



新トポロジーACDCコンバータのMBD手法を用いた開発事例

2020年10月1日

ローム株式会社

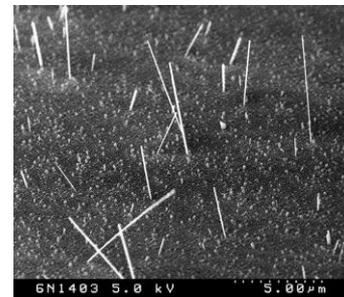
LSI事業本部 回路技術開発部 モデルベース開発グループ

浜地健次

- 自己紹介
- ローム株式会社の紹介
- 新トポロジー共振PFC
- アイデアを Simulink® で仕様設計/仕様検証
- Simscape™ で実機レベルの回路設計/回路検証
- 実証ボードの製作、評価

- 浜地健次（はまちけんじ）
- ローム株式会社
LSI事業本部 回路技術開発部 モデルベース開発G
- 大学では機械工学を専攻、研究室は物性物理、ナノワイヤを研究
- ロームに新卒入社して12年目
入社から10年は、医療機器の設計開発、製造、修理を担当
5年前から小信号ICの設計開発

今は、モデルベース開発の推進、展開に専念



企業目的

われわれは、つねに品質を第一とする。

いかなる困難があろうとも、良い商品を国の内外へ永続かつ大量に供給し、
文化の進歩向上に貢献することを目的とする。

設立年月日	1958年9月17日
資本金	86,969百万円（2020年3月31日現在）
代表者	代表取締役社長 / 松本 功
売上高	362,885百万円（2020年3月期）
従業員数	22,191人（2020年3月31日現在）
グループ会社	国内：10社 海外：33社（2020年3月31日現在）



品質を第一に

品質

開発から製造、販売にいたるまで、
全てのプロセスで品質を高める活動に
取り組んでいます。

内製フォトマスク

原材料の
こだわり



Silicon Ingot



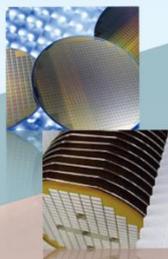
CAD



Photo
Mask



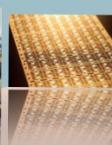
Wafer Process



Die



Frame

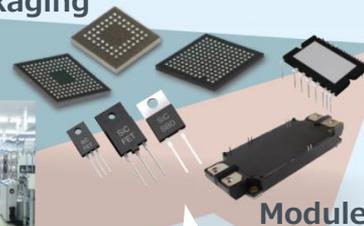


内製金型・リードフレーム

Packaging



Assembly Line



Module

最先端パッケージ

SiCrystal
A ROHM Group Company

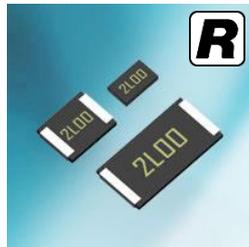
シリコン Si
シリコン SiC
カーバイド

生産システムを自社で
開発し、お客様のニーズに
きめ細かくお応えしています。

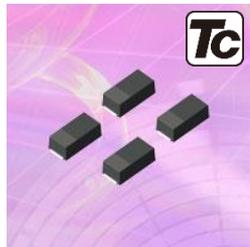


商品ラインアップ

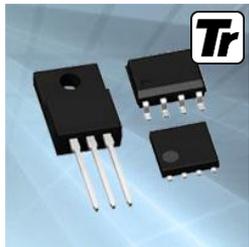
抵抗



タンタル
コンデンサ



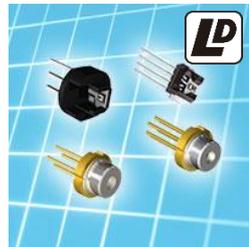
トランジスタ



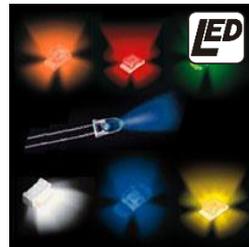
ダイオード



レーザー
ダイオード



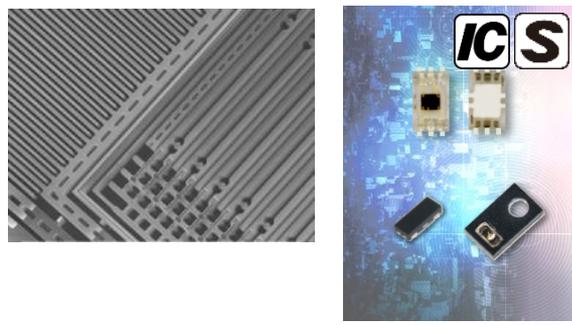
LED



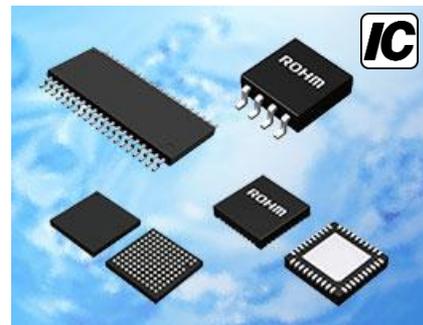
パワー半導体



センサラインアップ



LSI



Power

Analog

Standard Products

電源コア技術 Nanoシリーズ



ナノパルスコントロール
Nano Pulse Control™

ナノエネルギー
Nano Energy™

世界
最速

超高速パルス制御技術

9nsスイッチング
60V電源を一気に2.5Vへ降圧

世界
最小

超低消費電流技術

一般の構成



新製品の構成



マイルドハイブリット車の
電源基板小型化に貢献

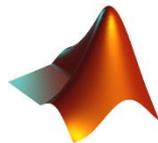


ウェアラブルやIoTセンサの
長期使用が可能

モデルベースといえばローム！！

- モデルベース開発グループ

- MBD環境を構築
(MATLAB[®] , Simulink[®] + アナログ設計環境)



- モータ/電源(パワエレ)/センサ の各分野でのモデリング技術の開発
- MBD手法導入と活用推進

- 自己紹介
- ローム株式会社の紹介
- 新トポロジ-共振PFC
- アイデアを Simulink® で仕様設計/仕様検証
- Simscape™ で実機レベルの回路設計/回路検証
- 実証ボードの製作、評価

● ACDC

➤ ダイオードブリッジレス
全波整流
--> 損失小

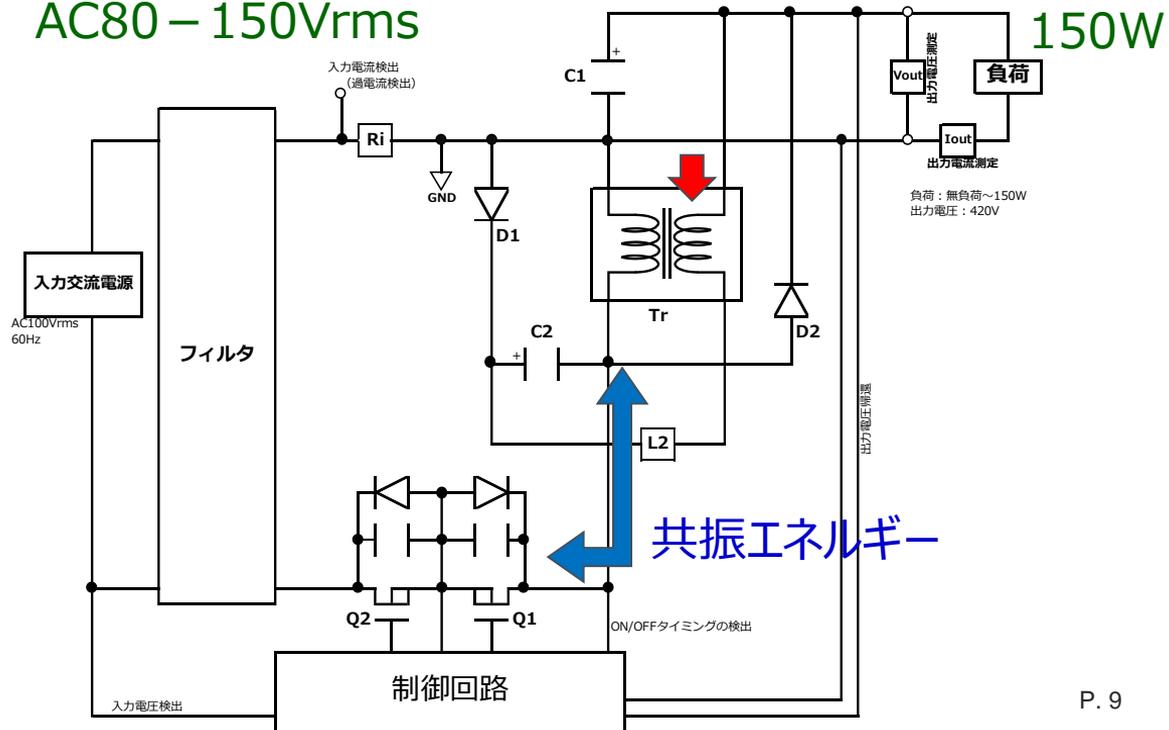
➤ コイル(赤矢印)をうまく活用
--> 全波整流

➤ LC共振エネルギーを
無駄なく利用
--> 効率

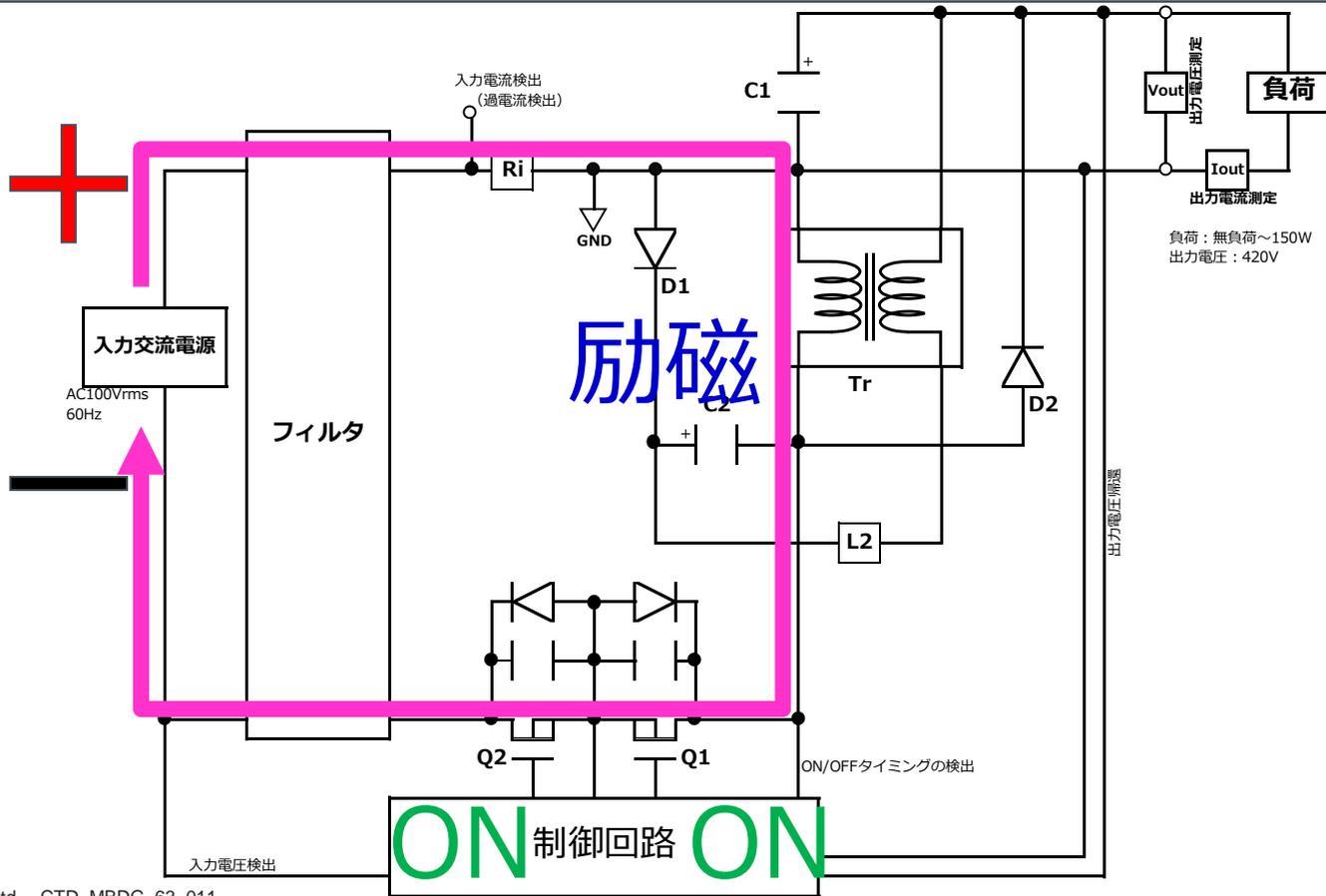
➤ 汎用部品で構成

入力 :
AC80 – 150Vrms

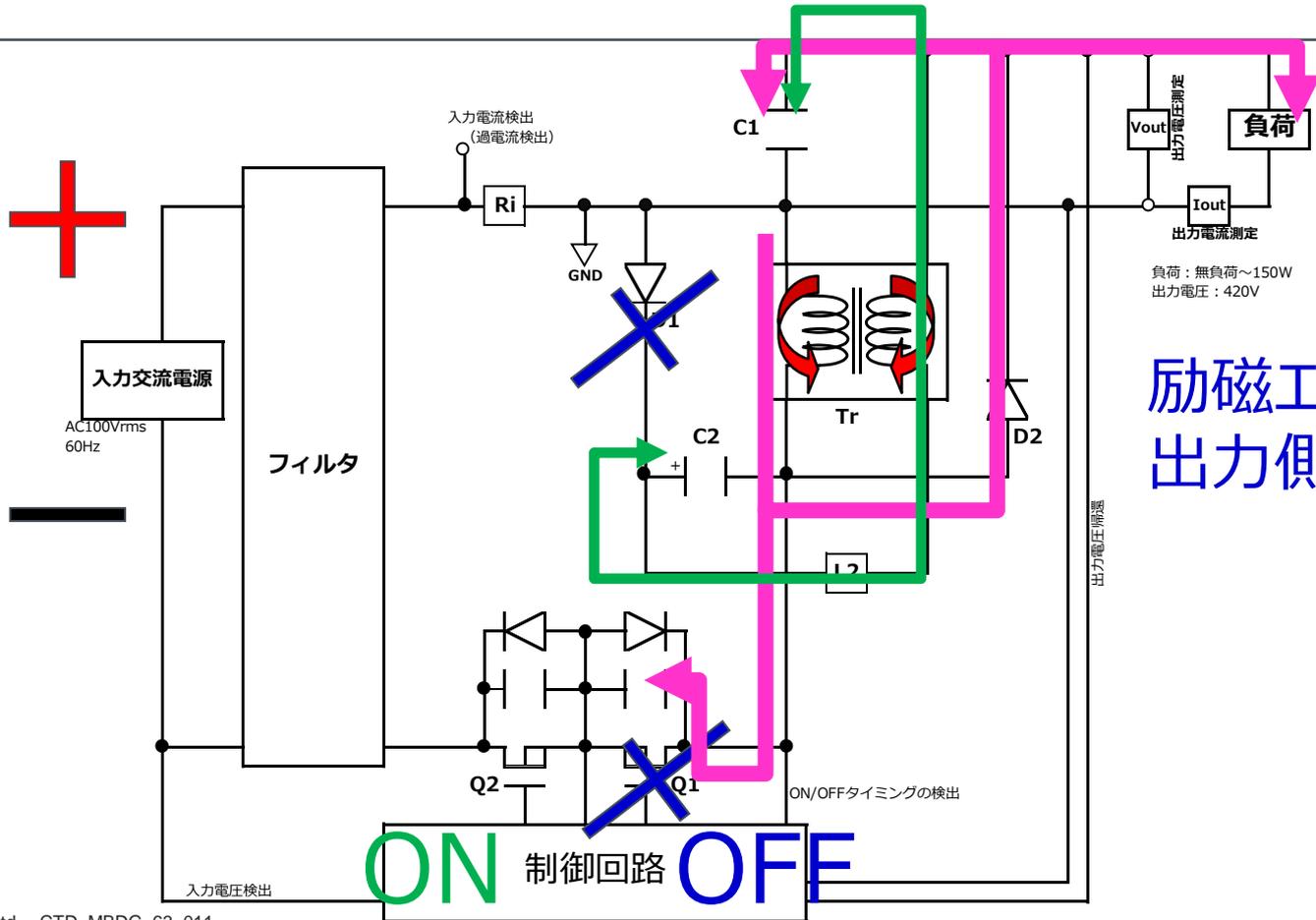
出力 : DC420V
150W



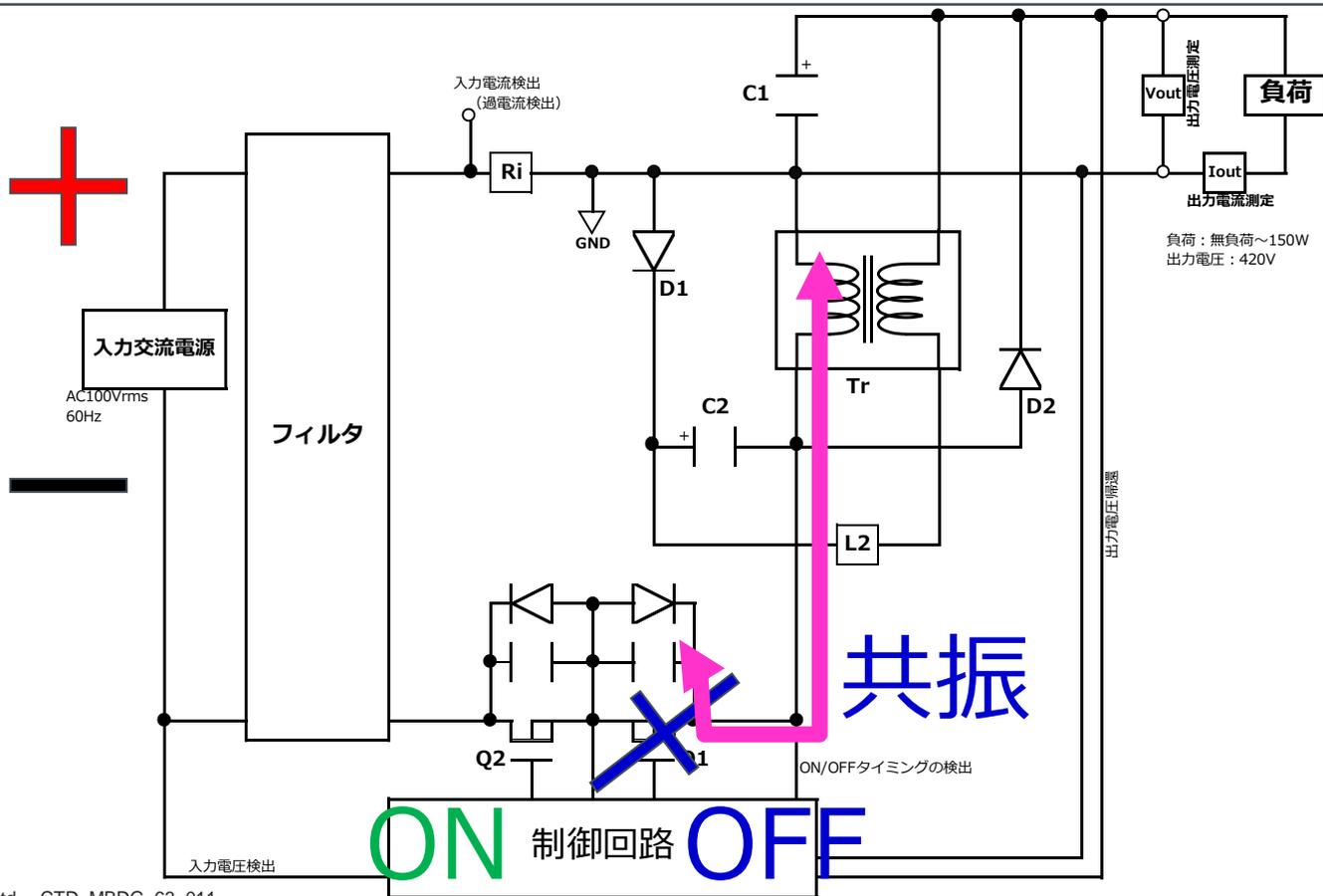
新トポロジー共振PFC



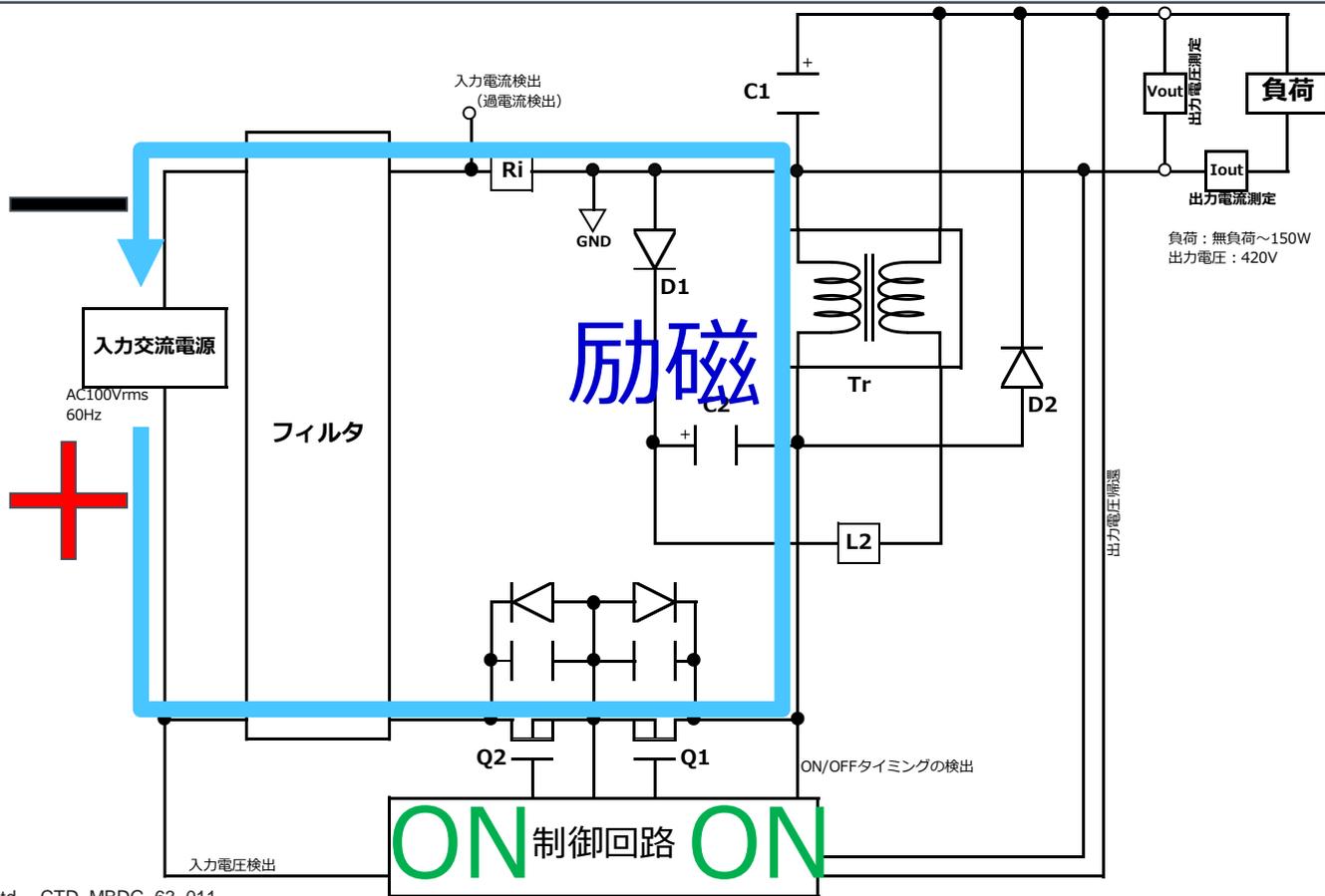
新トポロジー共振PFC



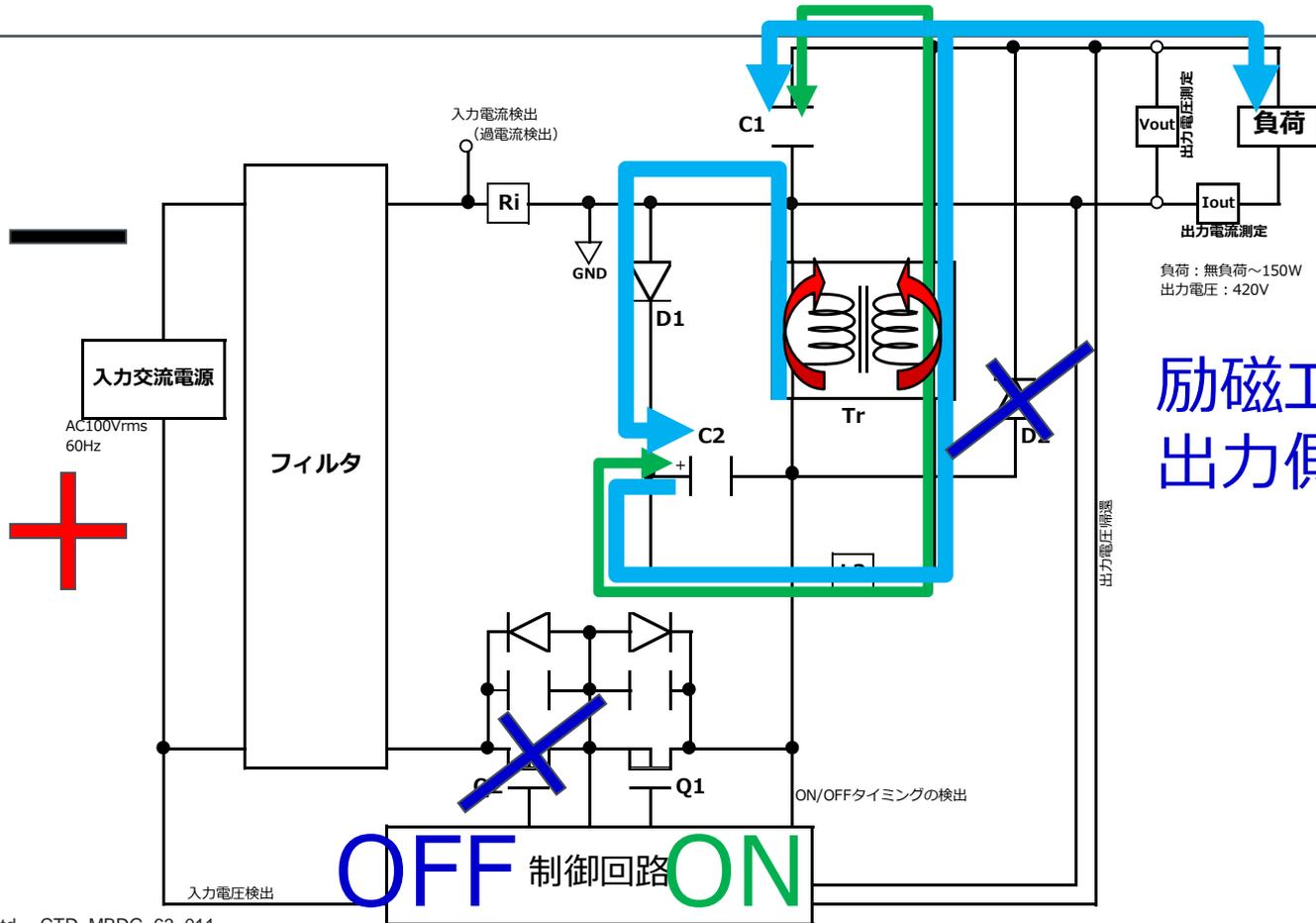
新トポロジー共振PFC



新トポロジー共振PFC

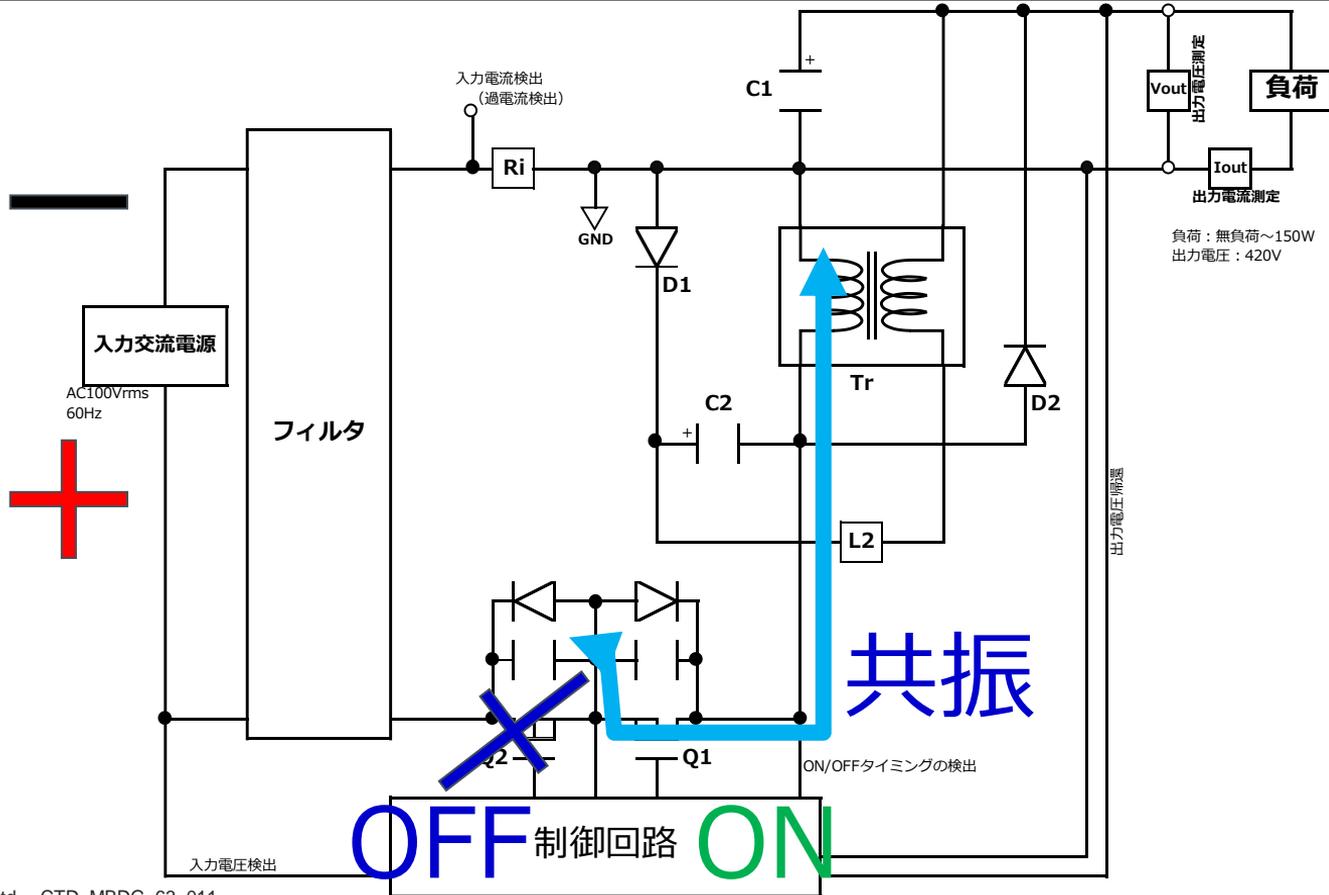


新トポロジー共振PFC

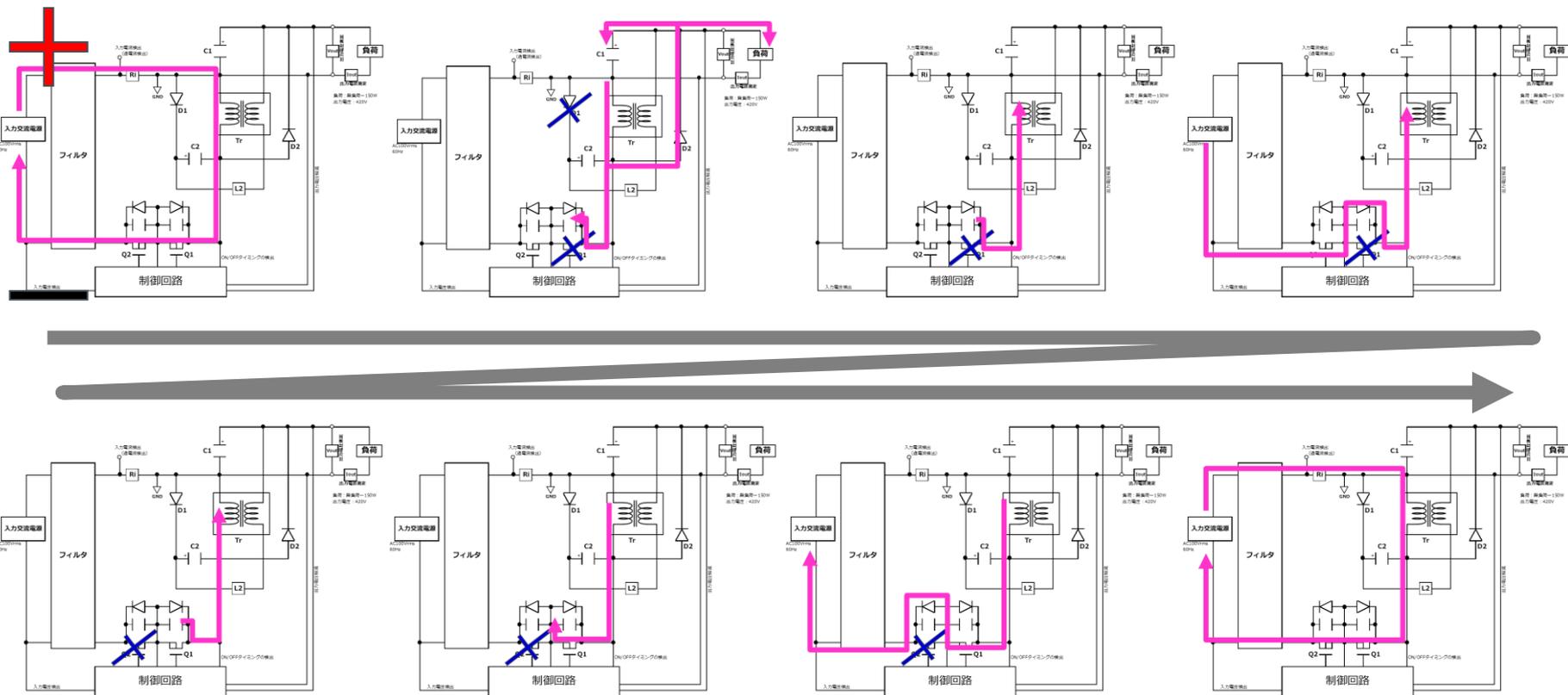


励磁エネルギーを
出力側へ送る

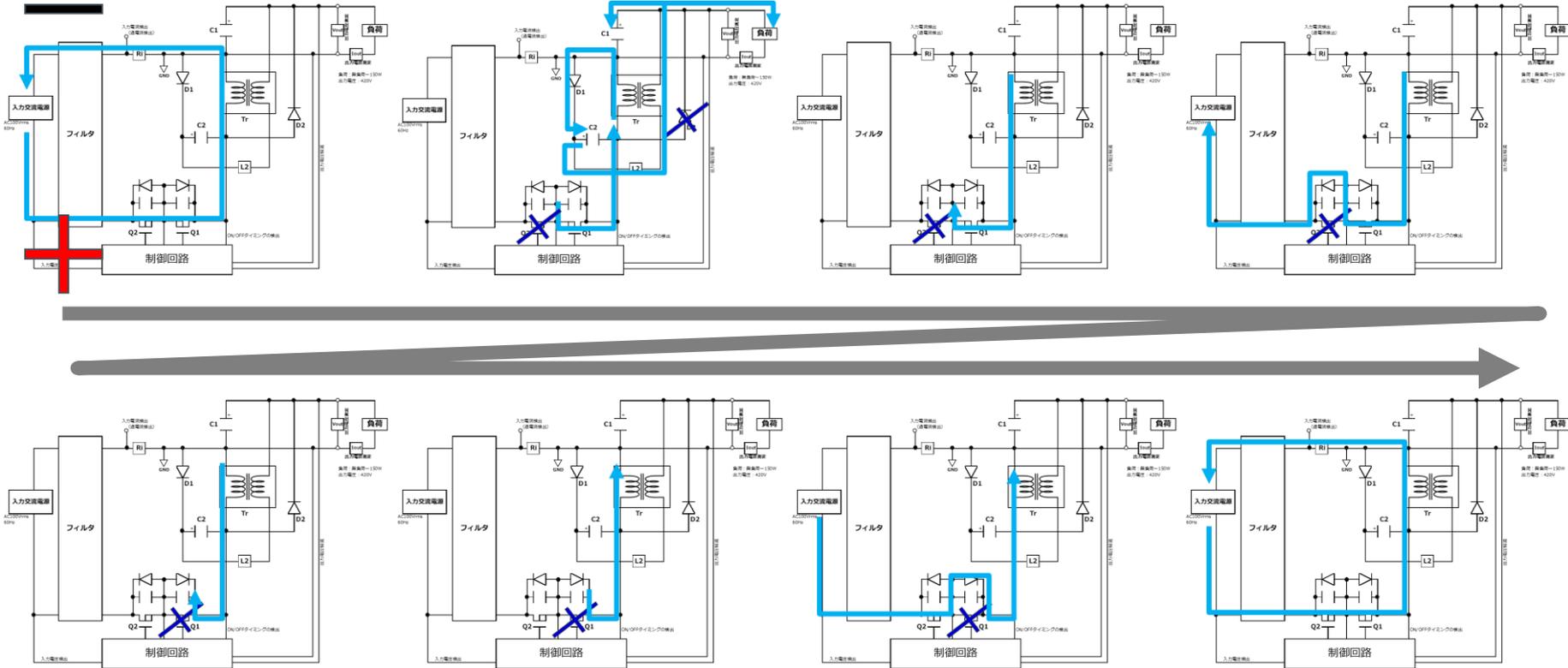
新トポロジー共振PFC



回路動作



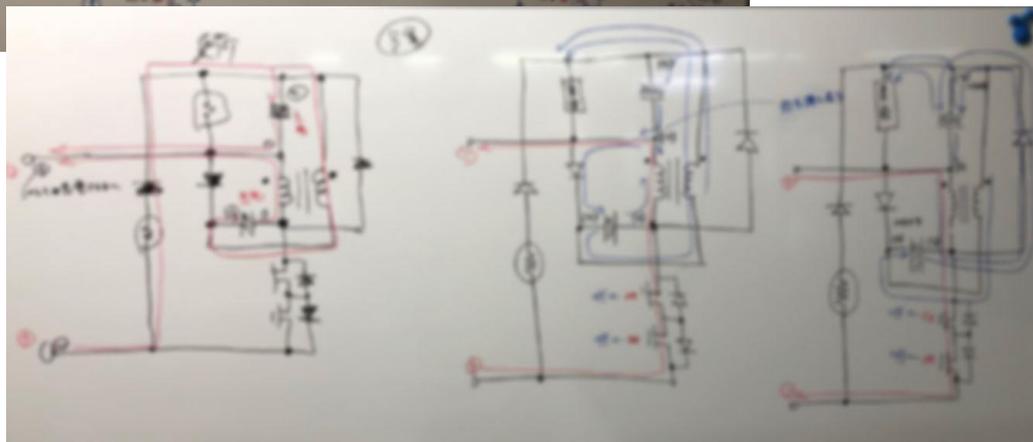
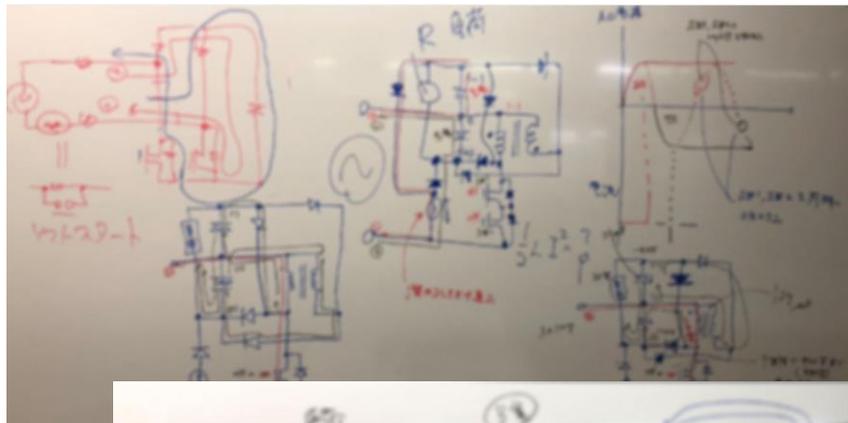
回路動作



- 自己紹介
- ローム株式会社の紹介
- 新トポロジー共振PFC
- アイデアを Simulink® で仕様設計/仕様検証
- Simscape™ で実機レベルの回路設計/回路検証
- 実証ボードの製作、評価

はじめのアイデア

- ターゲット
 - ACDC
 - フルブリッジ整流を使わない
 - ノイズ少なく、高効率
- 良いアイデア！
 - でも正しいかなあ・・・
 - 部品もいつもと違うよなあ・・・
- 420V – 1000V の高電圧！！
 - 回路ミス・・・してたら・・・
 - 発火！？ こわい・・・



新トポロジー共振PFCの技術検証、実証

- ロームで考えた高効率を実現する新しい一次電源トポロジー

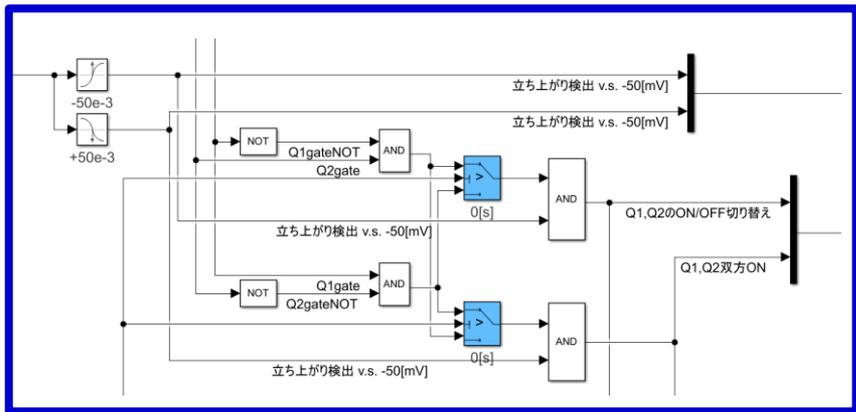


アイデア --> Simulink® で仕様設計

● 仕様設計

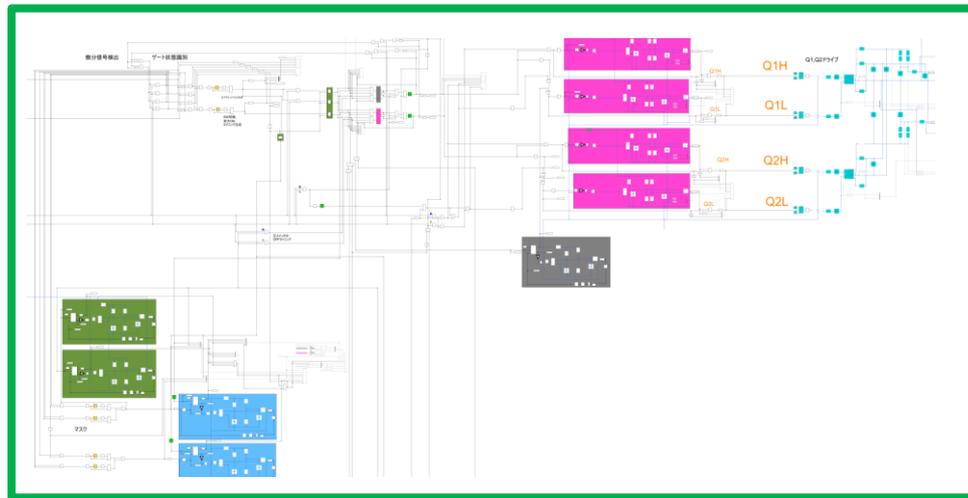
- Simulink®
- Simscape™, Simscape Electrical™

Simulink® の原理確認レベルのモデル



数ブロック

同じ部分の回路全体動作確認時のモデル

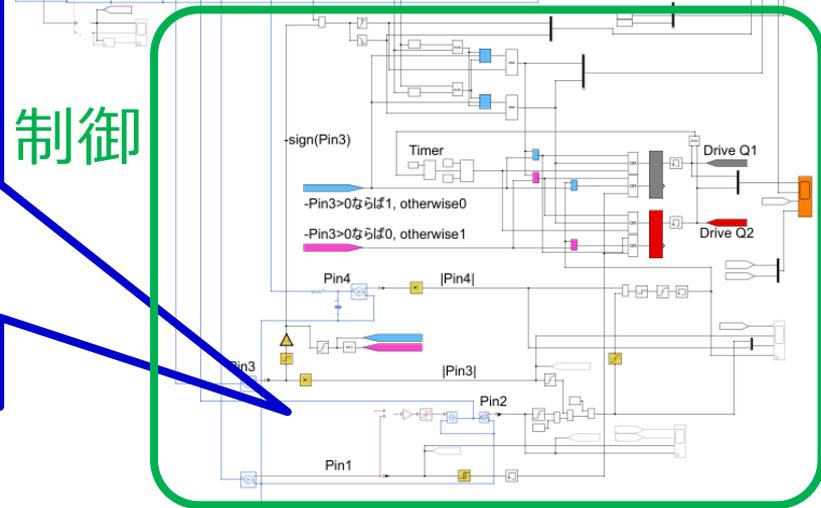
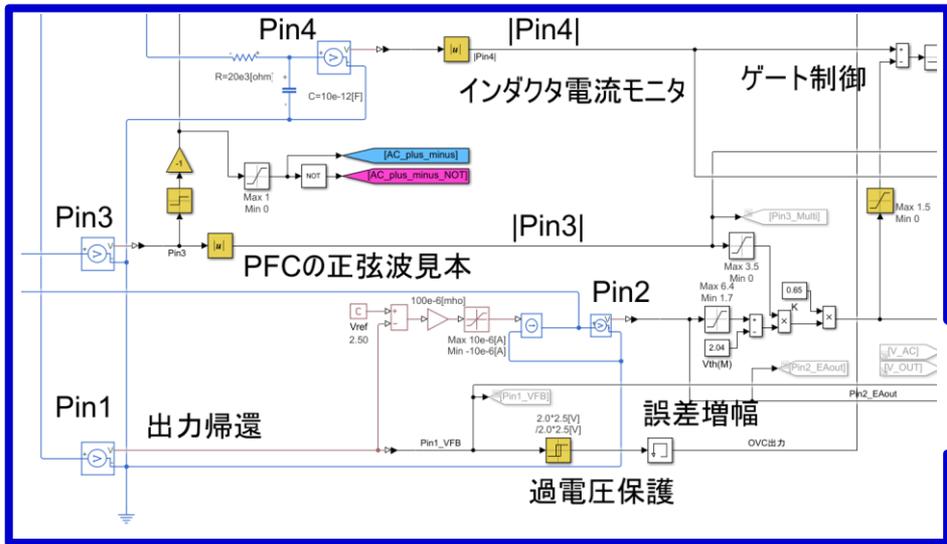
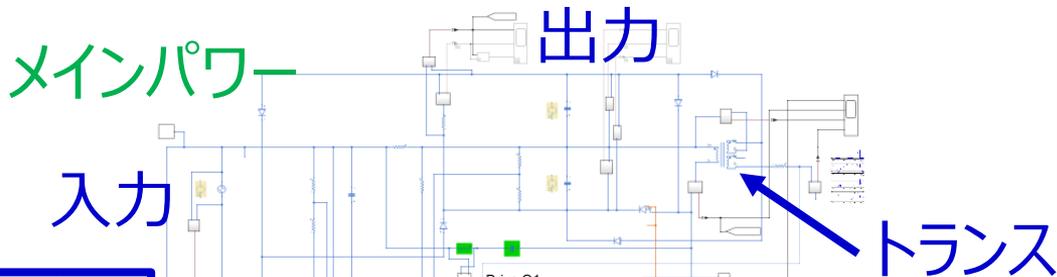


数百ブロック

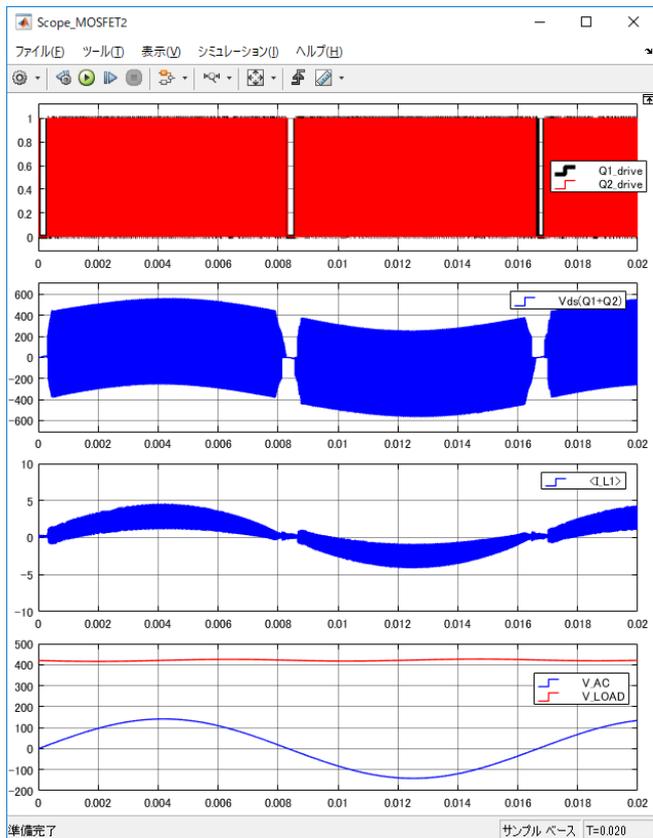
アイデア --> Simulink® で仕様設計

● 仕様設計

- Simulink®
- Simscape Electrical™



出力帰還と PFC(力率改善)



メインパワー

FET 2個の
ゲート信号

トランスと
FET間の電位

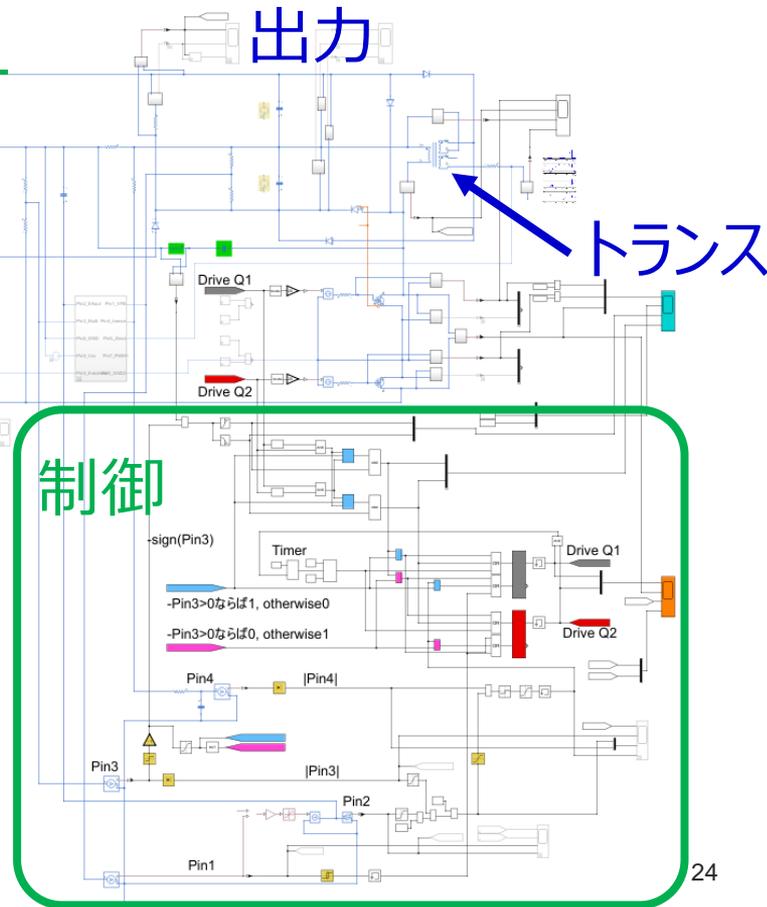
インダクタ電流

出力 DC420V

入力 AC100Vrms

出力

トランス



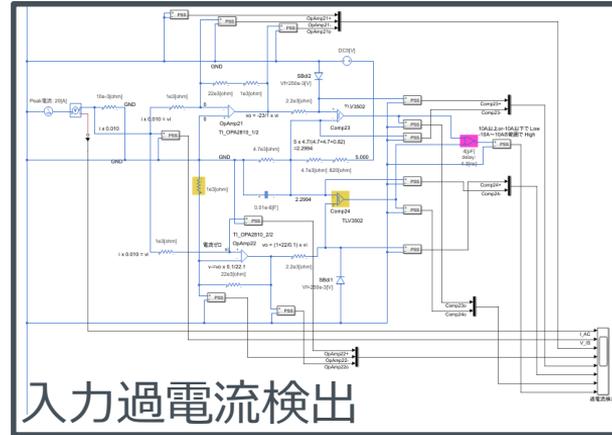
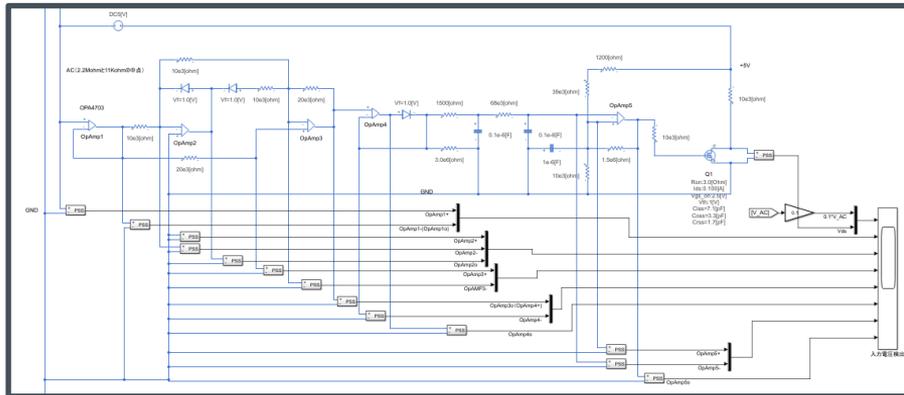
- 自己紹介
- ローム株式会社の紹介
- 新トポロジー共振PFC
- アイデアを Simulink® で仕様設計/仕様検証
- **Simscape™ で実機レベルの回路設計/回路検証**
- 実証ボードの製作、評価

Simulink® --> Simscape™ で回路設計

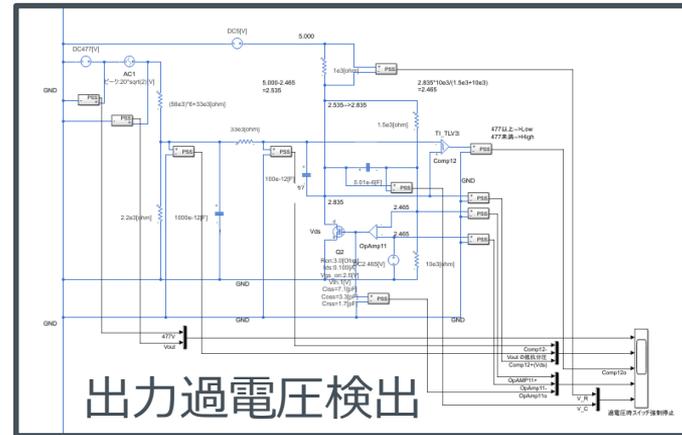
● 回路設計

- Simulink® モデルを Simscape™ モデル(回路部品)に
- 機能要素ごとに回路 fix

入力電圧極性検出



入力過電流検出



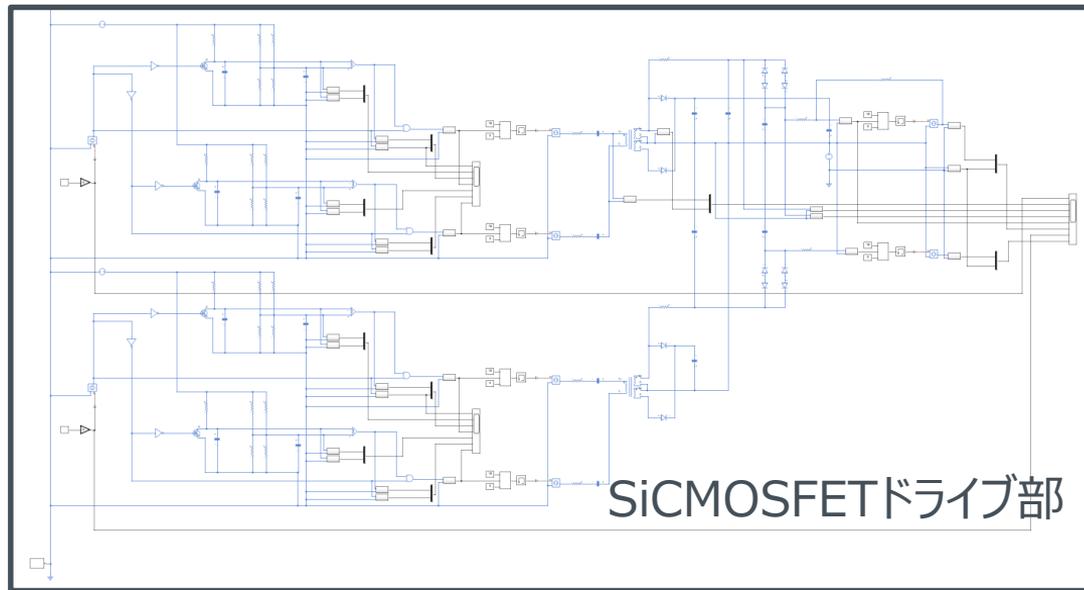
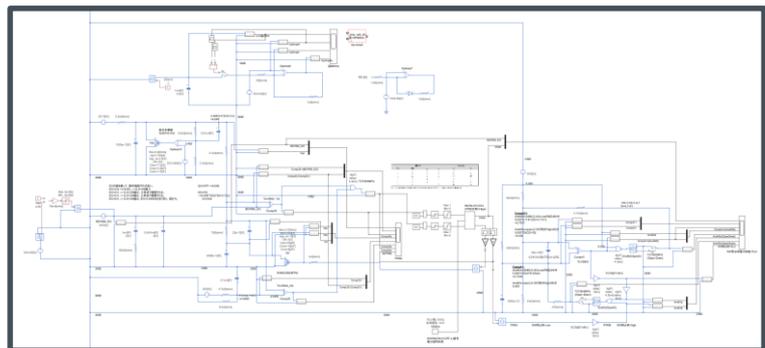
出力過電圧検出

Simulink® --> Simscape™ で回路設計

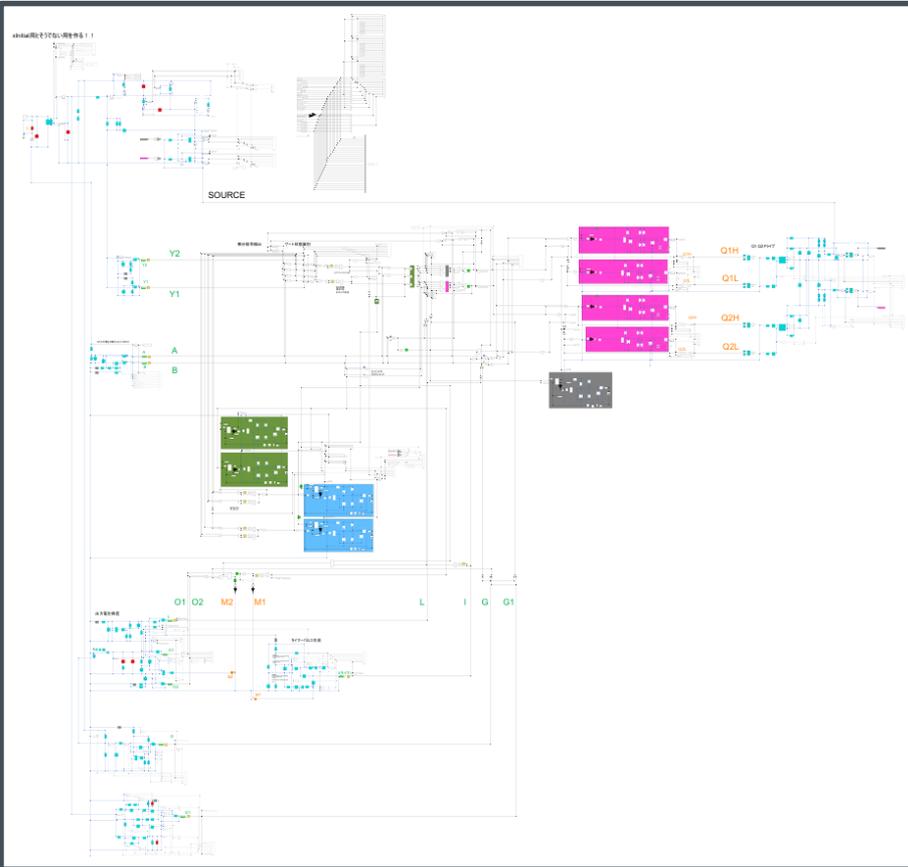
● 回路設計

- Simulink® モデルを
Simscape™ モデル(回路部品)に
- 機能要素ごとに回路 fix

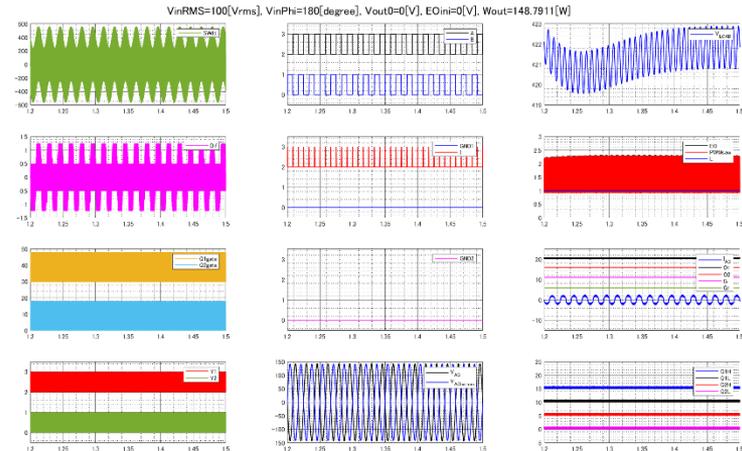
出力帰還、誤差増幅とON幅生成部



Simscape™ で回路検証 全体シミュレーション



- 全ての機能要素を統合
- 回路全体のシミュレーション



- 自己紹介
- ローム株式会社の紹介
- 新トポロジー共振PFC
- アイデアを Simulink® で仕様設計/仕様検証
- Simscape™ で実機レベルの回路設計/回路検証
- 実証ボードの製作、評価

Simscape™ --> 回路図 --> PCBレイアウト

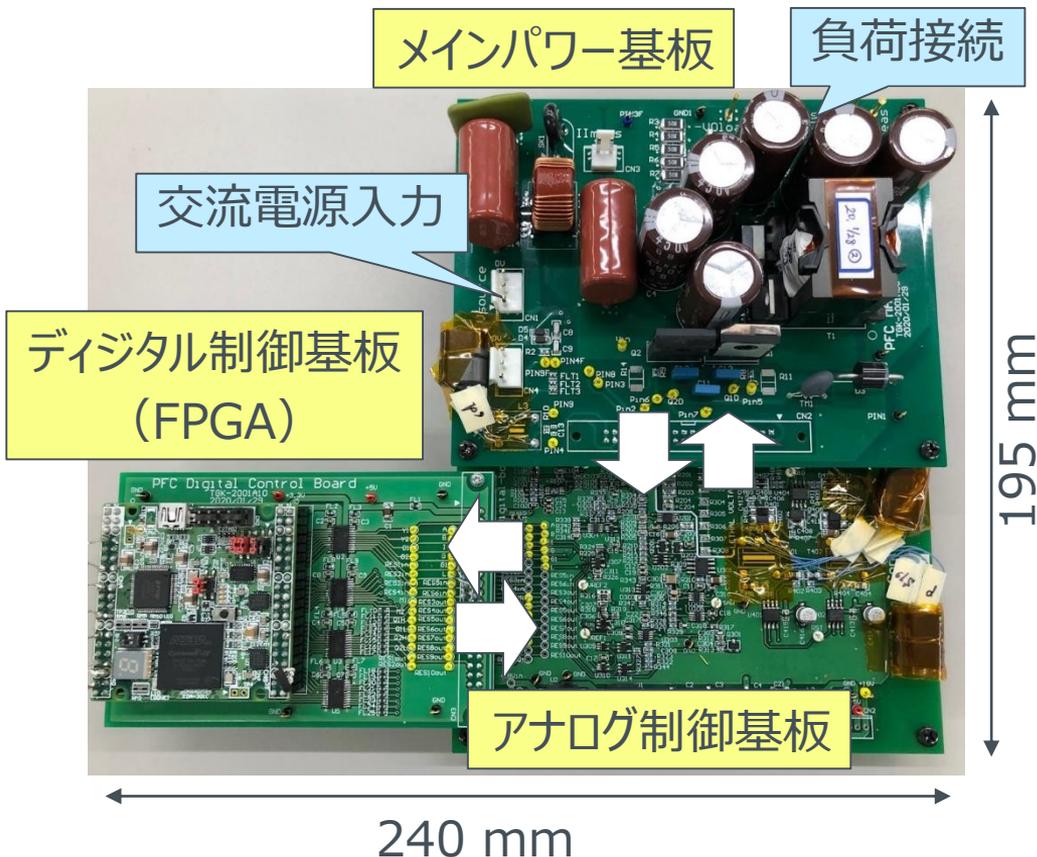
Simscape™ モデル

- Simscape™ モデルをベースに
 - 回路図、部品表をおこす
 - PCBレイアウトをおこす

回路図

PCBレイアウト

共振PFC技術実証用ボード

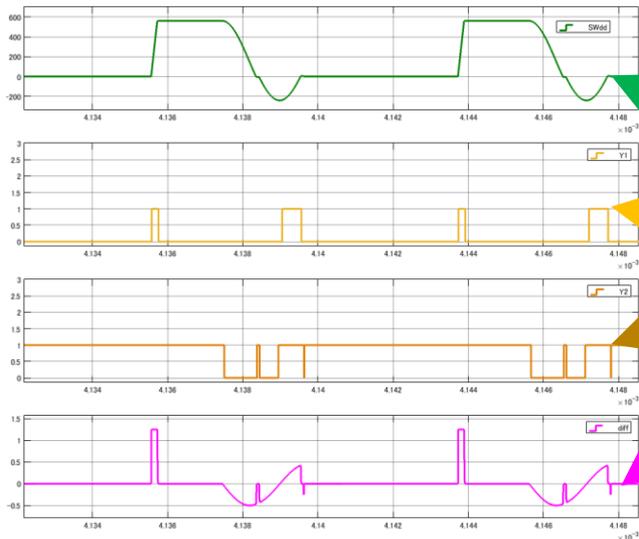


- 技術実証用ボードの作製 (Simulink® 上で確認できている)
- 順番に火入れ、動作確認
 - デジタル制御基板
 - アナログ制御基板
 - メインパワー基板
 - 全体

シミュレーション波形と実証ボード波形の比較

- 回路動作は、一致。
 - Simulink® で実機レベルの精度で確認（バグだし）できていた。

Simulink® の Scope 波形



実証ボードのオシロスコープ波形



Trans. – MOS電圧

制御信号1

制御信号2

アナログ元信号

Simulink --> 実証ボードでの不具合

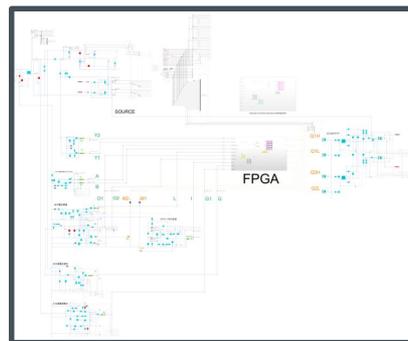
- シミュレーションで見つかったバグ

- ✓ 目標仕様に関わるバグ
- ✓ 制御信号の優先順位
- ✓ 論理、配線の間違い
- ✓ パルス幅の被り

・
・
・

- 実証ボードで見つかった不具合

- ✓ 回路図レベルでの配線間違い
- ✓ 部品の実装間違い
- ✓ トランスの配線の接触不良

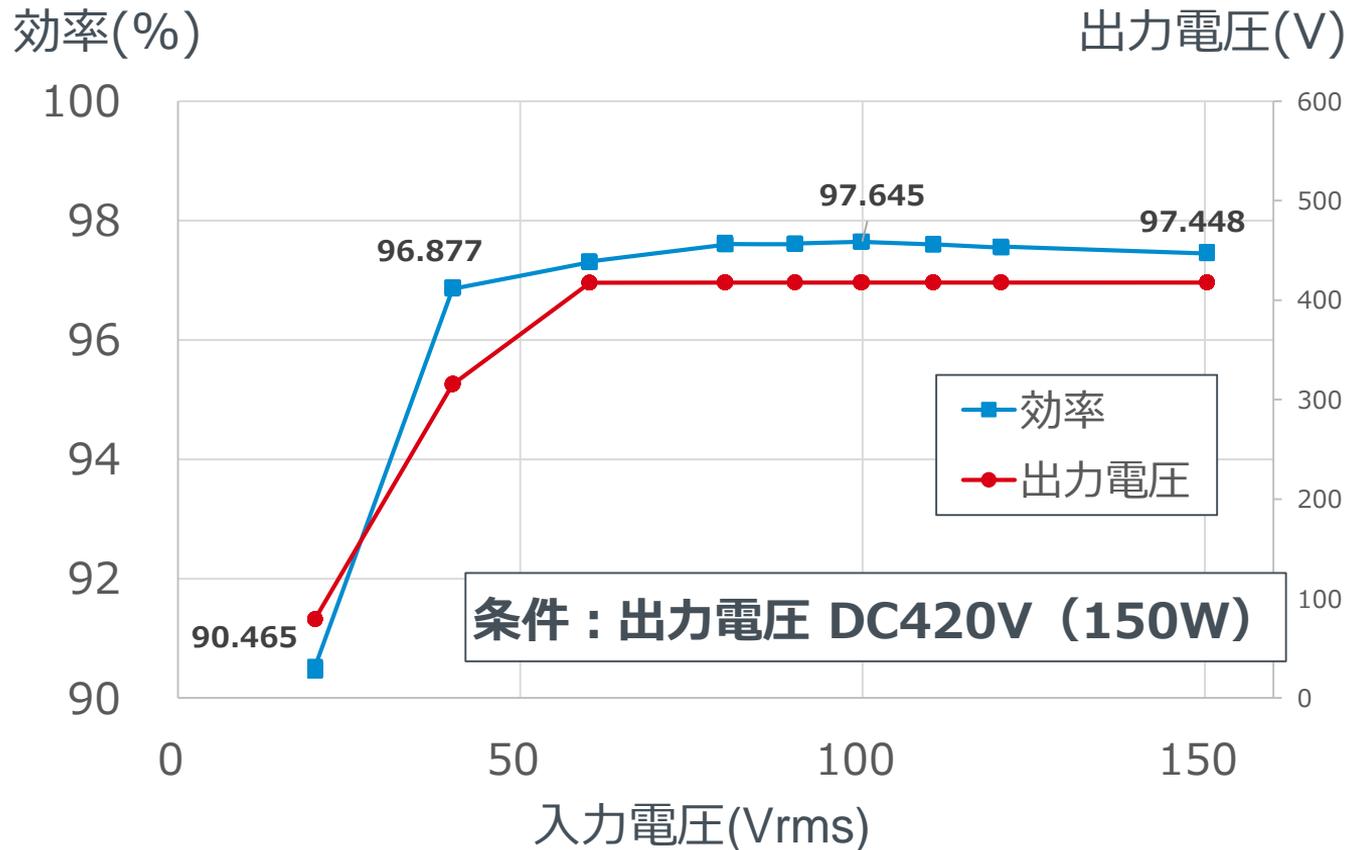


- 岩崎通信機様での実証ボード測定



高精度パワーアナライザ
高精度校正体系の元で製造、校正

入力電圧 vs. 効率特性



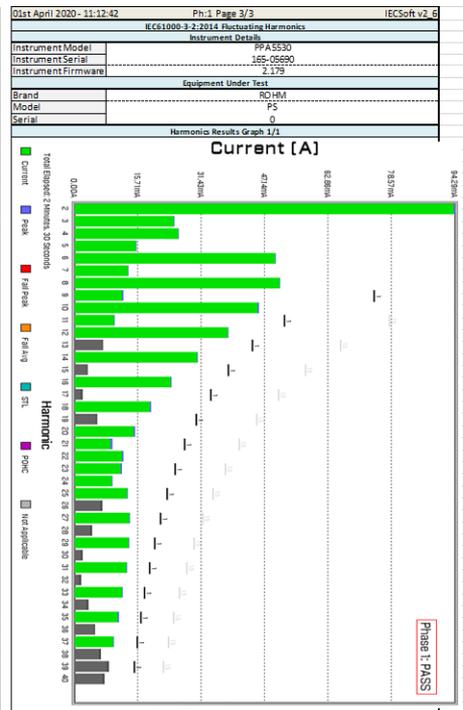
● IEC61000-3-2 (電気機器の高調波電流の制限に関する規格)

01st April 2020 - 11-12-42 Page 1/3 IEC61000-3-2:2014 Fluctuating Harmonics N4L		
Instrument Details		
Instrument Model	PPA530	
Serial Number	165-05690	
Firmware Version	2.179	
N.L Calibration Date	19th December 2019	
Instrument Version	Standard	
Test Settings		
Class	Class D	
Mode	Measure#	
Equipment Under Test		
Brand	ROHM	
Model	PS	
Serial	0	
Impedance Network ID	SS	
Test Conditions		
User Entered		
Rated Voltage	100.000V	100.226V
Rated Current	60.000A	1.518A
Rated Frequency	50.000Hz	60.020Hz
Rated Power	150.000W	148.199W
Additional Test Information		
Measured Power Factor	0.9739	
Max Current THD	10.21%	
Average THC	143.614mA	
Max Power	148.398W	
Max F Current	1.488A	
Average F Current	1.466A	
Minimum Current	30A	
Test Duration	2.5 minutes	
Additional Test Details		
Operator	NAGAHAHA	
Lab Name	IWATSU	
Location	KUGAWAMA	
Notes		
Signature		
Results	PASS	



➤ Pass 見込み

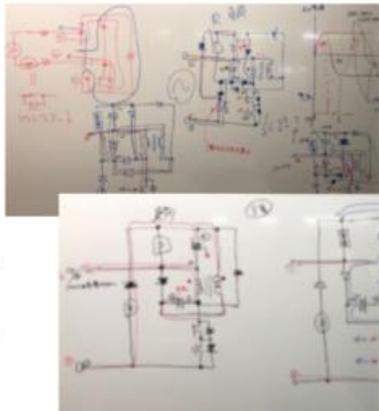
01st April 2020 - 11-12-42 Ph:1 Page 2/3 IEC61000-3-2:2014 Fluctuating Harmonics Instrument Details							
Instrument Details							
Instrument Model	PPA530						
Instrument Serial	165-05690						
Instrument Firmware	2.179						
Equipment Under Test							
Brand	ROHM						
Model	PS						
Serial	0						
Extra Test Information							
Current THDG	10.26%						
Harmonics Results 1/1							
Harmonic	Status	Avg [A]	Avg [IA]	Avg ScfL	Peak [A]	Peak [IA]	Peak ScfL
1	PASS	1.4863	No Limit	N/A	1.4884	No Limit	N/A
2	PASS	0.029978	No Limit	N/A	0.034286	No Limit	N/A
3	PASS	0.016214	5.50455	4.87841	0.018683	10.756525	3.28517
4	PASS	0.02567	No Limit	N/A	0.025665	No Limit	N/A
5	PASS	0.015181	10.28196	5.3841	0.015487	10.42294	3.66175
6	PASS	0.048709	No Limit	N/A	0.048999	No Limit	N/A
7	PASS	0.013262	1.1454	8.89622	0.01222	6.05916	
8	PASS	0.050648	No Limit	N/A	0.051074	No Limit	N/A
9	PASS	0.011888	10.074199	16.0233	0.012163	11.11296	10.9283
10	PASS	0.046507	No Limit	N/A	0.046541	No Limit	N/A
11	PASS	0.020856	0.051829	18.753	0.010045	10.07209	12.8895
12	PASS	0.037996	No Limit	N/A	0.0382	No Limit	N/A
13	PASS	0.006896	10.043949	15.69	0.007168	10.06924	10.8725
14	PASS	0.030416	No Limit	N/A	0.030679	No Limit	N/A
15	PASS	0.010132	10.038088	8.27668	0.009329	10.01734	5.78514
16	PASS	0.023909	No Limit	N/A	0.024132	No Limit	N/A
17	PASS	0.00179	10.033608	5.32582	0.002061	10.050412	4.08911
18	PASS	0.018715	No Limit	N/A	0.018939	No Limit	N/A
19	PASS	0.026284	10.01007	13.269	0.02673	10.045196	13.7055
20	PASS	0.014797	No Limit	N/A	0.015137	No Limit	N/A
21	PASS	0.008956	10.027306	32.9196	0.009459	10.048209	23.178
22	PASS	0.011815	No Limit	N/A	0.012199	No Limit	N/A
23	PASS	0.011532	10.024841	45.9038	0.011793	10.027423	31.5661
24	PASS	0.00923	No Limit	N/A	0.009477	No Limit	N/A
25	PASS	0.013087	10.022853	57.266	0.013244	10.03428	38.6363
26	PASS	0.006608	No Limit	N/A	0.006915	No Limit	N/A
27	PASS	0.013643	10.021167	44.4524	0.013847	10.031742	43.6243
28	PASS	0.004119	No Limit	N/A	0.004338	No Limit	N/A
29	PASS	0.013489	10.019701	68.4686	0.013683	10.029552	46.3022
30	PASS	0.001726	No Limit	N/A	0.002108	No Limit	N/A
31	PASS	0.013589	10.01943	69.6462	0.013966	10.029449	47.7855
32	PASS	0.001373	No Limit	N/A	0.001758	No Limit	N/A
33	PASS	0.011884	10.017313	88.6421	0.012091	10.02597	46.5623
34	PASS	0.003218	No Limit	N/A	0.003513	No Limit	N/A
35	PASS	0.016926	10.016327	66.3195	0.017363	10.024186	45.1869
36	PASS	0.004881	No Limit	N/A	0.005168	No Limit	N/A
37	PASS	0.009597	10.015441	62.1553	0.009871	10.023162	42.6181
38	PASS	0.00626	No Limit	N/A	0.006696	No Limit	N/A
39	PASS	0.003716	10.01465	85.0009	0.003844	10.02379	58.8963
40	PASS	0.007191	No Limit	N/A	0.007512	No Limit	N/A



はじめのアイデア



- ターゲット
 - ACDC
 - フルブリッジ整流を使わない
 - ノイズ少なく、高効率
- 良いアイデア！
 - でも正しいかなあ・・・
 - 部品もいつもと違うよなあ・・・
- 420V – 1000V の高電圧！！
 - 回路ミス・・・してたら・・・
 - 発火！？ こわい・・・



© 2020 ROHM Co., Ltd. CTD_MBDG_63_011

- ダイオードブリッジレス、
低ノイズ、高効率の ACDC電源を開発
- アイデアの技術実証を
モデルベース開発手法で実現
 - ✓ モデルベースで仕様設計、仕様検証
 - 実現性の正確な判断に有効
 - ✓ 実機精度のシミュレーション
 - 新技術の素早い実証

ご清聴ありがとうございました。

