرایه را بررسی کرده و اطلاعاتی از فاز های بعدی این آرایه و آینده کاری آن ارائه خواهیم کرد.

First operative phase of Semnan university Radio Array

Sabouhi, Mohammad¹; Rastegarzadeh, Gohar¹

¹ Faculty of Physics, Semnan University, Semnan

Abstract

Semnan university Radio Array (SRA) as its first kind of experiment in the Middle east, with the aim of radio detection of cosmic rays, has started its operation. In this investigation, we will explain the progress made in the first phase of this array. This step includes establishing, assembling and doing very first experimental tests. Moreover, we will introduce the devices used in this array and discuss their technical specifications. Also, we will analyze the test results in order to investigate technical properties of our electronics. For the first time, we will investigate the detection of the first man-made radio signal by a first established radio antenna at SRA and provide some information about the future of this array.

PACS No. 90.95

مقدمه

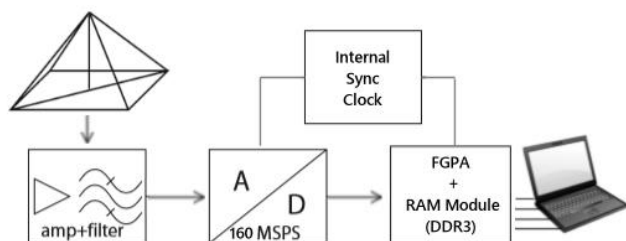
سیگنال های رادیویی، موجب شده تا این روش به عنوان یک رویکرد کاملاً عملیاتی و در عین حال دارای مزایای قابل توجه برای آشکارسازی پرتو های کیهانی در نقاط مختلف دنیا مورد استفاده قرار گیرد. در حال حاضر علاوه بر سایت های اختصاصی آشکارسازی رادیویی پرتو های کیهانی به مانند لوفار^۱ [۲]، بیشتر آزمایشگاه هایی که با روش های دیگر نیز فعالیت می کنند، اقدام به اضافه نمودن تجهیزات رادیویی به آشکارساز های خود کرده اند [۳]. از مهم ترین ویژگی های آشکارسازی رادیویی پرتو های

در سال های گذشته جستجو برای یافتن روش های نوین آشکارسازی پرتو های کیهانی که بتوانند ضمن حفظ ویژگی های مثبت رویکردهای فعلی اشکالات و کمبودهای آن ها را مرتفع سازند، همواره در جریان بوده است. آشکارسازی رادیویی پرتو های کیهانی یکی از این روش ها است که طی سالیان گذشته فراز و نشیب های فراوانی را تجربه کرده است [۱]. پیشرفت های صورت گرفته در هر دو حوزه سخت افزار و دانش فنی لازم برای تحلیل و بررسی

¹ LOFAR

از آنتن های رادیویی که قابلیت استفاده در آشکارسازی رادیویی پرتو های کیهانی را دارند ، دو نوع از این آنتن ها برای استفاده در آرایه رادیویی سمنان انتخاب شده اند. اولین آنتن نصب شده از نوع دایپل^۱ می باشد که در آرایه سمنان به صورت اینورترد-وی^۲ استقرار یافته است. در فاز دوم فعالیت آرایه نیز تعداد ۴ آنتن از نوع لوگ-پریودیک^۳ به مجموعه آنتن های آرایه اضافه خواهند شد.

سیگنال های دریافت شده توسط آنتن های رادیویی می بایست توسط مجموعه ای از ابزارهای الکترونیکی مناسب ذخیره و مورد پردازش قرار گیرند. بدین منظور داده های به دست آمده از آنتن های رادیویی توسط کابل های کواکسیال به مرکز پردازش آرایه انتقال می یابند. نمایی از مجموعه ابزار های موجود در سیستم جمع آوری و پردازش داده ها در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱: نمای شماتیک ساده از الکترونیک آرایه رادیویی سمنان

در اولین گام پس از ثبت داده ها توسط آنتن های رادیویی ، لازم است تا سیگنال به دست آمده به منظور فراهم آمدن امکان جداسازی نویز محیطی از سیگنال های اصلی و همچنین جلوگیری از میرایی داده های حاصل از پرتو های کیهانی کم انرژی تر به واسطه انتقال به مرکز پردازش داده ، تا حد امکان تقویت شوند. این امر به وسیله یک تقویت کننده تحقق می یابد.

همان طور که در بخش نتایج نشان خواهیم داد ، آنتن های آرایه رادیویی سمنان به گونه طراحی شده اند تا بیشترین بازده را در فرکانس کاری آرایه داشته باشند و تا حد امکان از ورود سیگنال های خارج از این باند جلوگیری کنند با این وجود اما برای دریافت هر چه بهتر سیگنال های مورد نظر ، از یک فیلتر میان گذر برای محدود کردن داده های دریافتی از آنتن های رادیویی نیز بهره

کیهانی میتوان به ارزان تر بودن تجهیزات مورد نیاز این روش در مقایسه با سایر رویکردها ، امکان آشکارسازی در شرایط مختلف جوی و همچنین امکان فعالیت به صورت همزمان با سایر روش ها اشاره نمود.

معرفی آرایه رادیویی سمنان

گروه پرتو های کیهانی دانشگاه سمنان به عنوان یکی از مجموعه های فعال در زمینه مطالعات پرتو های کیهانی از چند سال گذشته فعالیت های خود را در زمینه انجام مطالعات لازم به منظور استقرار یک آرایه رادیویی در دانشگاه سمنان آغاز نمود. در نتیجه این پژوهش ها ، مقالات متعددی در کنفرانس های داخلی و بین المللی به منظور شناخت هرچه بیشتر و بهتر سیگنال های رادیویی منتشر شده توسط پرتو های کیهانی ارائه گردید [۹-۴]. یکی از اهداف اصلی این پژوهش ها بررسی امکان استقرار یک آرایه رادیویی در دانشگاه سمنان بود که در مقاله ای جداگانه به صورت مفصل مورد بررسی قرار گرفت [۱۰]. در نتیجه تلاش های صورت گرفته ، روند بررسی و انتخاب تجهیزات مورد نیاز این آرایه آغاز گردید. نهایتا در ابتدای سال ۹۷ و پس از استقرار و راه اندازی اولین آنتن رادیویی بر پشت بام دانشکده فیزیک دانشگاه سمنان در موقعیت (35.6017 N, 53.4380 E) ، آزمایش های پیش بینی شده برای فاز نخست فعالیت های این آرایه با موفقیت صورت پذیرفت. در این مرحله صرفا از یک آنتن رادیویی برای انجام تست های اولیه و حصول اطمینان از عملکرد صحیح تمام ابزارهای موجود ، استفاده شد. مطابق استاندارد های موجود باند فرکانسی ۸۰-۴۰ مگاهرتز برای فعالیت آرایه رادیویی سمنان انتخاب شده است که در حالت عادی دارای مقادیر کم نویز انسانی و محیطی می باشد.

ابزارهای مورد استفاده

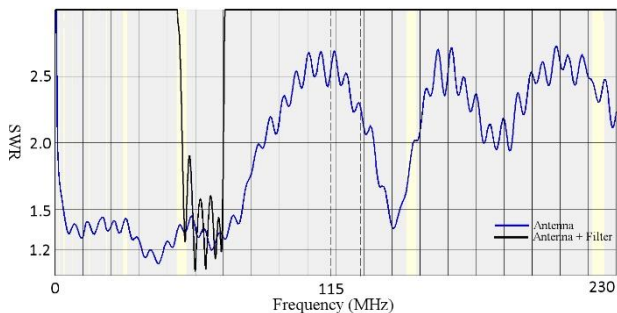
با توجه به ویژگی های سیگنال های رادیویی ساطع شده از بهمن های گسترده هوایی و مطالعه دقیق بر روی ویژگی های انواع مختلفی

¹ Dipole Antenna

² Inverted-V

³ Log Periodic Dipole Antenna

سیگنال های خروجی به طرز شایانی به عملکرد بهتر آنتن در بازه فرکانسی مورد نظر کمک کرده است.



شکل ۲: مقادیر SWR بر حسب فرکانس برای آنتن رادیویی آرایه سمنان

الکترونیک آرایه

با بهره گیری از تجهیزات موجود در آرایه دانشگاه سمنان می توان نمودار های مربوط به هر دو حوزه زمانی و فرکانسی داده های به دست آمده از آنتن های رادیویی را رسم نمود. شکل ۳ اختصاص به حوزه فرکانس داده های حاصل از آنتن رادیویی دارد. وجود نویز های محیطی در فرکانس های زیر ۳۰ و بالای ۵۵ مگاهرتز در این شکل مشخص است.

در آخرین گام برای بررسی حساسیت آنتن رادیویی مستقر به سیگنال های رادیویی، از یک سیگنال ساختگی که در فرکانس ۴۰ مگاهرتز منتشر می شد استفاده نمودیم. هدف از انتشار این سیگنال در این مرحله صرفا بررسی امکان آشکارسازی آن و آشنایی با نحوه عملکرد الکترونیک آرایه بوده است. مراحل مربوط به محاسبه و ترسیم الگوی آنتن های رادیویی^۶ مستقر در آرایه سمنان که نیازمند ارسال یک سیگنال مرجع تحت زوایای مختلف به آنتن رادیویی است در دستور کار تیم تحقیقاتی آرایه رادیویی سمنان قرار دارد. همان طور که در شکل ۴ نشان داده شده است، یک بیشینه مقدار جدید در فرکانس مربوط در شکل حوزه فرکانس پدید آمده است که نشان از آشکارسازی این سیگنال توسط آنتن آرایه دارد.

برده ایم. این فیلتر ها بازه ۴۰ تا ۷۰ مگاهرتز را به طور موثر پوشش می دهند. پس از تقویت و فیلتر سیگنال های رادیویی، مجموعه داده ها به مبدل آنالوگ به دیجیتال ارسال می شوند. به دلیل عمر کوتاه سیگنال های رادیویی ساطع شده از بهمن های گسترده هوایی، از یک مبدل آنالوگ به دیجیتال با نرخ نمونه برداری متغیر تا ۱۶۰ میلیون نمونه در ثانیه با توان تفکیک بالا استفاده شده است تا امکان بازسازی صحیح سیگنال های رادیویی وجود داشته باشد.

در آخرین گام نیز داده های دیجیتال به منظور اعمال شرط های مورد نظر برای ذخیره سازی سیگنال های رادیویی بهمن های گسترده هوایی به یک برد پردازشی انتقال می یابند. با برنامه نویسی مناسب امکان اعمال شرط های مختلف به صورت برخط و در نتیجه پاک سازی سیگنال های به ثبت رسیده از نویز های محیطی و جدا سازی داده های مربوط به پرتو های کیهانی امکان پذیر است.

آنتن

با امکانات موجود در آزمایشگاه پرتو های کیهانی دانشگاه سمنان امکان انجام طیف وسیعی از آزمایش ها شامل اندازه گیری مقادیر نسبت موج ایستاده^۱، زاویه فاز^۲، امپدانس مختلط^۳، افت برگشتی^۴ و نمودار اسمیت^۵ بر روی آنتن های این آرایه وجود دارد. به جهت حفظ اختصار و همچنین اهمیت نمودار نسبت موج ایستاده، در این مقاله صرفا به بررسی این پارامتر می پردازیم. نسبت موج ایستاده در یک آنتن رادیویی از پارامتر های مهم برای ارزیابی عملکرد یک آنتن به خصوص در حالت ارسال سیگنال های رادیویی می باشد. با این وجود اما در حالت دریافت نیز کوچک بودن مقدار آن نشانگر عملکرد بهتر آنتن در یک فرکانس به خصوص است. همان طور که در شکل ۲ مشخص است آنتن رادیویی مستقر در آرایه سمنان به صورت بالفعل عملکردی بهتر در بازه فرکانسی زیر ۱۰۰ مگاهرتز دارد با این وجود اما اعمال فیلتر میان گذر بر روی

1 Standing Wave Ratio (SWR)

2 Phase Angle

3 Complex Impedance

4 Return Loss

5 Smith Chart

6 Antenna Pattern

نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی وضعیت فعلی آرایه رادیویی سمنان در نخستین فاز فعالیت آن پرداختیم و چشم اندازی از آینده کاری این آرایه را مورد بررسی قرار دادیم.

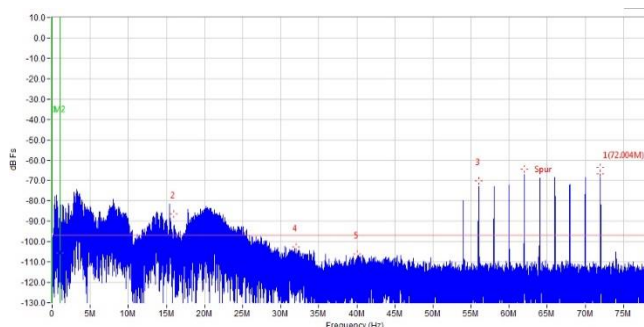
در زمان نگارش این مقاله، اولین آنتن رادیویی این آرایه که از نوع دایبل می باشد در دانشگاه سمنان استقرار یافته و آزمایش های اولیه به منظور بررسی عملکرد آن انجام شده است. فرکانس کاری آرایه سمنان در بازه ۴۰-۸۰ مگاهرتز می باشد و به همین دلیل نوع طراحی آنتن های آرایه به نحوی صورت پذیرفته است که تا حد امکان از ورود سیگنال های خارج از این بازه به سیستم ذخیره سازی و تحلیل داده ها جلوگیری نمایند که این امر در نتایج به دست آمده از آزمایش های مختلفی که بر روی آنتن مستقر انجام گرفته، به خوبی نمایان است. با این وجود اما به منظور تقویت سیگنال های رادیویی و همچنین محدود سازی باند فرکانسی مورد مطالعه از تقویت کننده های سیگنال و فیلتر های میان گذر نیز استفاده شده است. در ادامه به بررسی فنی ابزارهای موجود در بخش الکترونیک آرایه پرداختیم و ضمن معرفی و بررسی ویژگی های هر یک، نتایج حاصل از آزمایش های ابتدایی انجام شده و سیگنال های به ثبت رسیده توسط این مجموعه را مورد بررسی قرار دادیم.

در نهایت با استفاده از ایجاد یک سیگنال ساختگی میزان حساسیت آنتن موجود را مورد ارزیابی قرار داده و سعی نمودیم با استفاده از روش های مختلف میزان نویز محیطی را کنترل نماییم.

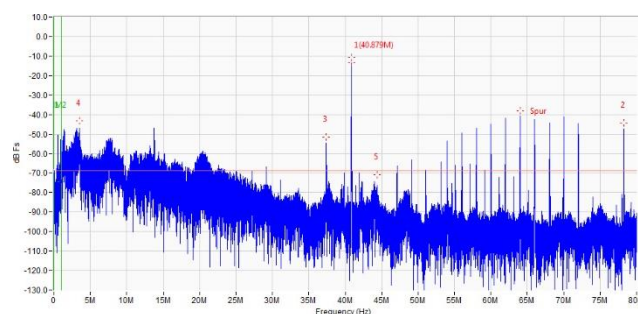
مرجع ها

- [1] Huege, T. Braz J Phys (2014) 44: 520.
- [2] Schellart, P., et al. *Astronomy & Astrophysics* **560** (2013): A98.
- [3] Revenu, Benoît. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* **662** (2012): S130-S133.
- [4] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference (ICRC2015), The Netherlands, POS 473
- [5] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference (ICRC2015), The Netherlands, POS 474
- [6] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of Iranian Annual Physics Conference, (Mashhad, Iran, 2015), P553.
- [7] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of the 35th International Cosmic Ray Conference (ICRC2017), South Korea, POS 567
- [8] M. Sabouhi, G. Rastegarzadeh, In: Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference, 2017, South Korea, POS 568.
- [9] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of Iranian Annual Physics Conference, Yazd, Iran, 2017, P313.
- [10] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of Iranian Annual Physics Conference, Yazd, Iran, 2017, P314.

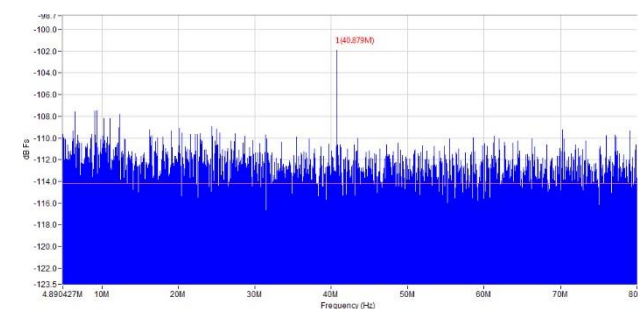
در گام بعدی سعی نمودیم تا در حد امکان با روش های نرم افزاری و سخت افزاری نویز های محیطی را از سیگنال ساختگی مورد نظر تفکیک کنیم که نتیجه آن در شکل ۵ آورده شده است.



شکل ۳: داده های حاصل از آنتن رادیویی در حوزه فرکانس



شکل ۴: آشکارسازی سیگنال ساختگی در فرکانس ۴۰ مگاهرتز



شکل ۵: تفکیک سیگنال آشکارسازی شده از نویز محیطی

با این وجود اما اعمال شرط های مورد نظر بر روی داده های خروجی به صورت برخط و جداسازی دقیق تر نویز های محیطی از سیگنال های رادیویی پرتو های کیهانی نیازمند انجام فرآیند های بیشتر و برنامه نویسی های مناسب رایانه ای می باشد.