بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی زراعی

گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم

بررسی عوامل موثر بر انتقال محصولات کشاورزی در سیستم نوار نقاله با استفاده از سنسورهای خازنی

محمد طهماسبی

استاد راهنما:
دکتر رضا طباطبایی کلور

استاد مشاور:
دکتر جعفر هاشمی

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی

بهمن ماه ۹۲

تقدیم به:

همه کسانی که لحظه ای بعد انسانی و وجدانی خود را فراموش نمی کنند و بر آستان گران سنگ انسانیت سر فرود می آورند و انسان را با همه تفاوت هایش ارج می نهند.

سپاسگزاری

آن بی همتای بزرگ را می ستایم که همواره الطاف بی‌پایانش را بر من ارزانی دا شته ا ست . اکنون که به فضل خداوند منان مراحل تحقیق و نگارش این پایان‌نامه به اتمام ر سیده ا ست بر حسب وظیفه از تمام کسانی که با بذل عنایت خویش اینجانب را یاری نموده اند سپاسگزاری می‌نمایم.

از خانواده مهربان و فداکارم که یاری گر و پشتیبان همیشگی‌ام بودند و تا ابد مرهون لطفشان خواهم ماند، کمال تشکر و سپاس را دارم.

از ا ستاد راهنمای ارجمند، جناب آقای دکتر طباطبایی که همیشه مورد لطف و مرحمت ایشان بوده‌ام و اجرای این پایان‌نامه بدون راهنمایی‌ها و م ساعدت‌های فراوان ای شان می سر نبود صمیمانه ت شکر و قدردانی می‌نمایم.

از استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر هاشمی به خاطر کمک‌های فکری و راهنمایی‌های ارزنده خویش نهایت تقدیر و سپاسگزاری را دارم.

از خواهر سرکار خانم دکتر طهماسبی که در مراحل انجام پایان‌نامه از بنده را از راهنمایی های خویش مستفیذ نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

از جناب آقای مهندس فلاح و جناب آقای مهندس هادی پور به پاس هم‌فکری‌ها و مساعدت‌های بی‌دریغشان در انجام این پایان‌نامه صمیمانه سپاسگزارم.

در پایان از دوستان عزیزم آقایان محسن مهدیانی، مصطفی شریعتی، سعید اسماعیل‌پور، محمود مهرافروز، سهند سروری، عنایت عبداللهی، حمید فرامرزی و تمامی همکلاسی‌ها و دوستان خوب و مهربانم که ذکر نامشان در این مقال نمی‌گنجد به یاد خاطرات و همراهی صمیمانه‌شان کمال تقدیر و تشکر را دارم.

چکیده

در فرآیند پس از برداشت و صنایع تبدیلی وجود اطلاعات دقیق در مورد مقدار و خصوصیات مواد خام ورودی و محصول نهایی علاوه بر افزایش کیفیت محصول، موجب افزایش بهره‌وری اقتصادی می‌گردد. در این تحقیق، یک سامانه آزمایشگاهی متشکل از یک سیستم نوار نقاله و یک سیستم اندازه گیری خازنی طراحی شد. ارقام قائم و پژوهش شلتوک به عنوان ماده دی الکتریک در سه سطح سرعت پیشروی (۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ متر بر ثانیه)، چهار سطح رطوبتی (۱۳٪، ۱۶٪، ۱۹٪ و ۲۲٪ بر پایه خشک) و در پنج سطح جریان جرمی (۰/۸، ۱/۲، ۱/۶، ۲ و ۲/۴ کیلوگرم در ثانیه) بین صفحات یک خازن قرار گرفت و تغییرات ظرفیت ولتاژ خروجی حسگر در بسامد ۱۰۰ تا ۷۰۰ کیلوهرتز در سه تکرار در یک طرح فاکتوریل در قالب کاملا تصادفی بررسی شد. با استفاده از روابط بین ولتاژ خروجی از حسگر خازنی و ظرفیت آن، ولتاژ خروجی به ظرفیت حسگر تبدیل شد. نتایج حاصل نشان داد که اگر چه اثر سرعت حرکت نقاله تاثیر معناداری بر ولتاژ خروجی و ظرفیت حسگر دارد. اما با توجه به تفاوت غیرمعنی دار بین میانگین اثرات متقابل این عامل با عوامل دیگر به نظر می‌رسد که این عامل تاثیر چندانی بر دو صفت مورد بررسی ندارد. همچنین هر دو صفت ولتاژ خروجی و ظرفیت حسگر وابستگی نسبتا شدیدی به بسامد ولتاژ خروجی داشته اما واکنش این دو صفت به افزایش این عامل متفاوت بوده و در ولتاژ خروجی حسگر اثر افزایشی و در ظرفیت حسگر اثر کاهشی دارد. جریان جرمی، نسبت به دیگر عوامل بیشترین تاثیر را بر روی ولتاژ خروجی و ظرفیت حسگر داشته و افزایش این عامل همواره موجب افزایش این دو صفت می‌گردد. سطوح پایین محتوای رطوبتی تاثیر چندانی بر دو صفت ولتاژ خروجی و ظرفیت حسگر ندارد اما با افزایش رطوبت، مقادیر این دو صفت به صورت چشمگیری افزایش می‌یابد. در هر دو صفت در سطوح پایین رطوبت و جریان جرمی تفاوت چندانی بین ولتاژ خروجی حسگر در دو رقم مورد بررسی وجود ندارد اما با افزایش مقادیر این دو عامل، مقدار این صفت در رقم پژوهش با شدت بیشتری نسبت رقم قائم افزایش می‌یابد. بنابراین تاثیر نسبتا شدید عوامل مورد بررسی بر صفات مورد ارزیابی نشان می‌دهد که می‌توان از روش به عنوان یک روش سریع، آسان، دقیق و غیرمخرب به منظور اندازه‌گیری این عوامل استفاده نمود.

کلمات کلیدی : انتقال نقاله‌ای، حسگر خازنی، شلتوک، جریان جرم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه وهدف ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲-اهداف تحقیق ۳

بررسی منابع ۴

۲-۱-سیستم های اندازه گیری الکترونیک ۵

۲-۱-۱-مبدل ۵

۲-۱-۲-منبع تغذیه ۵

۲-۱-۳-هماهنگ کننده سیگنال ۶

۲-۱-۴-آمپلی فایرها ۶

۲-۱-۵-ثبات ها ۶

۲-۱-۶-مولد فرمان ۷

۲-۱-۷-کنترلرهای فرآیند ۷

۲-۲-کاربرد سیستم های اندازه گیری الکترونیک ۸

۲-۳- انتقال نقاله ای: ۸

۲-۴- خازن: ۹

۲-۴-۱- ظرفیت خازن ۱۰

۲-۵- دی الکتریک: ۱۱

۲-۷-سرعت: ۱۱

۲-۸-میزان رطوبت: ۱۱

۲-۸-۱-روش های اندازه گیری میزان رطوبت ۱۲
۲-۸-۱-۱-روش مستقیم ۱۲
۲-۸-۱-۲-روش غیر مستقیم..... ۱۲
۲-۹-جریان جرمی: ۱۴
۲-۹-۱-روش های اندازه گیری جریان جرمی..... ۱۵
۲-۱۱- مروری بر پژوهش های پیشین ۱۷
۲-۱۱-۱-اندازه گیری رطوبت ۱۸
۲-۱۱-۲-شدت جریان جرمی ۱۹
۲-۱۱-۳-کیفیت سنجی مواد غذایی ۲۱
مواد و روش ها..... ۲۲
۳-۱-مدار اندازه گیری و روابط..... ۲۳
۳-۲- طراحی و ساخت یک سیستم نقاله ای مدل ۲۵
۳-۳- حسگرهای خازنی ۲۵
۳-۴-سامانه اندازه گیری خازنی..... ۲۶
۳-۴-۱-منبع تغذیه ۲۶
۳-۴-۲-مولد موج ۲۷
۳-۴-۳-میکروکنترلر ۲۹
۳-۴-۴-قرائت ولتاژ خروجی از حسگر..... ۳۲
۳-۴-۵-تبدیل آنالوگ به دیجیتال..... ۳۲
۳-۴-۶-تبدیل سطح منطقی **TTL** به **RS-232**..... ۳۴
۳-۴-۷-ذخیره ولتاژ خروجی در رایانه..... ۳۵

۳-۴-۸- طرزکار دستگاه ۳۵
۳-۵-اندازه گیری خواص فیزیکی محصول ۳۶
۳-۶-ایجاد سطوح مختلف رطوبت ۳۸
۳-۷- ایجاد سطوح مختلف جریان جرمی ۳۸
۳-۸- ایجاد سطوح مختلف سرعت ۳۹
۳-۹-روش آزمایش ۴۰
۳-۱۱-تجزیه و تحلیل آماری ۴۰
نتایج و بحث ۴۱
۴-۱-تغییرات خواص فیزیکی ارقام مورد آزمایش ۴۲
۴-۱-۱-خواص ابعادی ۴۲
۴-۱-۲-وزن هزار دانه ۴۲
۴-۱-۳-چگالی ظاهری و حقیقی ۴۳
۴-۲- بررسی تاثیر عوامل مورد بررسی ۴۶
۴-۲-۱- اثر سرعت حرکت نقاله ۴۷
۴-۲-۲- اثر بسامد ولتاژ ورودی ۴۹
۴-۲-۳- اثر متقابل سرعت حرکت نقاله و بسامد ولتاژ ورودی ۵۰
۴-۲-۴- اثر جریان جرمی ۵۲
۴-۲-۵- اثر متقابل جریان جرمی و سرعت حرکت نقاله ۵۳
۴-۲-۶- اثر متقابل جریان جرمی و بسامد ولتاژ ورودی ۵۳
۴-۲-۷- اثر متقابل جریان جرمی و سرعت حرکت نقاله و بسامد ولتاژ ورودی ۵۵
۴-۲-۸- اثر رطوبت ۵۶

۴-۲-۹- اثر متقابل میزان رطوبت و سرعت حرکت نقاله ۵۸
۴-۲-۱۰- اثر متقابل میزان رطوبت و بسامد ولتاژ ورودی ۵۹
۴-۲-۱۱- اثر متقابل جریان جرمی و میزان رطوبت..... ۶۰
۴-۲-۱۲-اثر متقابل سرعت حرکت نقاله، بسامد ولتاژ ورودی و رطوبت ۶۱
۴-۲-۱۳-اثر متقابل جریان جرمی و مقدار رطوبت و سرعت حرکت نقاله..... ۶۲
۴-۲-۱۴-اثر متقابل جریان جرمی، میزان رطوبت و بسامد ولتاژ ورودی ۶۳
۴-۲-۱۵- اثر رقم ۶۳
۴-۲-۱۶-اثر متقابل سرعت و رقم..... ۶۴
۴-۲-۱۷-اثر متقابل بسامد ولتاژ ورودی و رقم..... ۶۵
۴-۲-۱۸- اثر متقابل جریان جرمی و رقم ۶۶
۴-۲-۱۹- اثر متقابل رطوبت و رقم..... ۶۸
۴-۲-۲۰- اثر متقابل سرعت حرکت نقاله، بسامد ولتاژ ورودی و رقم ۶۹
۴-۲-۲۱- اثر متقابل سرعت حرکت نقاله، جریان جرمی و رقم..... ۶۹
۴-۲-۲۲- اثر متقابل سرعت حرکت نقاله، میزان رطوبت محصول و رقم..... ۶۹
۴-۲-۲۳- اثر متقابل بسامد ولتاژ ورودی، جریان جرمی و رقم ۷۰
۴-۲-۲۴- اثر متقابل بسامد ولتاژ ورودی، رطوبت و رقم..... ۷۰
۴-۲-۲۵- اثر متقابل جریان جرمی، رطوبت و رقم ۷۱
نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۲
۵-۱-نتیجه گیری..... ۷۳
۵-۲-پیشنهادات ۷۴
منابع ۷۵

پیوست ۸۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

بررسی منابع

شکل ۲- ۱ : دیاگرام بلوکی یک سیستم اندازهگیری الکترونیکی ۵

شکل ۲- ۲ : خازن در یک مدار الکتریکی..... ۱۰

مواد و روش ها

شکل ۳- ۱ : حسگر خازنی به صورت شماتیک ۲۳

شکل ۳- ۲: شماتیک ساده ای از یک حسگر خازنی ۲۴

شکل ۳- ۳ : نوار نقاله طراحی شده ۲۵

شکل ۳- ۴ : صفحات حسگر خازنی طراحی شده ۲۶

شکل ۳- ۵ : مدار منبع تغذیه..... ۲۷

شکل ۳- ۶ : مدار تولید سیگنال سینوسی..... ۲۸

شکل ۳- ۷ : میکروکنترلر ATmega8..... ۳۰

شکل ۳- ۸ : مدار تبدیل AC به DC..... ۳۲

شکل ۳- ۹ : اجزای واحد ADC یک میکروکنترلر AVR..... ۳۳

شکل ۳- ۱۰ : مدار تبدیل منطقی TTL به RS-232 ..... ۳۴

شکل ۳- ۱۱ : سامانه طراحی شده در حین انجام آزمایش..... ۳۶

شکل ۳- ۱۲ : مخزن طراحی شده به منظور توزیع یکنواخت و ثابت شلتوک بر روی نوار نقاله ۳۹

نتایج و بحث

شکل ۴- ۱ : تاثیر سرعت حرکت نقاله بر ولتاژ خروجی حسگر خازنی ۴۸

شکل ۴- ۲ : تاثیر سرعت حرکت نقاله بر ظرفیت حسگر خازنی..... ۴۸

شکل ۴- ۳ : تغییرات ولتاژ خروجی حسگر در اثر تغییر بسامد ولتاژ ورودی آن..... ۴۹

شکل ۴- ۴ : تغییرات ظرفیت حسگر در اثر تغییرات بسامد ولتاژ ورودی آن..... ۵۰

شکل ۴- ۵ : نمودار اثر متقابل سرعت حرکت نقاله و بسامد ولتاژ ورودی بر ولتاژ خروجی حسگر..... ۵۱

شکل ۴- ۶ : نمودار اثر متقابل سرعت حرکت نقاله و بسامد ولتاژ ورودی بر ظرفیت حسگر ۵۱

شکل ۴- ۷ : نمودار تغییرات ولتاژ خروجی حسگر در اثر تغییرات جریان جرمی عبوری از بین صفحات آن ۵۲

شکل ۴- ۸ : نمودار تغییرات ظرفیت حسگر در اثر تغییرات جریان جرمی عبوری از بین صفحات آن ۵۳

شکل ۴- ۹ : نمودار اثر متقابل میزان جریان جرمی عبوری و بسامد ولتاژ ورودی بر ولتاژ خروجی حسگر ۵۴

شکل ۴- ۱۰: نمودار اثر متقابل میزان جریان جرمی عبوری و بسامد ولتاژ ورودی بر ظرفیت حسگر ۵۵

شکل ۴- ۱۱: تاثیر محتوای رطوبتی نمونه ها در ولتاژ خروجی (الف) و ظرفیت حسگر (ب) ۵۷

شکل ۴- ۱۲ : نمودار اثر سرعت حرکت نقاله و محتوای رطوبتی محصول بر ظرفیت حسگر..... ۵۸

شکل ۴- ۱۳ : نمودار اثر سرعت حرکت نقاله و محتوای رطوبتی محصول بر ولتاژ خروجی حسگر ۵۸

شکل ۴- ۱۴ : نمودار اثر محتوای رطوبتی محصول و بسامد ولتاژ ورودی بر ولتاژ خروجی حسگر ۵۹

شکل ۴- ۱۵ : نمودار اثر محتوای رطوبتی محصول و بسامد ولتاژ ورودی بر ظرفیت حسگر ۶۰

شکل ۴- ۱۶ : نمودار اثر محتوای رطوبتی محصول و جریان جرمی بر ظرفیت خروجی حسگر ۶۱

شکل ۴- ۱۷ : نمودار اثر محتوای رطوبتی محصول و جریان جرمی بر ولتاژ خروجی حسگر..... ۶۱

شکل ۴- ۱۸ : تاثیر رقم بر ولتاژ خروجی حسگر (الف) و ظرفیت حسگر (ب) ۶۴

شکل ۴- ۱۹ : نمودار اثر سرعت حرکت نقاله و رقم بر ظرفیت خروجی حسگر ۶۵

شکل ۴- ۲۰ : نمودار اثر سرعت حرکت نقاله و رقم بر ولتاژ خروجی حسگر ۶۵

شکل ۴- ۲۱ : نمودار اثر بسامد ولتاژ ورودی و رقم بر ظرفیت حسگر ۶۶

شکل ۴- ۲۲ : نمودار اثر بسامد ولتاژ ورودی و رقم بر ولتاژ خروجی حسگر ۶۶

شکل ۴- ۲۳ : نمودار اثر جریان جرمی و رقم بر ولتاژ خروجی حسگر..... ۶۷

شکل ۴- ۲۴ : نمودار اثر جریان جرمی و رقم بر ظرفیت حسگر..... ۶۷

شکل ۴- ۲۵ : نمودار اثر محتوای رطوبتی و رقم بر ظرفیت حسگر ۶۸

شکل ۴- ۲۶ : نمودار اثر محتوای رطوبتی و رقم بر ولتاژ خروجی حسگر ۶۸

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

مواد و روش ها

جدول ۳- ۱: مشخصات تراشه XR-2206 ..... ۲۷

جدول ۳- ۲: وظایف پایه های XR-2206 ..... ۲۸

جدول ۳- ۳: پایه های میکروکنترلر ATmega8 ..... ۳۱

نتایج و بحث

جدول ۴ - ۱: جدول تجزیه واریانس خواص فیزیکی نمونه ۴۴

جدول ۴ - ۲: مقایسه میانگین مقادیر خواص فیزیکی ۴۵

جدول ۴ - ۳: جدول تجزیه واریانس عوامل مورد ۴۶

جدول ۴ - ۴ : مقایسه میانگین اثرات عوامل اصلی ۴۷

فصل اول

مقدمه و هدف

۱–۱–مقدمه

امروزه علی رغم پیشرفت‌های تحقیقاتی و تکنولوژیکی در کشورهای در حال توسعه بازده محصولات کشاورزی ناکافی و رو به کاهش و روند افزایش جمعیت آنها فراتر از ظرفیت تولید مواد غذایی است. یکی از چالش های مهم این کشورها بحث امنیت غذایی جامعه بوده و برای دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است. از این رو استفاده از فن آوری های نوین در تولید و فرآوری مواد غذایی امری اجتناب ناپذیر است. با توجه به پیشرفت‌های چشم‌گیر علم الکترونیک و رایانه و ارتباط روز افزون این علم با سایر علوم، عرصه‌های نوین و گسترده‌ای برای تلاش و ایجاد تحول فراروی بشر قرار گرفته است. از جمله این تحولات می توان به بکارگیری کامپیوتر و الکترونیک در فناوری پس از برداشت اشاره نمود. بکارگیری این فن آوری در فناوری پس از برداشت و صنایع تبدیلی منجر به دستیابی به اطلاعات دقیق در مورد مقدار و خصوصیات مواد خام ورودی و محصول نهایی می‌گردد. وجود این اطلاعات علاوه بر افزایش کمیت و کیفیت محصول، موجب افزایش بهره‌وری اقتصادی واحد تولیدی نیز می‌گردد.

یکی از روش‌ها در جهت دست‌یابی به اهداف فوق استفاده از حسگرها هستند که به وسیله آن‌ها پارامترهای مختلف محیطی و محصول اندازه گرفته می‌شوند. اما اغلب حسگرهای مختلفی که تاکنون ابداع شده اند یا تاثیرات مخربی بر روی بافت محصول دارند و یا به علت پیچیدگی و هزینه بالا، امکان استفاده از آن‌ها به صورت تجاری وجود ندارد. بنابراین باید به دنبال روشی غیر مخرب، ارزان وساده بود؛ حسگرهای خازنی از این نظر ایده‌آل به نظر می‌رسد. عملکرد حسگرهای خازنی براساس این واقعیت که ثابت دی الکتریک مخلوط هوا و مواد بین دو صفحه موازی، با تغییر در مقدار و خصوصیات مواد تغییر می یابد و موجب تغییر در مقدار بار ذخیره شده بر روی این صفحات می‌گردد. حسگر خازنی چندین مزیت دارد: بدون تماس بوده و تاثیر مخربی بر روی محصول ندارد، با هر محصول هدفی می‌تواند

به کار برده شود و می‌تواند با هزینه اندک برای اندازه‌گیری طیف وسیعی از خواص محصول به کاربرد شود.

۱-۲-اهداف تحقیق

در این تحقیق سیستمی برای تعیین برخی عوامل موثر بر انتقال محصولات کشاورزی به وسیله سیستم نقاله‌ای با استفاده تکنیک خازنی طراحی و مورد ارزیابی قرار گرفت. اهداف تحقیق عبارتند از:

۱- بررسی اثر تغییر نوع رقم بر تغییر ولتاژ خروجی و ظرفیت حسگر خازنی

۲- بررسی اثر تغییر مقدار رطوبت شلتوک بر تغییر ولتاژ خروجی و ظرفیت حسگر خازنی

۳- بررسی اثر تغییر سرعت حرکت نوار نقاله بر تغییر ولتاژ خروجی و ظرفیت حسگر خازنی

۴- بررسی اثر میزان جریان جرمی محصول بر تغییر ولتاژ خروجی و ظرفیت حسگر خازنی

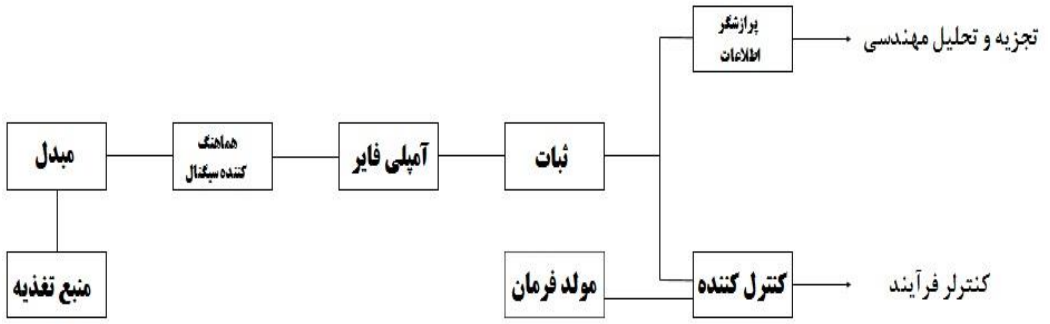
۵- بررسی اثر بسامد ولتاژ ورودی بر ولتاژ خروجی و ظرفیت حسگر خازنی

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱-سیستم های اندازه‌گیری الکترونیک

یک سیستم اندازه‌گیری الکترونیکی معمولا شامل حداقل شش زیرمجموعه از هشت زیر مجموعه نشان داده شده در شکل ۲-۱ می‌باشد.



شکل ۲- ۱ : *دیاگرام بلوکی یک سیستم اندازه‌گیری الکترونیکی*

۲-۱-۱-مبدل

یک ابزار آنالوگ که تغییرات یک کمیت مکانیکی یا حرارتی را به تغییرات الکتریکی تبدیل می‌کند. برای مثال، یک حسگر کرنش سنج نصب شده یر روی یک نمونه عنصر، تغییرات کرنش را به تغییرات مقاومت الکتریکی تبدیل می‌کنند. تغییر در مقاومت را به راحتی می‌توان به تغییر در ولتاژ تبدیل کرد که این تغییرات به سادگی و با دقت بالا قابل اندازه‌گیری می‌باشد. از آنجا که ولتاژ با کرنش رابطه مستقیم دارد، کرنش حس شده توسط مبدل را در صورتی که سیستم اندازه‌گیری درست تنظیم شده باشد، قایل تعیین است.

۲-۱-۲-منبع تغذیه

منبع تغذیه انرژی لازم را برای تحریک مبدل فراهم می‌کند. برای مثال، یک تراسفورماتور تفاضلی که خود مبدلی برای اندازه‌گیری جابه‌جایی است، نیاز به یک ولتاژ ac برای تحریک دو سیم‌پیچ حسگر

خود جهت تولید یک میدان مغناطیسی ناهمگن دارد. منابع تغذیه‌ای چون منبع ولتاژ ثابت dc و منبع جریان ثابت dc و منبه ولتاژ ac انتخاب می‌شوند تا نیاز مبدل‌های به کاربرده شده را تامین نمایند.

۲-۱-۳-هماهنگ کننده سیگنال

مدارهای الکترونیکی هستند که وظیفه تبدیل، تعدیل و تغییر خروجی مبدل را به عهده دارند تا به صورت یک خروجی الکتریکی قابل استفاده درآیند. پل وتسون که با حسگر کرنش‌سنج به کار می‌رود، تغییرات مقاومت را به تغییرات ولتاژ تبدیل می‌کند. فیلترها، جبران کننده ها، میزان کننده های کاهشی یا افزایشی، انتگرال گیرها و مشتق‌گیرها مثال‌هایی از مدارهای هماهنگ کننده سیگنال هستند که در سیستم های اندازه‌گیری الکترونیکی کاربرد دارند.

۲-۱-۴-آمپلی فایرها

آمپلی فایرها در شرایطی مورد نیاز سیستم هستندکه ولتاژ خروجی مجموعه مبدل و مدار هماهنگ کننده سیگنال کوچک و ناچیز است. سیگنال‌های خروجی با مقیاس میلی ولت یا کمتر فراوان هستند. آمپلی فایرها با ضریب بهره ۱۰ تا ۱۰۰۰ بکار می‌روند تا سیگنال‌ها را تقویت کرده (بین ۰ تا ۱۰ ولت) به نحوی که قابل اندازه‌گیری با وسایل اندازه‌گیری ولتاژ در سیستم باشند.

۲-۱-۵-ثبات‌ها

وسائل اندازه‌گیری ولتاژ هستند که برای نمایش مقادیر اندازه‌گیری شده به صورت قابل تفسیر استفاده می شوند. ثبات‌ها ممکن است آنالوگ یا دیجیتال باشند. ولتاژ خروجی آمپلی‌فایرها، یک سیگنال آنالوگ است که به عنوان ورودی ثبات به کار برده می‌شوند. ثبات‌های آنالوگ، مثل اسیلوسکوپ‌ها، اسیلوگراف‌ها و ثبات‌های مغناطیسی، سیگنال‌های آنالوگ را نمایش یا ذخیره می‌کنند. ثبات‌های

دیجیتال، یک ورودی آنالوگ را دریافت نموده و سپس آن‌ها را به کدهای دیجیتال تبدیل و یا به صورت آرایه عددی نمایش می‌دهد و یا به صورت مغناطیسی ضبط می‌کنند.

با استفاده از مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال در سیستم‌های اندازه‌گیری، پردازنده‌های داده، خروجی سیگنال را به صورت کدهای دیجیتال ارائه می‌کنند. پردازش کننده‌ها معمولا میکروکامپیوتر-هایی هستند که ورودی دیجیتال را دریافت و سپس محاسباتی متناسب با دستورالعمل‌هایی که از قبل برنامه‌ریزی شده را ارائه می دهند. خروجی پردازنده به صورت منحنی یا جدول نماش داده می‌شوند که نتایج حاصل از مطالعات تجربی می‌باشند.

۲-۱-۶-مولد فرمان

وسیله ای است که در فرآیند، تامین کننده ولتاژ کنترلر شده‌ای است که بیانگر تغییرات یک پارامتر مهم (معمولا نسبت به زمان) می‌باشد. به عنوان مثال، منحنی دما-زمان یک کوره حرارتی بایستی در هنگام تولید پلاستیک کنترلر شوند. به عبارت دیگر مولد فرمان، یک سیگنال ولتاژ-زمان که متناسب با منحنی دما-زمان است را برای کوره حرارتی تامین می‌کند.

۲-۱-۷-کنترلرهای فرآیند

به منظور کنترلر و تنظیم کمیتی که باید در یک مقدار خاصی باقی بماند تا ماده و یا محصولی را در یک فرآیند کنترل شده تولید کند، به کار برده می‌شوند. سیگنال خروجی از سیستم اندازه‌گیری با سیگنال فرمان مقایسه می شود. سپس کنترل کننده، فرآیند هر دو سیگنال فرمان و اندازه‌گیری شده را دریافت و پس از مقایسه، تفاوت آن‌ها را به عنوان سیگنال خطا اعلام می‌کند. این سیگنال خطا سپس برای تنظیم خودکار فرآیند استفاده می‌شود.